

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES
UCC – CAMPUS LEÓN**





COORDINACIÓN DE INGENIERÍAS

CULMINACIÓN DE PENSUM

**Proyecto de graduación presentado para optar al título de
Ingeniera Industrial**

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE MOLIENDA MEDIANTE LA INTEGRACIÓN
DE LA METODOLOGÍA BPMN (BUSINESS PROCESS MODEL AND NOTATION),
EN HARINISA S.A, EN EL PERÍODO COMPRENDIDO DE SEPTIEMBRE 2024 A
ENERO 2025.”**

PRESENTADO POR:

 Br. Morales Zelaya Cesia Elizabeth	Ingeniería Industrial
 Br. Vargas Obando Valeria Cristina	Ingeniería Industrial

TUTOR METODOLÓGICO Y TÉCNICO:

Ing. Maxwell Enrique Altamirano Ramos

León, Nicaragua, enero 2025

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad
¡Somos la universidad para la gente que triunfa!*

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES
UCC – CAMPUS LEÓN





COORDINACIÓN DE INGENIERÍAS

CULMINACIÓN DE PENSUM

**Proyecto de graduación presentado para optar al título de
Ingeniera Industrial**

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE MOLIENDA MEDIANTE LA INTEGRACIÓN
DE LA METODOLOGÍA BPMN (BUSINESS PROCESS MODEL AND NOTATION),
EN HARINISA S.A, EN EL PERÍODO COMPRENDIDO DE SEPTIEMBRE 2024 A
ENERO 2025.”**

PRESENTADO POR:

 Br. Morales Zelaya Cesia Elizabeth	Ingeniería Industrial
 Br. Vargas Obando Valeria Cristina	Ingeniería Industrial

TUTOR METODOLÓGICO Y TÉCNICO:

Ing. Maxwell Enrique Altamirano Ramos

León, Nicaragua, enero 2025

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad
¡Somos la universidad para la gente que triunfa!*

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES
UCC – CAMPUS LEÓN



COORDINACIÓN DE INGENIERÍAS

CULMINACIÓN DE PENSUM

**Proyecto de graduación presentado para optar al título de
Ingeniera Industrial**

AVAL DEL TUTOR: Ing. Maxwell Enrique Altamirano Ramos tiene a bien:

CERTIFICAR

Que: El proyecto de graduación con el título: **“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE MOLIENDA MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BPMN (BUSINESS PROCESS MODEL AND NOTATION), EN HARINISA S.A, EN EL PERÍODO COMPRENDIDO DE SEPTIEMBRE 2024 A ENERO 2025”** elaborado por los estudiantes: **Cesia Elizabeth Morales Zelaya y Valeria Cristina Vargas Obando,** ha sido dirigido por el suscrito.

Al haber cumplido con los requisitos académicos y metodológicos del trabajo monográfico, doy de conformidad a la presentación de dicho trabajo de culminación de estudios para proceder a su lectura y defensa, de acuerdo con la normativa vigente del Reglamento de Régimen Académico Estudiantil y Reglamento de Investigación, Innovación y Transferencia.

Para que conste donde proceda, se firma la presente en UCC Campus León, a 23 días del mes de enero de 2025.

Ing. Maxwell Enrique Altamirano Ramos

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad
¡Somos la universidad para la gente que triunfa!*

DEDICATORIA

Con el corazón rebotante de emoción y un profundo sentido de realización, dedico este logro profesional:

A Dios, nuestro creador, por ser la fuente de mi inspiración y fortaleza. Su guía me ha permitido superar obstáculos y me ha otorgado la sabiduría necesaria para enfrentar los retos de esta carrera. La fe con la que me aferro a Él me impulsa a seguir adelante en busca de mis sueños.

A mis amados padres, artífices de mis sueños y pilares incondicionales de mi existencia. Su fe inquebrantable en mí, sus sacrificios y amor infinito han sido el motor que me ha impulsado a superar cada obstáculo y a perseverar en la consecución de mis metas.

A mis maestros y tutores, por compartir su conocimiento con generosidad. Su orientación ha sido fundamental en mi formación como ingeniera; su pasión por la enseñanza, que va más allá de lo académico, me ha formado como persona.

A mi compañera de grupo, por su compañerismo, colaboración y compromiso. Juntas hemos trabajado en armonía, superando desafíos y celebrando logros. Cada una ha aportado su talento y esfuerzo, creando un ambiente de trabajo enriquecedor que ha hecho de este proyecto una experiencia memorable.

Finalmente, dedico este logro profesional a mí misma, como un recordatorio de que, con esfuerzo, dedicación y perseverancia, los sueños pueden convertirse en realidad. Que este logro sea el primero de muchos en una carrera llena de desafíos, aprendizajes y éxitos.

“Todo lo puedo en Cristo que me fortalece.”

Filipenses 4:13.

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad
¡Somos la universidad para la gente que triunfa!*

AGRADECIMIENTO

En este momento trascendental de mi vida académica y profesional, me embarga un profundo sentimiento de gratitud hacia todas aquellas personas e instituciones que han sido pilares fundamentales en mi trayectoria hacia la obtención del título de Ingeniera Industrial.

A Dios, que me ha dado el regalo de la vida, permitiéndome llegar hasta hoy y enseñándome día a día que todo se puede lograr si lo hacemos por amor a Él y a nosotros mismos.

A mis padres, que con sacrificio, amor y abnegación me han brindado el privilegio de mi formación profesional, pues son aquellos que con experiencia, apoyo y consejos tratan de mejorar mi futuro; ellos me enseñan que en la vida se gana y se pierde, que nada es gratis y que hay que luchar para ser feliz y cumplir mis sueños.

A cada uno de mis profesores, quienes, con su sabiduría, paciencia y dedicación, han sido faros guía en este océano del saber, iluminando mi camino hacia la excelencia académica y profesional. Recordándome que el hombre triunfador es ese que nunca se rinde sin importar a dónde valla.

A mis compañeros de estudio, por su colaboración y esfuerzo conjunto. Por ser un apoyo constante en este viaje. Gracias por compartir risas, desvelos y momentos de incertidumbre. Su compañía ha hecho que cada desafío sea más llevadero y cada éxito, aún más gratificante. Su compromiso y talento han sido clave para el éxito de este proyecto, y estoy agradecida con cada uno de ustedes.

No puedo dejar de mencionar a la empresa que me abrió sus puertas durante mis prácticas profesionales y el desarrollo de este proyecto. Su disposición para compartir conocimientos y experiencias ha sido crucial para contrastar la teoría con la práctica, enriqueciendo enormemente mi formación.

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad
¡Somos la universidad para la gente que triunfa!*

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	3
1.1. Antecedentes y contexto del problema	3
1.1-1. Contexto histórico	3
1.1-2. Antecedentes internacionales	3
1.1-3. Antecedentes Nacionales	5
1.2- Objetivos	7
Objetivo General	7
Objetivos Específicos	7
1.3- Descripción del problema.....	8
1.4- Justificación	10
1.5- Alcance y limitaciones.....	12
CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL	13
2.1- Marco Histórico	14
2.2- Marco conceptual.....	16
2.3- Teorías asumidas.....	22
2.4- Marco Teórico	24
2.4-1. Business Process Model and Notation (BPMN).....	24
2.4-2. Elementos clave de la metodología BPMN y su uso en el modelado de procesos.....	24
2.4-3. Beneficios de la Eficiencia Operativa a través del modelado de procesos con BPMN	26
2.4-4. Harina de trigo	27
2.4-5. Clasificación de los trigos de Estados Unidos	28
2.4-6. Clasificación de los trigos canadienses	30
2.4-7. Temperatura en el cultivo de trigo.....	30
2.4-8. Características del grano de trigo pan	33
2.4-9. Composición química del grano de trigo	34
2.5- Marco legal	41
2.6- Marco contextual.....	47
2.7- Marco Institucional	48
CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO	51
2.1- Tipo de Proyecto	51

2.2-	Área de estudio	52
2.3-	Unidades de análisis	53
2.3-1.	Población	53
2.4-	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	54
2.5-	Confiabilidad y validez de los instrumentos	55
2.6-	Ficha de validación del instrumento de investigación juicio del experto.....	57
2.7-	Procesamiento y Plan de Análisis de la Información.....	59
2.7-1.	Análisis de la Información	59
2.7-2.	Presentación de Resultados	59
2.7-3.	Procesamiento de Datos.....	61
2.7-4.	Procesamiento y Análisis de datos	61
	Mapeo y Modelado del Proceso	61
	Identificación de Cuellos de Botella	61
	Recolección de Métricas y Evaluación de Desempeño	62
	Análisis de Causa y Efecto	62
	Priorización de Mejoras y Validación	62
	Interpretación de resultados	63
CAPITULO IV: DIAGNÓSTICO SITUACIONAL		66
4.1-	Diagnóstico	66
4.2-	Macro localización.....	66
4.3-	Micro localización.....	67
4.4-	Aspecto Económico	69
4.5-	Descripción del proceso productivo de harina en HARINISA S.A.	71
	Recepción y almacenamiento	71
	Limpieza.....	71
	Acondicionamiento de trigo	72
	Molienda.....	73
	Cernido.....	74
	Empaque y almacenamiento	75
4.6-	Identificación de riesgos.....	76
	Ambientales	76
	Económicos.....	76
	Social	76
	Laboral	76

4.7- Herramientas de Análisis	77
CAPITULO V: ESTUDIOS DE INGENIERÍA	96
5.1- OEE del Proceso de Molienda en Harinisa S.A.	118
5.1-1. Cálculo e Interpretación del OEE.....	118
5.1-2. Análisis de resultados	119
5.2- Identificación de Pérdidas Operativas.....	120
5.2-1. Interpretación de los resultados	122
5.2-2. Acciones Recomendadas	122
Acciones Correctivas	122
5.3- Encuesta sobre el Proceso de Molienda en HARINISA S.A.	126
5.3-1. Procesamiento de encuesta.....	136
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	154
5.1. Modelo del Proceso de Molienda	155
5.2. Detalles de Causas de Paros.....	156
5.3. Impacto en la Producción.....	156
5.4. Acondicionamiento del Trigo	157
5.5. Molienda y Cernido	157
5.6. Integración de Resultados	158
5.7. Propuesta de Mejora.....	158
CONCLUSIÓN	160
RECOMENDACIONES	161
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	165
ANEXOS	169

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Normas Iso	41
Tabla 2: Leyes y Normas	44
Tabla 3: Valoración por el experto	57
Tabla 4: Criterios de selección de muestra.....	60
Tabla 5: Plan de Análisis de la Información	63
Tabla 6: Operacionalización de las Variables	64
Tabla 7: Presentaciones de Harinas y Afrecho.....	75
Tabla 8: Áreas generales de Producción	77
Tabla 9: 5H - 1H Empleado en el área de recepción	79
Tabla 10: 5W - 1H Empleado en el área de acondicionado.....	83
Tabla 11: 5H - 1H Empleado en el área de molino y cernido	86
Tabla 12: 5H - 1H Empleado en el área de envasado	89
Tabla 13: Cuantificación de defectos en el área de acondicionamiento	111
Tabla 14: Cuantificación de defectos en el área de molienda y cernido	114
Tabla 15: Respuestas de encuesta sección 1	130
Tabla 16: Respuestas de encuesta sección 2	131
Tabla 17: Respuestas de encuesta sección 3	133
Tabla 18: Respuestas de encuesta sección 4	134
Tabla 19: Puestos de trabajo	136
Tabla 20: Turnos de trabajo.....	137
Tabla 21: Frecuencia con la que presentan los atascos en el proceso de molienda	138
Tabla 22: Etapas del proceso donde ocurren más atascos	139
Tabla 23: Principales causas de los atascos	140
Tabla 24: Duración promedio de los atascos observados	141
Tabla 25: Calidad del producto final en términos de consistencia y textura	142
Tabla 26: Frecuencia con que se generan productos que no cumplen con los estándares de calidad	143
Tabla 27: Factores que consideran afectan negativamente la calidad del producto	144
Tabla 28: Mejoras sugeridas para aumentar la eficiencia del proceso	146
Tabla 29: Consideración sobre el desperdicio de material debido a los atascos....	147
Tabla 30: Calificación de la capacidad actual de la maquinaria utilizada en el proceso de molienda.....	148
Tabla 31: Calificación de los costos operativos asociados al proceso de molienda	149
Tabla 32: Consideración sobre el incremento de los costos de mantenimiento debido a los problemas en el proceso.....	150
Tabla 33: Lista de cambios que se podrían implementar para reducir los atascos y mejorar el proceso general.....	151
Tabla 34: Lista de los tipos de capacitaciones adicionales que serían útiles para mejorar el desempeño de los trabajadores en el proceso de molienda	152
Tabla 35: Lista de otras sugerencias que los trabajadores consideran mejorarían el proceso de molienda en HARINISA S.A	153
Tabla 36: Presupuesto.....	163

Tabla 37: Cronograma de actividades 164

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Principales partes morfológicas del grano de trigo.....	33
Figura 2: Composición nutricional de la harina de trigo.....	40
Figura 3: Logo de UCC	48
Figura 4: Logo de HARINISA S.A.....	49
Figura 5: Macro localización de HARINISA S.A	67
Figura 6: Micro localización de HARINISA S.A	69
Figura 7: Flujograma de Proceso	70
Figura 8: Proceso de producción de harina en Harinisa S.A.....	97
Figura 9: Recepción y Almacenamiento de trigo	99
Figura 10: Limpieza de trigo	101
Figura 11: Acondicionamiento de trigo	103
Figura 12: Molienda.....	105
Figura 13: Molienda 1.1	107
Figura 14: Cernido.....	108
Figura 15: Dosificación de aditivos.....	109
Figura 16: Empaque y almacenamiento	110
Figura 17: Diagrama de Pareto en Acondicionamiento del Trigo	112
Figura 18: Diagrama de Pareto en Molienda y Cernido	115
Figura 19: Cálculo del rendimiento.....	118
Figura 20: Producción Total de Harina	118
Figura 21: Producción de harina por día	119
Figura 22: OEE Harinisa	119
Figura 23: Detalles de las Causas de Paros	120
Figura 24: Diagrama de Pareto sobre los paros.....	121
Figura 25: Disponibilidad de la planta por día	121
Figura 26: Distribución por puesto de Trabajo.....	136
Figura 27: Porcentaje por turno de trabajo	137
Figura 28: Frecuencia con que se presentan atascos en el proceso de molienda .	138
Figura 29: Etapas del proceso donde ocurren más atascos	139
Figura 30: Principales causas de los atascos.....	140
Figura 31: Duración promedio de los atascos observados.....	141
Figura 32: Calidad del producto final en términos de consistencia y textura	142
Figura 33: Frecuencia con que se generan productos que no cumplen con los estándares de calidad	143
Figura 34: Factores que consideran afectan negativamente la calidad del producto	145
Figura 35: Factores que afectan negativamente la calidad del producto - Análisis multifactorial	145
Figura 36: Consideración sobre el desperdicio de material debido a los atascos ..	147
Figura 37: Calificación de la capacidad actual de la maquinaria utilizada en el proceso de molienda	148
Figura 38: Calificación de los costos operativos asociados al proceso de molienda	149

Figura 39: Consideración sobre el incremento de los costos de mantenimiento debido a los problemas en el proceso 150

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Registros de Producción	169
Anexo 2: Disponibilidad	170
Anexo 3: Registros de Paros.....	171
Anexo 4: Piso 6: Acondicionamiento de trigo	172
Anexo 5: Piso 5: Acondicionamiento de trigo	173
Anexo 6: Piso 4, Nivel A: Limpieza de trigo.....	174
Anexo 7: Piso 4, Nivel B: Área de dosificadores y filtros	175
Anexo 8: DMI.....	176
Anexo 9: Silos de acondicionamiento.....	177
Anexo 10: Área de dosificadores y filtros	178
Anexo 11: Piso 3: Área de aspiración	179
Anexo 12: Cernidores.....	180
Anexo 13: Triaverjone	181
Anexo 14: Tolva de segundo repaso.....	182
Anexo 15: Piso 1: Área de molienda	183
Anexo 16: Empaque de harina y afrecho	184
Anexo 17: Visita de campo a planta HARINISA	185
Anexo 18: Visita de campo a planta HARINISA	186
Anexo 19: Visita de campo a planta HARINISA	187
Anexo 20: Encuesta con el personal operario de planta	188

RESUMEN

El presente proyecto de graduación, titulado “Optimización del proceso de molienda mediante la integración de la metodología BPMN en HARINISA S.A.”, fue desarrollado durante el período de septiembre 2024 a enero 2025. Su objetivo principal es mejorar la eficiencia del proceso de producción de harina de trigo mediante la identificación de cuellos de botella y tiempos muertos, optimizando el flujo operativo para reducir costos y aumentar la productividad. La metodología empleada integra Business Process Model and Notation (BPMN) para modelar procesos y el indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness) para evaluar la eficiencia del equipo. A partir de un diagnóstico situacional detallado, se representó el proceso actual, se analizaron los puntos críticos de ineficiencia, y se propusieron soluciones para minimizar paradas no planificadas, mejorar la calidad del producto y garantizar un uso óptimo de los recursos. Además, se identificaron riesgos ambientales, sociales y económicos asociados al proyecto. El estudio también explora las restricciones operativas, como la resistencia al cambio y la disponibilidad de datos, las cuales se abordaron mediante estrategias de validación y participación activa del personal. Los resultados obtenidos, evaluados a través de simulaciones y análisis cuantitativo, permiten validar las mejoras propuestas, destacando su impacto positivo en la productividad, sostenibilidad y competitividad de HARINISA S.A. Finalmente, se espera que las metodologías implementadas puedan replicarse en otras industrias de molienda para fomentar la mejora continua en el sector.

Palabras clave: Optimización, Proceso de molienda, BPMN, OEE, Cuellos de botella, Eficiencia operativa, Costos, Sostenibilidad, Mejora continua.

ABSTRACT

The present graduation project, entitled "Optimization of the milling process through the integration of BPMN methodology in HARINISA S.A.", was developed during the period from September 2024 to January 2025. Its main objective is to improve the efficiency of the wheat flour production process by identifying bottlenecks and downtime, optimizing the operational flow to reduce costs and increase productivity. The methodology used integrates Business Process Model and Notation (BPMN) to model processes and the OEE (Overall Equipment Effectiveness) indicator to evaluate equipment efficiency. Based on a detailed situational diagnosis, the current process was represented, critical points of inefficiency were analyzed, and solutions were proposed to minimize unplanned shutdowns, improve product quality, and ensure optimal use of resources. In addition, environmental, social, and economic risks associated with the project were identified. The study also explores operational constraints such as resistance to change and data availability, which were addressed through validation strategies and active participation of personnel. The results obtained, evaluated through simulations and quantitative analysis, allow validating the proposed improvements, highlighting their positive impact on productivity, sustainability, and competitiveness of HARINISA S.A. Finally, it is expected that the implemented methodologies can be replicated in other milling industries to promote continuous improvement in the sector.

Keywords: Optimization, Milling process, BPMN, OEE, Bottlenecks, Operational efficiency, Costs, Sustainability, Continuous improvement.

INTRODUCCIÓN

El proceso de molienda es una etapa crítica en la industria de transformación de alimentos, particularmente en la producción de harina de trigo, donde su eficiencia afecta directamente la calidad del producto final, la continuidad del flujo productivo y los costos operativos. Según datos recientes, aproximadamente el 30 % de los costos en esta industria provienen de ineficiencias en el proceso de molienda, lo que subraya la necesidad de optimización continua.

En HARINISA S.A., se han identificado problemas como atascos en las líneas de aspiración y tiempos muertos en las operaciones, los cuales afectan la continuidad del flujo de producción. De acuerdo con García y Pérez (2019), “los cuellos de botella en procesos industriales generan pérdidas económicas y un incremento en los costos operativos”.

El objetivo principal de este proyecto es mejorar la eficiencia del proceso de producción de harina en HARINISA S.A. mediante la identificación y análisis de cuellos de botella y tiempos muertos. Para ello, se empleará la metodología Business Process Model and Notation (BPMN), una herramienta de modelado de procesos de negocios que permite representar visualmente las actividades, los flujos de trabajo y los puntos críticos del proceso. Además, se utilizará el indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE), que mide la eficiencia global del equipo considerando su disponibilidad, rendimiento y calidad de producción.

La relevancia de este estudio radica no solo en su aplicación específica a HARINISA S.A., sino también en su potencial para ser replicado en otras industrias similares, contribuyendo así a un enfoque más sostenible y eficiente dentro del sector alimentario. A través de un diagnóstico situacional exhaustivo, se representará el proceso actual, se identificarán puntos críticos, y se propondrán soluciones concretas para minimizar paradas no planificadas, mejorar la calidad del producto y asegurar un uso óptimo de los recursos disponibles.

Este proyecto busca no solo abordar las limitaciones actuales del proceso, sino también fomentar una cultura de mejora continua que beneficie a toda la industria.

El presente proyecto se organiza en los siguientes capítulos:

Capítulo I: Planteamiento del proyecto de investigación

Este capítulo define los objetivos y justifica la investigación, enfocada en optimizar el proceso de molienda en Harinisa S.A usando BPMN, con beneficios como mayor eficiencia, reducción de costos y aumento de productividad.

Capítulo II: Marco referencial

En este capítulo se abordan conceptos teóricos sobre el proceso de aspiración de harina de trigo, BPMN, eficiencia operativa, y estudio de tiempos y movimientos para contextualizar la investigación.

Capítulo III: Diseño metodológico

Este capítulo describe el tipo de proyecto aplicado con métodos cuantitativos y cualitativos, destacando el uso de BPMN, análisis de tiempos y movimientos, y el OEE para evaluar la eficiencia de los equipos.

Capítulo IV: Diagnóstico situacional

Este capítulo analiza la situación actual de la planta identificando cuellos de botella y áreas ineficientes, evaluando equipos y el entorno socioeconómico para fundamentar mejoras.

Capítulo V: Estudios de ingeniería

Este capítulo detalla el rediseño del flujo de trabajo mediante BPMN, proponiendo mejoras para aumentar la eficiencia y reducir costos de molienda.

Capítulo VI: Análisis de resultados

En este capítulo se compara el desempeño antes y después de las mejoras, validando su efectividad con métricas, análisis crítico y recomendaciones futuras.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

1.1. Antecedentes y contexto del problema

1.1-1. Contexto histórico

El proceso de molienda en la industria harinera requiere de un sistema de aspiración centralizado para la extracción y transporte eficiente de materiales. Este sistema permite la evacuación simultánea de productos mediante una red de tuberías fijas conectadas a una unidad aspirante, lo que mejora la velocidad y eficacia del proceso (Sierras y equipos, 2021) En Harinisa S.A., optimizar este sistema es fundamental para aumentar la productividad y minimizar los retrasos en la fase de empaque del producto terminado. Al integrar la metodología BPMN, se busca no solo optimizar la operación actual, sino también establecer una representación clara de los flujos de materiales y las interacciones entre los equipos involucrados en el proceso de molienda.

1.1-2. Antecedentes internacionales

Un relevante antecedente internacional se encuentra en la investigación realizada por la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carabobo en 2023, que propone un método de rediseño para sistemas de aspiración por extracción localizada. Esta investigación subraya la importancia de un diagnóstico integral, alineándose con el primer objetivo específico de realizar un diagnóstico situacional en Harinisa S.A. Al identificar los puntos críticos y las interacciones entre equipos, se sienta la base para representar el proceso de molienda actual utilizando BPMN, tal como se plantea en el segundo objetivo específico. Además, la metodología incluye la evaluación de la eficiencia de los equipos mediante simulaciones, lo que es pertinente para el análisis de la efectividad global de los equipos (OEE) en la planta. (Rodríguez, 2023)

El segundo antecedente internacional, “Análisis y mejora del proceso productivo en la línea de harinas industriales de una planta de molinos aplicando herramientas de Lean Manufacturing” fue desarrollado en Perú en 2022 por Antony Barreto Fortón como tesis

de Ingeniería Industrial en la Pontificia Universidad Católica del Perú. El objetivo fue optimizar el proceso de producción de harinas en una planta molinera para incrementar la productividad, reducir costos y mejorar la satisfacción de los clientes internos y externos. La metodología incluyó el uso de herramientas de Lean Manufacturing, como el Mapa de Flujo de Valor (VSM), las 5S, el SMED y el mantenimiento autónomo, identificando y eliminando desperdicios en la línea de producción. El análisis mostró que el tiempo de molienda se redujo de 120 a 60 minutos, con un aumento del 4% en la eficiencia global de los equipos (OEE), además de una TIR del 49% y un VAN positivo de S/. 262,241.28, justificando la viabilidad económica del proyecto. Se concluyó que el enfoque Lean optimiza el uso de los recursos y la eficiencia de la planta, reduciendo costos y tiempos de producción. Este estudio es relevante para nuestro proyecto sobre la optimización del proceso de molienda mediante BPMN en HARINISA S.A., ya que explora el impacto de metodologías de mejora de procesos en la producción de harina. (Fortón, 2022).

El tercer antecedente internacional, "Análisis, diagnóstico y propuesta de mejora del planeamiento y control de la producción en una empresa dedicada a la producción de harinas de trigo", fue desarrollado en Perú en 2020 por Franco Blas Martel Kuan y Jürgen Ernesto López Saldaña como tesis de Ingeniería Industrial en la Pontificia Universidad Católica del Perú. El objetivo fue mejorar la productividad y reducir costos en la producción de harinas en la empresa EL MOLINO, que enfrentaba problemas de planeamiento y control debido a un rápido crecimiento sin estrategias adecuadas. La metodología incluyó la implementación de las 5S y el uso del sistema MRP, analizando la situación actual y organizando el espacio de trabajo, además de planificar la producción mediante la programación y gestión de inventarios. El análisis reveló ineficiencias en los procesos y en la organización de insumos, lo cual limitaba la capacidad de producción. Utilizando herramientas de Lean Manufacturing y control de inventarios, lograron optimizar la planificación y reducir el tiempo de producción. Se concluyó que la combinación de Lean Manufacturing y MRP aumentó la eficiencia de la planta, con un beneficio económico anual de S/. 862,354.74 y una relación

beneficio/inversión de 2.55, demostrando la rentabilidad de las mejoras. (Martel & López, 2020).

El cuarto antecedente internacional titulado “Implementación de controles de calidad para materia prima, producto en proceso y producto en empaque en una industria harinera”, realizado en 2007 por Ana Beatriz Ruiz Fuentes en la Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. El objetivo principal de este estudio fue establecer un sistema de control de calidad para mejorar la calidad del trigo y la harina en todas las etapas de producción, desde la materia prima hasta el producto final. El proyecto se dividió en tres fases: investigación, ejercicio profesional supervisado y docencia, y se implementaron procedimientos de laboratorio para pruebas de calidad en trigo y harina, así como cuadros de control para verificar la calidad en cada etapa del proceso productivo. Como resultado, la implementación de estos controles permitió mejorar la seguridad y trazabilidad de la calidad de las harinas producidas. Los registros sistemáticos de calidad permitieron crear un historial que facilitó la resolución de problemas recurrentes. Las conclusiones del estudio sugirieron que la implementación de controles de calidad sólidos mejoró significativamente la calidad del producto final y recomendaron la adopción de un sistema HACCP para garantizar una calidad total. (Ruiz, 2007)

1.1-3. Antecedentes Nacionales

A nivel nacional, el trabajo de Marta Dixon Reynales en 2001 se centra en el control de calidad en la producción de harina, analizando variables como la ceniza, humedad y proteína. Aunque este estudio no se ocupa directamente del sistema de aspiración, el enfoque en el análisis de variables críticas puede servir como referencia para la formulación del diseño optimizado del proceso de molienda en Harinisa S.A. El diagnóstico realizado permitirá identificar las oportunidades de mejora necesarias para el diseño del proceso, conforme al cuarto objetivo específico. Así, la integración de los antecedentes nacionales e internacionales proporciona un marco teórico sólido que



respalda la investigación y justifica la necesidad de optimizar el proceso de molienda en la empresa. (Dixon, 2001)

1.2- Objetivos

Objetivo General

Optimizar el proceso de molienda mediante la integración de la metodología BPMN, en Harinisa S.A, en el período comprendido de septiembre 2024 a enero de 2025.

Objetivos Específicos

1. Realizar un diagnóstico situacional integral del proceso de molienda en HARINISA S.A.
2. Representar el proceso de molienda actual utilizando BPMN, enfocándose en los flujos de materiales, las interacciones entre los equipos y los puntos críticos de atascamiento.
3. Evaluar la eficiencia de los equipos clave utilizando el indicador clave de desempeño (KPI) OEE (Efectividad Global de los Equipos).
4. Simular un proceso optimizado de molienda, basado en el análisis del diagnóstico y las oportunidades de mejora identificadas.

1.3- Descripción del problema

El proceso de molienda en HARINISA S.A., una empresa dedicada a la producción de harinas presenta serias dificultades operativas que han comprometido su eficiencia y rendimiento. Entre los principales problemas identificados se encuentran los atascamientos recurrentes en las líneas de aspiración, los cuales provocan tiempos muertos considerables y disminuyen la capacidad operativa. Este tipo de fallas afecta directamente la fluidez del proceso de producción, interrumpiendo el paso continuo del material molido hacia las etapas posteriores del proceso. Según estudios en procesos industriales, las interrupciones no planificadas pueden reducir hasta en un 20% la productividad general de una operación, de estos problemas ha llevado a un incremento en los costos de producción, y la empresa enfrenta dificultades para cumplir con los plazos de entrega establecidos.

Además de los atascos, se han detectado ineficiencias a nivel general en el proceso de molienda, como tiempos muertos prolongados entre las etapas del proceso y una subutilización de la capacidad de los equipos. La combinación de estos factores ha generado una reducción significativa en la eficiencia productiva, afectando la competitividad de la empresa en el mercado. En industrias similares, los tiempos muertos y las paradas no planificadas han sido catalogados como uno de los principales factores que elevan los costos operativos. HARINISA no es ajena a estos impactos, ya que la reducción de la capacidad de procesamiento ha derivado en pérdidas económicas y ha limitado su capacidad para aprovechar al máximo los recursos disponibles.

Otro aspecto crítico es el desgaste acelerado de los equipos debido a las constantes paradas y reinicios provocados por los atascos. Este desgaste implica un mayor costo en mantenimiento y reparación, afectando la sostenibilidad del proceso a largo plazo. Además, los operarios se ven sobrecargados al tener que lidiar continuamente con los fallos del sistema, lo que no solo afecta su rendimiento, sino también la seguridad en el ambiente de trabajo. La sobrecarga laboral derivada de estos problemas no solo

impacta en la salud de los empleados, sino que incrementa el riesgo de errores humanos. A largo a largo plazo esto, podría derivar en un deterioro tanto en la calidad del producto final como en las condiciones laborales de los operarios.

El presente proyecto tiene como objetivo enfrentar estas deficiencias mediante la aplicación de la metodología Business Process Model and Notation (BPMN), una herramienta que permite visualizar, analizar y mejorar procesos complejos. A través del mapeo de proceso de molienda, se buscará identificar las causas principales de los atascos y las ineficiencias, y se propondrán soluciones que optimicen el flujo de materiales, incrementen la capacidad productiva y minimicen las paradas no planificadas.

Con este proyecto de investigación se pretende dar respuesta a las siguientes interrogantes:

¿Cuánto se espera mejorar la eficiencia operativa tras la implementación de las propuestas?

¿Qué métricas específicas se utilizarán para medir el éxito del proyecto?

1.4- Justificación

La optimización del proceso de molienda en HARINISA S.A. es fundamental para mejorar la eficiencia operativa de la empresa, reducir costos y aumentar la productividad. Los atascamientos y tiempos muertos que actualmente afectan la producción no solo disminuyen la capacidad de la planta, sino que también generan costos adicionales en mantenimiento y reparación de equipos. Este proyecto busca abordar estos problemas, mejorando los tiempos de respuesta y la calidad del producto final, lo cual es crucial para mantener la competitividad en el mercado. Al implementar soluciones eficaces, se espera que la empresa pueda maximizar su rendimiento y satisfacer mejor las demandas de sus clientes.

Los beneficiarios directos de esta optimización son, en primer lugar, la empresa HARINISA S.A., que verá un incremento en su productividad y rentabilidad. Los empleados también se beneficiarán, ya que la reducción de la sobrecarga laboral y el desgaste de los equipos generará un ambiente de trabajo más saludable y seguro. Asimismo, los clientes se verán favorecidos por una mejora en la calidad del producto, así como en la puntualidad de las entregas, lo que podría resultar en una mayor satisfacción y lealtad hacia la marca.

A largo plazo, la implementación de este proyecto contribuirá a mejoras en la sostenibilidad de las operaciones de la empresa, al reducir el impacto ambiental asociado con el consumo innecesario de recursos y la generación de desechos. Esto es especialmente relevante en la actualidad, donde las prácticas sostenibles son cada vez más valoradas tanto por los consumidores como por los reguladores. Además, la experiencia adquirida y las mejoras implementadas en HARINISA S.A. podrían ser replicadas en otras industrias que utilizan procesos de molienda, contribuyendo a elevar los estándares operativos y de calidad en el sector.

Finalmente, este proyecto no solo busca resolver problemas inmediatos, sino también establecer un modelo de mejora continua que beneficie a la empresa y a la industria en general. Al promover mejores prácticas y metodologías como BPMN, se contribuirá



a una transformación más amplia dentro del sector, fomentando la innovación y la eficiencia en los procesos productivos.

1.5- Alcance y limitaciones

Alcance

El alcance de este proyecto se centrará en el mapeo, optimización y análisis de tiempos del proceso de molienda en HARINISA S.A. La investigación abarcará desde la recepción de la materia prima hasta el empaquetado del producto final, cubriendo así todas las etapas críticas del proceso de producción.

El estudio se realizará durante un período de cinco meses, comprendido desde septiembre de 2024 a enero de 2025. El enfoque estará principalmente en los aspectos técnicos, evaluando la eficiencia del proceso y la identificación de cuellos de botella, con el objetivo de proponer soluciones para optimizar las operaciones. No se contemplarán en este estudio variables relacionadas con la capacitación o motivación del personal.

Limitaciones

En cuanto a las limitaciones, uno de los principales obstáculos previstos es la posible falta de acceso a datos completos o precisos, lo que podría afectar la calidad de los análisis. Además, es posible que se enfrente resistencia al cambio por parte del personal operativo, lo cual podría dificultar la implementación de las mejoras propuestas. También existen limitaciones en cuanto al tiempo y los recursos disponibles para realizar el estudio, lo que podría restringir la profundidad de algunos análisis.

Si durante la investigación se identifican datos incompletos o inexactos, se procederá a su validación mediante la triangulación de fuentes o la colaboración estrecha con los responsables de las áreas clave de la empresa.

Por último, este proyecto se enfoca exclusivamente en HARINISA S.A., por lo que no se incluirá un análisis comparativo con otras empresas del sector.

CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

El marco de referencia, o marco referencial, es una sección fundamental en cualquier proyecto de investigación donde se detallan los conceptos clave y las características esenciales del contexto que enmarca la investigación (Equipo editorial, 2023). En este sentido, la presente propuesta de mejora del proceso de molienda en Harinisa S.A. no solo se enmarca en un contexto industrial específico, sino que también se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que promueven un desarrollo equilibrado y sostenible, considerando las necesidades presentes y futuras en dimensiones económicas, sociales y ambientales.

Los ODS, adoptados por las Naciones Unidas en 2015, constituyen un llamado universal para erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar que, para 2030, todas las personas disfruten de paz y prosperidad (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, 2024). En particular, la propuesta se vincula de manera significativa con el ODS 9, que se centra en “Industria, Innovación e Infraestructura”, promoviendo la construcción de infraestructuras resilientes y la industrialización inclusiva y sostenible.

La optimización del proceso de molienda en Harinisa S.A. promete no solo un aumento en la eficiencia de la infraestructura de producción, sino también un impulso a la mejora continua mediante la implementación de tecnologías innovadoras. Este avance contribuye a la realización del ODS 9 al fomentar una industria más eficiente y sostenible. Asimismo, se relaciona con el ODS 12, que aboga por “Producción y Consumo Responsable”, resaltando la importancia de establecer patrones de producción sostenibles, lo que implica la reducción del desperdicio de materias primas y la adopción de prácticas productivas más limpias y respetuosas con el medio ambiente.

2.1- Marco Histórico

El trigo (*Triticum aestivum*) tiene sus orígenes en la antigua Mesopotamia específicamente en Asia menor, Asia Central y África, es uno de los tres cereales más producidos globalmente, junto al maíz y el arroz, y el más ampliamente consumido por el hombre en la civilización occidental desde la antigüedad. (Iglesias & Paz, 2014)

El grano del trigo es utilizado para hacer harina, harina integral, sémola, cerveza y una gran variedad de productos alimenticios. La propiedad más importante del trigo es la capacidad de cocción de la harina debida a la elasticidad del gluten que contiene. Esta característica permite la panificación, constituyendo un alimento básico para el hombre. El trigo se cultiva en todo el mundo siendo la principal área de cultivo la zona templada del hemisferio norte.

En cuanto a sus características de adaptabilidad para un buen desarrollo; se consigue en terreno cargado de marga y arcilla, aunque el rendimiento es satisfactorio en terrenos más ligeros. Prospera en climas subtropicales, moderadamente templados y fríos. El trigo se puede dividir en tres grandes grupos: trigos duros (hard) o panificables, trigos suaves (soft) o galleteros y trigos cristalinos (durum) o semoleros y pasteleros. (Iglesias & Paz, 2014)

La pérdida de la diversidad biológica de muchos cultivos agrícolas se debe a la dependencia de paquetes tecnológicos de semillas mejoradas ofertadas por las transnacionales que dominan la agroindustria. Semillas que no tienen el potencial de garantizar la seguridad y soberanía alimentaria de los campesinos ya que dependen de una serie de insumos sin los cuales no funcionan y son altamente vulnerables al cambio climático

Así, la amenaza a la seguridad alimentaria es el resultado directo del modelo, agroindustrial que se caracteriza por los monocultivos a gran escala y los cultivos transgénicos, mientras los agrocombustibles ejercen mayor presión sobre los

ecosistemas degradados, socavando con ello aún más la capacidad de éstos para el suministro de alimentos, fibra y energía a una población humana en crecimiento.

En Nicaragua el cultivo de trigo es poco conocido entre las pocas experiencias que se tiene de su establecimiento en el país se reporta aproximadamente hace casi 34 años, con el apoyo de la empresa Gemina que realizó siembras de trigo cerca de la comunidad de Teotecacinte, en el Valle de Jalapa, de lo cual logró recolectar alrededor de 39 quintales de semilla de trigo por manzana. Ese experimento comenzó en 1978, cuando se pidió semilla de trigo de la variedad Pénjamo al Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y del trigo (Cimmyt), de México, con lo cual logró realizar una siembra comercial en 35 manzanas. El trigo recolectado fue llevado por Gemina a sus plantales en Chinandega y se sacó una harina intermedia de alta calidad, pero el experimento se canceló.

A partir de lo antes planteado la caracterización de variedades criollas como el trigo Jupateco representa una oportunidad, para demostrar la importancia de este cultivo, en la seguridad alimentaria de la comunidad La Colmena y como los productores dedicados a este rubro puedan acceder a nuevos mercados que permitan mejorar su calidad de vida (Iglesias & Paz, 2014).

2.2- Marco conceptual

Este apartado se basa en las teorías y metodologías clave que servirán como marco conceptual para la optimización del proceso de molienda, utilizando herramientas modernas como BPMN (Business Process Model and Notation) y OEE (Overall Equipment Effectiveness). Proceso de Molienda: Actividad industrial que reduce el tamaño de partículas de granos para la obtención de harina.

Eficiencia Operativa

La eficiencia operativa se refiere a la capacidad de realizar las operaciones de molienda de manera óptima y productiva, maximizando la producción mientras se minimizan los costos y los desperdicios. En el contexto de una planta de molienda, esto implica utilizar los recursos (humanos, materiales y tecnológicos) de manera que se logre la mayor cantidad de producto con la menor inversión posible. La mejora de la eficiencia operativa se puede medir mediante indicadores como la tasa de producción, el tiempo de inactividad y la utilización del equipo. Un enfoque sistemático para mejorar la eficiencia operativa incluye la implementación de metodologías como Lean Manufacturing o Six Sigma, que se centran en la reducción de desperdicios y variabilidad en los procesos (Womack & Jones, 2003).

Calidad del Producto

La calidad del producto se refiere a las características deseables de la harina obtenida durante el proceso de molienda, que cumplen con las especificaciones y expectativas del cliente. Esto incluye aspectos como la textura, el color, el sabor y la capacidad de absorción de agua. Un control de calidad riguroso a lo largo del proceso de molienda es fundamental para garantizar que el producto final se ajuste a las normativas y a las preferencias del mercado. Las herramientas de control de calidad, como el muestreo y el análisis físico – químico, son esenciales para mantener la calidad del producto (Zhao et al., 2020).

Canal de Aspiración

El canal de aspiración es un componente del sistema de molienda diseñado para eliminar el polvo y las partículas no deseadas generadas durante el proceso. Este sistema es crucial no solo para mantener la limpieza en la planta, sino también para asegurar que la calidad de la harina no se vea comprometida por contaminantes externos. Un canal de aspiración eficiente puede contribuir a una mejor calidad del aire en el entorno laboral, reduciendo riesgos para la salud de los trabajadores y mejorando las condiciones de trabajo en la planta (Davis & Bafford, 2017).

Polvo y Partículas

El polvo y las partículas son materiales indeseables que se generan durante el proceso de molienda y que pueden afectar tanto la calidad del producto final como la salud de los trabajadores. La presencia de partículas finas puede contaminar la harina y reducir su aceptación en el mercado. Además, la inhalación de polvo en ambientes industriales puede provocar problemas respiratorios y otros riesgos para la salud. Por ello, es esencial implementar medidas de control, como sistemas de aspiración adecuados y el uso de equipos de protección personal (PPE) (Kumar & Ramakrishnan, 2020).

Normativas y Regulaciones

Las normativas y regulaciones son un conjunto de leyes y estándares que regulan la operación de plantas de molienda y sistemas de aspiración, asegurando que se cumplan criterios de seguridad, salud y medio ambiente. Estas regulaciones varían según el país y pueden incluir directrices sobre la calidad del aire, la gestión de residuos y la seguridad en el lugar de trabajo. Cumplir con estas normativas no solo es un requerimiento legal, sino que también es fundamental para mantener la reputación de la empresa y garantizar la confianza de los consumidores (European Commission, 2018).

Optimización de Recursos

La optimización de recursos se refiere al uso eficiente de energía, agua y otros recursos durante el proceso de molienda. Esto implica implementar prácticas que minimicen el consumo de recursos sin comprometer la calidad del producto. Estrategias como la reutilización de agua, el uso de energías renovables y la mejora de la eficiencia energética de los equipos son cruciales para reducir costos y el impacto ambiental de la operación (Meyer, 2019).

Costos Operativos

Los costos operativos son los gastos asociados con el funcionamiento y mantenimiento del equipo de molienda y aspiración. Estos costos incluyen energía, mano de obra, mantenimiento y materiales. La gestión efectiva de los costos operativos es esencial para la rentabilidad de la planta, y una evaluación constante puede identificar áreas donde se pueden realizar mejoras y reducciones (Ceballos et al., 2021).

Pérdida de Producto

La pérdida de producto se refiere al desperdicio de materia prima durante el proceso de molienda, que puede ser significativo si no se gestionan adecuadamente. Implementar un sistema de aspiración eficaz puede reducir estas pérdidas al evitar que partículas de harina se dispersen en el ambiente. Las pérdidas no solo afectan la rentabilidad, sino que también tienen un impacto negativo en la sostenibilidad al contribuir a la generación de residuos (Nielsen, 2020).

Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo implica acciones programadas para prevenir fallas y garantizar el funcionamiento continuo del sistema de aspiración. Este enfoque proactivo ayuda a identificar problemas antes de que se conviertan en fallos graves,

lo que reduce el tiempo de inactividad y mejora la eficiencia operativa. Implementar un plan de mantenimiento preventivo adecuado es crucial para maximizar la vida útil de los equipos y mantener la calidad del proceso (Smith & Smith, 2018).

Mejora Continua

La mejora continua es un proceso sistemático para identificar oportunidades de mejora y optimización en el proceso de molienda. Este enfoque se basa en el ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA), que permite a las empresas evaluar sus procesos, implementar cambios y medir resultados. Fomentar una cultura de mejora continua en la organización puede llevar a innovaciones significativas y a un aumento en la competitividad (Imai, 1986).

Business Process Model and Notation (BPMN)

BPMN (Notación y Modelado de Procesos de Negocios) es una metodología estándar para la modelización de procesos de negocio. Esta herramienta permite representar gráficamente los procesos, facilitando la comprensión de las interacciones entre los distintos elementos y actores dentro de un sistema productivo. BPMN es ampliamente utilizada en la gestión de procesos de negocio debido a su capacidad para proporcionar una representación visual clara y precisa, lo que permite identificar áreas de mejora.

BPMN y su relevancia en la optimización de procesos industriales: BPMN ayuda a descomponer los procesos complejos, como el de la molienda, en actividades más manejables, permitiendo analizar y optimizar cada etapa del proceso productivo. Según Aguilar – Savén (2004), una representación gráfica como BPMN facilita la detección de cuellos de botella y flujos ineficientes, elementos cruciales para la propuesta de optimización de procesos. Aplicación en la industria: BPMN se utiliza no solo para representar los flujos de trabajo, sino también para mejorar la coordinación entre los equipos, como los molinos y las cepilladoras en este caso, proporcionando una visión más clara de los puntos críticos, como los atascamientos en las líneas de

aspiración. Además, permite detectar inconsistencias en las interacciones entre equipos y personal, mejorando la eficiencia general del sistema, global del Equipo (OEE).

Análisis de Pareto

Es una técnica que se basa en el principio 80/20, que establece que aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas. Esta herramienta permite identificar y priorizar problemas o causas que requieren atención. Su objetivo es enfocar los esfuerzos de mejora en las áreas más críticas, facilitando la toma de decisiones sobre dónde invertir recursos para obtener el mayor impacto. En el contexto del proyecto, se utilizará para ayudar a identificar los puntos críticos que deben ser abordados primero y permite tomar decisiones informadas para mejorar el rendimiento, reducir los costos operativos y cumplir con los plazos de entrega. Integrado con la metodología BPMN y OEE el análisis de Pareto proporcionará una base sólida para diseñar un proceso de molienda más eficiente y optimizado.

Los 5 por qué

Es una herramienta de análisis de causa – raíz que se utiliza para identificar las causas subyacentes de un problema en un proceso o sistema. Se basa en preguntar ¡¿Por qué?! Repetidamente (generalmente 5 veces, aunque puede ser más o menos) hasta llegar a la causa fundamental del problema. Se empleará para analizar problemas específicos dentro del proceso productivo, permitiendo llegar a la raíz de los problemas identificados durante el análisis inicial. Esto contribuirá a desarrollar soluciones más efectivas y sostenibles para mejorar la eficiencia operativa.

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE (Eficiencia Operativa de los Equipos) es una métrica clave utilizada para medir la eficiencia de los equipos en un entorno productivo. Se calcula a partir de tres factores principales: disponibilidad, rendimiento y calidad. Esta métrica permite evaluar

no solo la eficiencia individual de los equipos, sino también su rendimiento en el contexto del proceso general de molienda.

Componentes del OEE:

- **Disponibilidad:** mide el tiempo en que el equipo está disponible para funcionar, considerando el tiempo de inactividad por mantenimiento o fallos.
- **Rendimiento:** compara la velocidad de operación real con la velocidad ideal.
- **Calidad:** evalúa la proporción de productos defectuosos generados por los equipos. Importancia en los procesos industriales.

El uso de la metodología OEE permitirá evaluar la eficiencia de los equipos clave, como los molinos T3 y T4. Esto facilitará la identificación de áreas en las que los equipos no están operando al máximo de su capacidad, proporcionando la base para implementar mejoras en la infraestructura y en el sistema de aspiración.

Optimización del Proceso

La optimización del proceso de molienda se basa en el análisis integral del flujo de materiales, utilizando herramientas como BPMN para modelar y visualizar el sistema actual, y OEE para medir y mejorar la eficiencia de los equipos. El objetivo final es diseñar un proceso optimizado que minimice los atascos en las líneas de aspiración y mejore la productividad general de la planta.

Rediseño del sistema de aspiración

La implementación de un sistema optimizado de aspiración no solo evitará los atascos en las líneas compartidas entre los molinos y cepilladoras, sino que también reducirá el tiempo de inactividad, mejorando la eficiencia y reduciendo los costos operativos.

2.3- Teorías asumidas

Business Process Model and Notation (BPMN)

Esta metodología permite una representación gráfica detallada de los procesos, facilitando la comprensión de los flujos de trabajo y las interacciones dentro de la operación de molinera. En el caso de HARINISA, BPMN permite mapear etapas como la recepción de trigo, el almacenamiento y los puntos de acumulación críticos. Así, BPMN ayuda a identificar cuellos de botella y flujos ineficientes, que son esenciales para mejorar la eficiencia y reducir los tiempos muertos en el proceso de producción.

Eficiencia Operativa de los Equipos (OEE)

Este indicador es crucial para medir la eficiencia de los equipos involucrados en la molinera, evaluando factores como disponibilidad, rendimiento y calidad. La aplicación de OEE permite identificar áreas donde los equipos, como los molinos T3 y T4, no están operando a plena capacidad, lo que facilita proponer mejoras tanto en la infraestructura como en el sistema de aspiración.

Mejora con ciclo PDCA (Plan – Do – Check – Act)

Esta teoría apoya la implementación de cambios incrementales y continuos en los procesos industriales. En el contexto de HARINISA, fomentar una cultura de mejora continua permite identificar oportunidades de optimización que pueden traducirse en una mayor productividad y competitividad en el sector.

Lean Manufacturing y Análisis y Efecto

La integración de técnicas de Lean, como el análisis de causa raíz (diagramas de Pareto y los 5 porqués), ayuda a identificar las causas de los problemas de eficiencia, como el mantenimiento inadecuado o las limitaciones en la infraestructura. Además, el análisis de Pareto ayuda a priorizar mejoras con un impacto significativo en la optimización.

Teoría de la Eficiencia Operacional

En este estudio se describe la importancia de mejorar la eficiencia del proceso de molienda para reducir costos y aumentar la productividad. La metodología BPMN, que se planea utilizar en HARINISA S.A., se alinea perfectamente con esta teoría al permitir una representación gráfica de los procesos, lo que facilita la identificación de áreas ineficientes, como tiempos muertos y atascos en las líneas de aspiración.

Teoría de las Restricciones (TOC)

El estudio menciona los "cuellos de botella" en las líneas de aspiración como un problema crítico que afecta el flujo de producción. Aplicando la teoría TOC junto con el modelado BPMN, es posible identificar y gestionar estos cuellos de botella, planteando soluciones que eliminen las restricciones en el sistema y aumenten la capacidad operativa de HARINISA S.A.

Teoría de Procesos de Negocio

BPMN se utilizará para modelar el proceso de molienda en HARINISA S.A., facilitando un análisis detallado de cada etapa. Esta teoría permite ver el proceso de molienda como un conjunto de actividades interrelacionadas, lo que se traduce en una comprensión más clara de las interacciones y flujos necesarios para mantener un proceso eficiente.

2.4- Marco Teórico

2.4-1. Business Process Model and Notation (BPMN)

Conocido en español como Notación de Modelado de Procesos Empresariales, es un lenguaje de modelado que permite la representación visual de los procesos empresariales mediante diagramas de flujo claros y comprensibles. Su objetivo principal es simplificar la creación, comprensión y comunicación de estos procesos, lo que lo convierte en una herramienta poderosa para impulsar la eficiencia operativa. (Softplan, 2024)

BPMN destaca por su flexibilidad, ya que permite generar diagramas de flujo con distintos niveles de complejidad, adaptándose a las necesidades específicas de cada situación. Esta versatilidad facilita su comprensión tanto por profesionales técnicos como por aquellos sin experiencia previa en modelado de procesos, fomentando la colaboración entre los diferentes actores involucrados en el ámbito empresarial.

En los últimos años, BPMN se ha consolidado como el estándar predominante en el modelado de procesos empresariales. Su adopción por parte de empresas e instituciones ha crecido exponencialmente debido a los beneficios que ofrece: optimización de recursos financieros, reducción de gastos y mejora de la eficiencia operativa. Desde el inicio hasta la conclusión de un proceso, BPMN permite visualizar gráficamente cada etapa, promoviendo una mejor gestión y toma de decisiones.

2.4-2. Elementos clave de la metodología BPMN y su uso en el modelado de procesos

➤ Objetos de flujo

Estos elementos representan los componentes principales que dan forma al flujo del proceso:

- **Eventos:** Representan situaciones que ocurren dentro del proceso, como "recepción de pago" o "confirmación de orden". Se ilustran con círculos, y algunos

incluyen íconos específicos para mayor claridad, como monedas para representar un pago.

- **Actividades:** Representan las acciones o etapas específicas dentro del proceso, como "embalar el producto" o "seguimiento del envío". Se muestran como rectángulos redondeados y pueden incluir tareas o subprocesos.

➤ **Objetos de conexión**

Estos elementos establecen la relación y secuencia entre los componentes del proceso mediante flechas y líneas:

- **Flujo de secuencial:** Líneas sólidas con puntas de flecha que indican el orden cronológico de las actividades, destacando interdependencias esenciales.
- **Flujo de mensajes:** Líneas discontinuas con un círculo abierto al inicio y una punta de flecha abierta al final. Representan la comunicación entre actividades que atraviesan límites organizacionales, como un cliente que realiza un pedido.
- **Asociación:** Líneas punteadas que conectan texto, datos o artefactos con objetos de flujo para mostrar relaciones adicionales.

➤ **Artefactos**

Los artefactos añaden contexto y organización a los procesos empresariales, proporcionando información complementaria:

- **Objeto de datos:** Describe cómo los datos ingresan, se procesan, circulan y almacenan dentro del proceso.
- **Grupo:** Permite agrupar elementos relacionados en rectángulos con esquinas redondeadas y líneas intermitentes, facilitando la organización.
- **Anotación de texto:** Proporciona explicaciones adicionales o contexto sobre el proceso para mejorar su comprensión.

➤ **Swimlanes (carriles de nado)**

Los swimlanes son áreas horizontales que dividen el diagrama según departamentos, equipos o fases específicas del proceso. Cada carril asigna responsabilidades claras, facilitando la identificación de tareas por equipo. Por ejemplo, un diagrama puede incluir carriles para "Inventario", "Cliente", "Ventas" y "Pago", agrupando actividades según su ámbito organizacional.

Los swimlanes mejoran la claridad del diagrama, revelando qué departamentos son responsables de cada actividad, lo que simplifica el seguimiento y la colaboración dentro del proceso empresarial.

2.4-3. Beneficios de la Eficiencia Operativa a través del modelado de procesos con BPMN

En definitiva, el **BPMN** es un recurso esencial para garantizar la eficiencia operativa en las organizaciones gracias a que portan los siguientes beneficios:

- **Alienación del equipo:** utilizar un diagrama BPMN crea una comprensión compartida de los procesos, facilitando un flujo de trabajo fluido y eficiente en todo el equipo.
- **Estandarización de procesos:** los símbolos estandarizados garantizan la creación de proceso claro y sin ambigüedades, mejorando la productividad de la empresa.
- **Identificación de mejoras:** los diagramas BPMN revelan obstáculos y cuellos de botella, permitiendo descubrir oportunidades de optimización en los procesos existentes.
- **Fortalecimiento de la colaboración:** mediante el diagrama BPMN, se gestionan de forma efectiva las relaciones entre departamentos, eliminando conjeturas y agilizando la colaboración interfuncional.

Considerando estos beneficios, podemos decir que el modelado de procesos BPMN trasciende la mera representación gráfica para convertirse en un catalizador de cambio operativo que ayuda al cumplimiento de las metas.

Al emplear esta metodología, las organizaciones no solo impulsan la eficiencia en sus operaciones, sino que también establecen los cimientos para una mejora continua y sostenible.

2.4-4. Harina de trigo

Es el producto obtenido de la molienda del endospermo del grano de trigo, es la harina que posee las características para la elaboración de pan, ya que contiene dos proteínas insolubles (gliadina y glutenina), que al unirse en presencia de agua forman el gluten.

Desde el inicio de la civilización, el trigo es uno de los cereales más importantes en la alimentación humana. En general no se consume directamente; se usa en la elaboración de alimentos, sobre todo en la industria de la panificación, así como en la fabricación de pastas, galletas, bebidas y hasta en la producción de combustibles. Existen cinco variedades de trigo. Cuatro de ellas pueden utilizarse para la elaboración de pan; el quinto es del tipo cristalino, más utilizado para las pastas. Cómo reconocer el trigo. El trigo es una planta gramínea anual con espigas. Es decir, se trata de una especie de pasto. Su altura es variable, va desde treinta centímetros hasta un metro y medio de largo. El tallo, recto, cilíndrico, da unas hojas largas y finas que terminan en forma de lanza, por lo que se les llama lanceoladas. Cada planta tiene de cuatro a seis hojas. El grano de trigo es ovalado, parecido al arroz, con las puntas redondeadas. De una de ellas sobresale el germen y en la otra hay un mechón de pelos finos que se conoce como pincel, por su forma. Los granos pueden ser blandos o duros. Estos granos se muelen para la obtención de harina para pan.

El trigo se desarrolla en climas subtropicales, templados o ligeramente fríos. Las plantas requieren una cantidad moderada de agua, entre 229 y 762 milímetros de lluvia. Los trigos de invierno se cultivan en zonas templadas. La temperatura mínima para que crezca bien es de 13°C. El mejor trigo se consigue en terrenos pesados, con abundante marga y arcilla, aunque también es posible obtener buenos rendimientos en otros más ligeros.

La siembra del trigo requiere distintas cantidades de semilla por superficie, según la variedad de la que estemos hablando. Cuando se siembra al voleo, es decir, arrojando la semilla al aire, se emplean de 150 a 180 kilos por hectárea. Si la siembra se realiza en líneas, se utiliza menos cantidad, entre 120 y 125 kilos. Si se trata de trigo para forraje, se necesitará más semilla. La cosecha, también llamada siega, comienza cuando los tallos del trigo ya perdieron su color verde y el grano tiene suficiente consistencia. El tallo se corta a unos treinta centímetros del suelo por medio de una máquina cosechadora. De ahí el trigo se procesa industrialmente para convertirlo en harina y llegar a tu mesa, en forma de pasteles, tortillas o sopa de pasta. (Iglesias & Paz, 2014)

2.4-5. Clasificación de los trigos de Estados Unidos

➤ **Trigos rojos duros de invierno (HARD RED WINTER – HRW)**

Esta clase de trigo es el más importante dentro de las exportaciones y en cuanto a su producción en USA cada año. Es producido en los estados de las grandes planicies, dentro de una gran extensión que se extiende desde el río Mississippi hasta el oeste en las Montañas Rocallosas y desde Canadá hasta México. Contiene un amplio rango de proteínas con buenas características para la molienda y panificación. Es utilizado en la producción de pan, roles y menos extensamente productos dulces y harina para cualquier propósito. Los principales compradores son Rusia, China, Japón, Moroco y Polonia. (Avila Miramontes, Avila Salazar , Rivas Santoyo, & Martínez Heredia , 2014)

➤ **Trigos rojos duros de primavera (HARD RED SPRING – HRS)**

Estos trigos contienen los porcentajes más altos de proteína produciendo un excelente pan de trigo con características superiores para la molienda y panificación. La mayoría de su siembra es en los estados de Montana, Dakota del Norte, Dakota del Sur y Minnesota. Se exporta fuertemente para Centro América, Japón, Filipinas y Rusia.

➤ **Rojos suaves de invierno (SOFT RED WINTER – SRW)**

Son cultivados principalmente al este del río Mississippi, poseen altos rendimientos, pero relativamente un bajo contenido de proteína. Son utilizados en la elaboración de galletas, pan sin levadura y pasteles. Los principales clientes son China, Egipto y Morocco.

➤ **Trigos cristalinos o macarroneros (DURUM)**

Este tipo de trigo son los más duros en los EE. UU. y consistentemente los de menor volumen de exportación ya que se exporta menos del 5% de todas las clases de trigo. Es cultivado en los mismos estados del norte donde se cultivan los trigos rojos duros de primavera, aunque el 70 u 80 % de la producción anual en EE. UU. proviene del estado de Dakota del Norte. Es utilizado para la elaboración de harina de semolina en la elaboración de pastas. El mayor importador de estos trigos es Argelia.

➤ **Trigos blancos duros (HARD WHITE WHEAT – HWW)**

Este tipo de trigos es la clase más reciente que se cultiva en EE. UU. Están íntimamente relacionados con los trigos rojos, a excepción de los genes del color, estos trigos tienen un sabor más dulce y suave con características de fibra, molienda y panificación muy similar. Son utilizados principalmente en la elaboración de panes con levaduras, roles, Bulgur (alimento consumido en oriente hecho a partir de trigo cocido seco y triturado), tortillas y fideos orientales. Utilizados primeramente en el mercado doméstico, sin embargo, es exportado en pequeñas cantidades.

➤ **Blancos suaves (SOFT WHITE WHEAT – SWW)**

Es utilizado al igual que los trigos rojos suaves de invierno en la elaboración de productos de repostería a excepción del pan. Se cultiva principalmente en el Noroeste del Pacífico y en menor escala en California, Michigan, Wisconsin y Nueva York. Son bajos en proteínas, pero de altos rendimientos. Producen una harina para pastelería galletas Snack. Es exportado a la región del oeste de Asia.

2.4-6. Clasificación de los trigos canadienses

La clasificación de los trigos que se cultivan en Canadá es muy similar a la clasificación que utilizan en Estados Unidos. Los trigos canadienses principalmente provienen de Alberta, Manitoba y Saskatchewan.

1. Canada Western Red Spring (CWRS): Trigo de gluten fuerte. Ideal para la industria mecanizada de la panificación y como mejorador de trigos suaves.
2. Canada Western Amber Durum (CWAD): Trigo de gluten fuerte y elástico. Ideal para pastas.
3. Canada Prairie Spring Red (CPSR): Trigo de contenido proteínico medio. Ideal para la industria del pan hecho a mano y para galletas.
4. Canada Western Extra Strong (CWES): Trigo de gluten fuerte. Ideal para harinas mezcladas, para panes de trigo entero y bollos.
5. Canada Prairie Spring White (CPSW): Trigo de contenido proteínico medio – bajo. Ideal para la industria del pan hecho a mano y pastas orientales.
6. Canada Western Soft White Spring (CWSWS): Trigo de contenido proteínico bajo. Ideal para galletas, pastas y bizcochos.
7. Canada Western Red Winter (CWRW): Trigo de contenido proteínico medio - bajo y gluten suave. Ideal para la industria de las galletas.
8. Canada Western Hard White (CWHW): Trigo blanco de contenido proteínico medio – alto. Ideal para panificación, tallarines, panes planos y tortillas de harina.

2.4-7. Temperatura en el cultivo de trigo

El trigo es un cultivo que se siembra y desarrolla bien en climas templados. Como ya se mencionó anteriormente existen dos tipos de trigo en base a su requerimiento climático, los Trigos de Invierno, que requieren pasar por un proceso de vernalización en donde se requieren temperaturas cercanas a cero (0 a 7°C), son más tolerantes a temperaturas extremadamente bajas (-20°C) presencia de nieve y hielo, siendo esenciales para que se lleve a cabo la diferenciación meristemática. El otro tipo son los Trigos de Primavera, que son trigos que no soportan temperaturas extremas (ni

muy bajas ni muy altas), pero que sí requieren temperaturas bajas en etapas tempranas (7 a 18 °C) y que son susceptibles a las altas temperaturas, estos trigos poseen un requerimiento diferencial dependiendo de su etapa fenológica, así pues a pesar que requiere una temperatura mínima de 4 °C en el suelo para su germinación, puede germinar en temperaturas cercanas a los 0 °C, siendo su germinación lenta y falla, el rango para la germinación va desde los 4 a los 37 °C, inhibiéndose a temperaturas mayores, siendo el rango óptimo para su germinación de 12 a 25°C. Se menciona que para lograr un buen rendimiento la planta de trigo requiere de la acumulación de horas – frío (aunque esto puede presentar cierta controversia ya que en lugar de mencionar horas frío. Lo que sí podemos asegurar es que en etapa de las primeras hojas requiere de un periodo de frío (7 a 18°C) en forma cualitativa para su diferenciación, ya que en cambio, si consideramos la definición de “horas – frío, como la cantidad de horas que una planta debe estar a una cierta temperatura para que las yemas florales y/o vegetativas broten en forma cuantitativa), es por esta razón, que en el estado las regiones más templadas son más adecuadas para su desarrollo y por lo tanto las de mayor rendimiento. Siendo las mejores regiones para su cultivo en forma descendente: Mexicali y San Luis Río Colorado, en el norte después, Costa de Hermosillo, Valle del Yaqui, Valle del Mayo y por último el Valle de Guaymas.

Así mismo menciona que para obtener un rendimiento de 4.6 ton/h el cultivo requiere una acumulación de 340 HF y que por cada 100 HF arriba de este los rendimientos se incrementan en 330 kg. Por lo que la temperatura viene a ser un factor muy importante en la producción de grano.

Sin embargo, en los últimos ciclos las condiciones ambientales en el estado no han sido las más adecuadas para el cultivo, sin embargo, los rendimientos no han tenido una drástica caída, como podría haberse esperado.

La planta de trigo puede soportar en el inicio de su desarrollo (plántula) y antes del encañe temperaturas de 7 °C bajo cero, dependiendo de la humedad del suelo, la intensidad y duración de la condición, volviéndose más sensible, conforme avanza su

desarrollo, de tal manera que, en floración y formación de grano, temperaturas de 0 °C o cercanas a cero grados Celsius, son extremadamente perjudiciales al rendimiento. En la etapa de amacollamiento el cultivo requiere de condiciones frescas por lo que a bajas temperaturas (7 y 18 °C) su desarrollo es más lento y se favorece la formación la diferenciación floral (formación de espiguillas) y el número de hijuelos (dependiendo de la densidad de siembra), elevando la posibilidad de obtener buenos rendimientos, condiciones con temperaturas altas al inicio, acelera el desarrollo de la planta por lo que se reduce la etapa de amacollo, disminuyendo así el número final de hijuelos productivos, lo que finalmente se traduce en una reducción del rendimiento. En espigamiento y floración se requiere de temperaturas un poco más altas, entre 10 y 26 °C para un buen desarrollo, ya que temperaturas cercanas a 0 °C o mayores de 30 grados pueden incrementar la absorción de flores en etapas previas, deshidratación y por consiguiente la reducción en el número de granos por espiguillas, lo que ocasionaría finalmente una reducción en el rendimiento.

En el ciclo agrícola del 2010/2011 en los días 3, 4 y 5 de febrero se presentaron temperaturas por debajo de los 0 °C en el valle del yaqui, lo que provocó daños solamente en aquellas siembras que venían muy adelantadas (siembras tempranas), presentándose en menor daño en siembras tardías, ya que el cultivo se encontraba en la etapa de final de macollamiento e inicio de encañe. Los daños que se presentaron fueron muy variables, presentándose desde la distorsión en el desarrollo de la espiga y absorción parcial en las espigas, hasta el abanamiento de granos.

Las altas temperaturas pueden causar diferentes daños dependiendo de la etapa fenológica en que se presentan, siendo más dañinas cuando se presentan en floración y llenado de grano, ya que en floración pueden provocar absorción de flores, ocasionado una disminución en el número de granos por espiguilla y en llenado de grano, afectando básicamente el peso del grano, produciéndose, si se conjuga con estrés hídrico granos abanados de bajo peso y cubierta cerosa. Uno de los efectos que se presentan en el llenado del grano es la inactivación de enzimas encargadas de la reconversión de azúcar en almidón. Otro es la pérdida de fotosintatos en el proceso

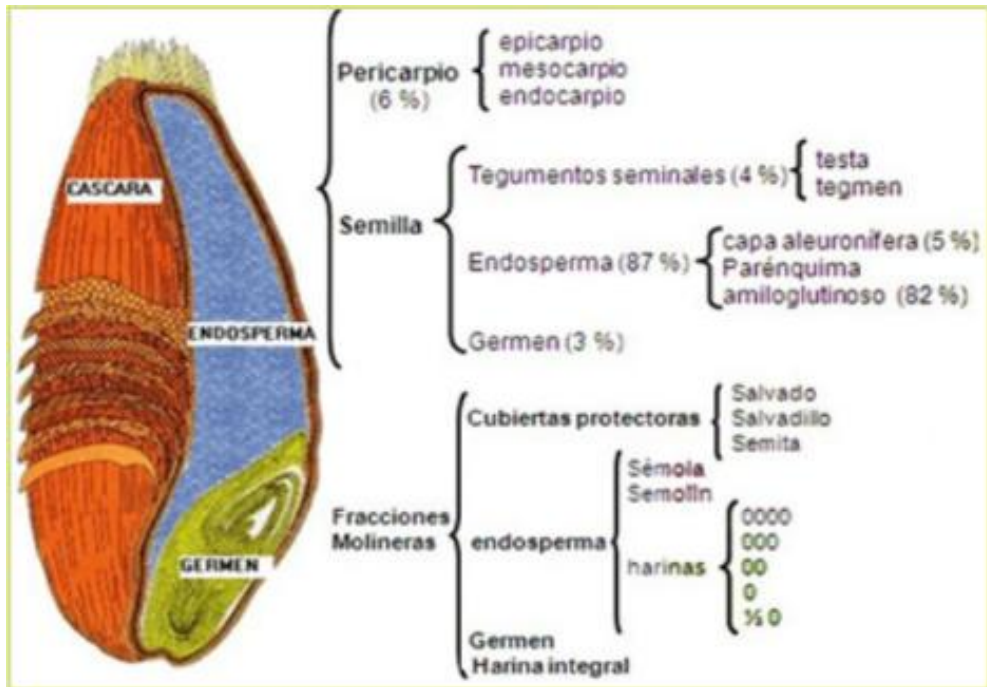
de respiración la cual se incrementa bajo condiciones de alta temperatura. (Avila Miramontes, Avila Salazar , Rivas Santoyo, & Martínez Heredia , 2014).

2.4-8. Características del grano de trigo pan

El grano de trigo, llamado cariopse, es un fruto seco, indehisciente, cuyo pericarpio está en íntimo contacto con las envolturas seminales. (Cardós, Campaña, & Abbate, 2017)

Figura 1

Principales partes morfológicas del grano de trigo



Fuente: Research Gate

Pericarpio

Son las cubiertas protectoras del grano. Representa 4–6 % del peso del grano y se origina por el desarrollo de las paredes del ovario. Durante el proceso de molienda

sale como residual, constituyendo parte de lo que se conoce como “afrecho o afrechillo” y “semita”.

Semilla

Representa 84-86% del peso del grano e incluye tegumentos seminales (testa y tegmen), endosperma (capa aleuronífera y parénquima amilo-glutinoso) y germen o embrión (cotiledón o escutelo, epiblasto, hipocótilo, mesocótilo y epicótilo). Dado que el pericarpio es transparente, la coloración del grano se debe a la presencia de estos pigmentos en la testa. Dentro de la especie *Triticum aestivum* (trigo pan) hay granos rojos y ambarinos o no coloreados, pero en el país sólo se difundieron cultivares de granos rojos, mientras que los ambarinos están representados por *Triticum durum* (trigo fideos o candeales).

La coloración roja es genéticamente dominante. El endospermo representa alrededor del 82 % del peso del grano. La capa aleuronífera representa el 3-4 % del peso del grano, sus células contienen diastasas y proteasas. Durante el proceso de molienda, estas enzimas entran en contacto con el parénquima amilo-glutinoso y actúan sobre el almidón y el gluten desdoblándolos. Por ello se trata de que esta capa esté un mínimo tiempo en contacto con la harina; se la hace salir junto con el pericarpio como producto de cola del molino. El parénquima amilo-glutinoso constituye el producto fundamental de la molienda: harina o sémolas (partículas de mayor granulometría). El germen representa entre 2 y 4 % del peso del grano; en el proceso de molienda sale como producto de cola junto a las cáscaras, de las que luego se separa por tamizado, ello es necesario por su elevado tenor en sustancias grasas, su rápido enranciamiento echaría a perder los productos con los que está en contacto.

2.4-9. Composición química del grano de trigo

Las distintas partes morfológicas del grano varían en su composición química. Así, el almidón sólo se encuentra en el parénquima amiloglutinoso, mientras que las proteínas están distribuidas en todo el grano. La fibra está casi enteramente en las

cáscaras, ya que solamente un 10% de la fibra total se halla en el endospermo y el germen. Aproximadamente la mitad de la grasa total se localiza en el parénquima amiloglutinoso, 1/5 en el germen y el resto en el salvado (siendo mayor el contenido en la capa aleuronífera, que en el pericarpio y la testa). La distribución de las sustancias minerales es semejante a la de la fibra, estando más de la mitad en el pericarpio, testa y aleurona. En la práctica, es útil conocer los porcentajes de los componentes químicos del grano de trigo con relación a los productos de molienda. (Cardós, Campaña, & Abbate, 2017)

Proteínas

Las proteínas se encuentran en todos los tejidos del grano existiendo mayores concentraciones en embrión, escutelo y capa aleuronífera.

Almidón

El almidón es el hidrato de carbono más importante de los cereales, constituyendo aproximadamente el 60% del grano de trigo y el 70% de su parénquima amiloglutinoso. Es un polímero de la glucosa que se presenta en dos formas: amilosa (aproximadamente el 20% del almidón) y amilopectina (80% restante). La amilosa contiene de 200 a 300 moléculas de glucosa encadenadas linealmente y la de amilopectina está compuesta por más de 1000 moléculas en cadena ramificada.

Almidón dañado: Durante el proceso de molienda del trigo algunos gránulos de almidón resultan alterados generando una fracción de almidón llamada “almidón dañado”. Estos gránulos se pueden reconocer microscópicamente porque producen una coloración roja al tratarlos con una solución de Rojo Congo que por el aspecto que toman se los llama “ghosts” (fantasmas). Se reconocen dos factores como causantes del deterioro de los gránulos: raspado del material durante la molienda (relacionado con las características de la superficie de los rodillos y con la diferencia de velocidad entre estos) y la presión de los cilindros. La proporción de gránulos dañados alcanza un promedio del 9% en las harinas panaderas. Las amilasas de las harinas sólo son

capaces de atacar el almidón dañado, por eso es importante que la misma contenga una proporción adecuada de tal almidón, ya que proporciona los azúcares necesarios al proceso de fermentación. Si esta cantidad es excesiva la absorción de agua aumenta y la calidad del pan decae, ya que disminuye su volumen resultando menos atractivo.

Gelificación del almidón

Los almidones naturales son insolubles en agua fría, pero por acción del agua caliente sus gránulos se expanden llegando a romperse si la cantidad de agua es abundante. Este fenómeno se conoce como “gelificación del almidón”. La facilidad con que esto se produce depende de las cualidades del grano. El almidón de trigo comienza a gelificar a una temperatura de 60°C, y a 71°C se obtiene un buen engrudo de almidón. Si bien en panificación la temperatura de cocción es muy superior, el almidón de la masa no se gelifica completamente. Ello se debe a que el tiempo de cocción es reducido y la temperatura que se alcanza en el interior de la masa sólo supera los 90°C en los últimos momentos de la cocción.

Azúcares

El trigo contiene aproximadamente 2.5% de azúcares solubles, casi en su totalidad como sacarosa (1.5 a 2.0%). El resto está constituido por maltosa. También se encuentran dextrinas y compuestos intermedios entre el almidón y los azúcares. La cantidad de azúcares fermentescibles preexistentes es muy importante en la etapa inicial de la fermentación.

Fibras

La fracción de fibras está conformada por celulosa, hemicelulosa y pentosanos. La celulosa es el principal constituyente de las paredes celulares de los granos de cereales y forma en conjunto lo que se llama fibra bruta. Es un polímero de la glucosa con uniones beta mucho más estables que el almidón. El disacárido constituyente

principal es la celobiosa, mientras que el del almidón es la maltosa. El contenido de fibra del grano de trigo es aproximadamente: 2.0% del peso del grano entero, 0.1% del parénquima amiloglutinoso y 12-14% del salvado.

Lípidos

El contenido de lípidos en el grano de trigo es del 1 al 2%, en su mayoría glicéridos o grasas, es decir ésteres de la glicerina con ácidos grasos saturados (palmítico) y no saturados (oleico y linoleico). En mucha menor proporción se encuentran fosfolípidos como lecitina y glucolípidos. La grasa, una vez molido el grano, puede sufrir dos tipos de alteraciones: (i) hidrólisis por acción de la enzima lipasa que está presente en el grano y (ii) oxidación que puede ocurrir enzimáticamente por acción de la enzima lipoxidasa, o no enzimáticamente en presencia de oxígeno. Normalmente, en el grano entero, las enzimas y las grasas no están en contacto, pero durante la molienda, entran en contacto provocándose el deterioro de las grasas.

Los productos de la hidrólisis de la grasa son glicerina y ácidos grasos. Los granos enteros y sanos contienen pequeñas cantidades de estos ácidos libres, pero cuando aumentan sus concentraciones, aparece el olor y sabor rancio. En la obtención de harina blanca el germen se separa del endospermo, por lo cual mejora las posibilidades de conservación de ésta.

Minerales

El 95% de la materia mineral del grano está formada por fosfatos y sulfatos de potasio, magnesio y calcio. El fósforo se presenta principalmente como fosfato mono o dipotásico, si bien parte se encuentra también como ácido fítico. El alto consumo de este ácido favorece la osteoporosis, el cual se encuentra principalmente en el salvado. Entre los elementos menores son importantes el hierro, manganeso y zinc. Los contenidos de sodio, cloro y azufre son algo variables. Además de éstos hay un gran número de otros elementos presentes como trazas. Las sales minerales de la harina

tienen su papel en la fermentación contribuyendo a la alimentación de las levaduras, pero también influyen en la formación del gluten.

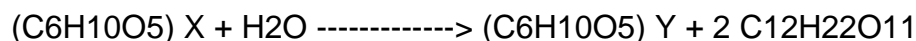
Pigmentos

Las xantófilas, carotenos y flavonas, en ese orden son los de mayor significancia. Al molinero, le interesan harinas blancas. En cambio, en el caso de los trigos fideos se buscan sémolas amarillas. Los pigmentos se pueden destruir por medio de compuestos químicos “blanqueadores”, los que generalmente son oxidantes. Existe una enzima, la lipoxidasa, que destruye los pigmentos y su contenido tiene particular importancia en los trigos fideos, ya que les resta color.

Enzimas

Las enzimas se las suele definir como catalizadores biológicos, todas son compuestos nitrogenados, generalmente con una base proteica. Las enzimas del grano del trigo más relevantes desde el punto de vista de la molienda son las diastásicas y las proteásicas.

- Enzimas diastásicas: En el trigo existe un conjunto de enzimas diastásicas que se localizan principalmente en el germen, pero que están distribuidas en todo el grano. La diastasa consta de dos componentes: alfa-amilasa y beta-amilasa. La acción de la diastasa consiste en catalizar la degradación del almidón a maltosa y dextrina. La alfa-amilasa produce fundamentalmente dextrina y maltosa, mientras que la beta-amilasa produce maltosa. Si bien el mecanismo de las reacciones químicas es complicado, la siguiente ecuación indica la naturaleza de dicha reacción:



almidón

dextrina

maltosa

La alfa amilasa ayuda a la beta – amilasa en la producción de maltosa. Así, la concentración de alfa-amilasa determina que se forme la suficiente cantidad de

maltosa durante la fermentación, para que las levaduras puedan mantener la producción de CO₂ en las últimas etapas del proceso, particularmente en el período de maduración. Normalmente, el contenido natural de alfa amilasa de la harina de trigo sano es insuficiente para lograr una buena fermentación. Se estima, sin embargo, que la cantidad de maltosa que se produce está limitada por la cantidad de almidón dañado disponible.

- Enzimas proteásicas: Existe también un grupo de enzimas proteolíticas, principalmente localizadas en la capa aleuronífera, que cuando son incorporadas en exceso a la harina resultan perjudiciales.

Actúan sobre el gluten haciéndole perder resistencia y elasticidad, disminuyendo su capacidad de retención de CO₂. Se debe tener en cuenta, sin embargo, que es necesaria cierta proteólisis que favorezca la distensión de la masa durante la fermentación para permitir el desarrollo de un adecuado volumen. Esta acción de reblandecimiento, producida en parte por las proteasas, se conoce como la maduración de la masa. (Cardós, Campaña, & Abbate, 2017)

Vitaminas

Es importante la presencia de vitaminas del grupo B y E principalmente en la capa aleuronífera y en el germen. Las del complejo B tienen particular importancia en la asimilación de los hidratos de carbono. (Cardós, Campaña, & Abbate, 2017).

Figura 2

Composición nutricional de la harina de trigo

Componentes	Harina 100% extracción	Harina 75% de extracción
Proteínas	De 12 a 13.5	De 8 a 11
Grasas	2.2	De 1 a 2
Almidón	67	71
Cenizas	1.5	De 0.56 a 0.65
Vitaminas (B y E)	0.12	0.03
Humedad (Agua)	De 13 a 15	De 13 a 15
Fibra (Salvado)	11	3
Azúcares simples	De 2 a 3	De 1.5 a 2.5

Fuente: Calaveras, 2004

2.5- Marco legal

Tabla 1

Normas Iso

Nombre de la norma	Capítulo	Acápite	Objetivo
ISO 9001:2015 Sistemas de Gestión de Calidad	4	<p>4.4.1- La organización debe establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión de la calidad, incluidos los procesos necesarios y sus interacciones, de acuerdo con los requisitos de esta Norma Internacional.</p> <p>La organización debe determinar los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización, y debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> A) Evaluar estos procesos e implementar cualquier cambio necesario para asegurarse de que estos procesos logran los resultados previstos. B) Mejorar los procesos y el sistema de gestión de la calidad. 	<p>Establecer un sistema de gestión de la calidad que permita a una organización mejorar continuamente la eficiencia de sus procesos, con el fin de aumentar la satisfacción del cliente y cumplir con los requisitos legales y reglamentarios aplicables.</p>

<p>ISO 9004:2018 Gestión de la calidad - Calidad de una organización – Orientación para lograr el éxito sostenido</p>	<p>8 11</p>	<p>8.4.1- Para gestionar sus procesos de manera eficaz y eficiente la organización debería:</p> <p>A) Visualizar la red de procesos, su secuencia y sus interacciones en un gráfico (por ejemplo, mapa de procesos, diagramas) a fin de comprender los roles de cada proceso en el sistema y sus efectos en el desempeño del sistema.</p> <p>B) Revisar los procesos y sus interrelaciones de manera regular y tomar acciones adecuadas para el control y la mejora, para asegurarse de que continúan siendo eficaces y apoyan el éxito sostenido de la organización.</p> <p>11.2- La mejora es una actividad para aumentar el desempeño. El desempeño puede estar relacionado con un producto o servicio o con un proceso. Mejorar el desempeño de un producto o servicio o el sistema de gestión puede ayudar a la organización a</p>	<p>Proporcionar directrices para lograr el éxito sostenido de la organización, mejorando la capacidad para satisfacer las necesidades y expectativas de las partes interesadas. La norma pone énfasis en la mejora continua y en la optimización de los procesos, promoviendo un enfoque integral para lograr un rendimiento sostenible.</p>
---	----------------------------------	---	--

		<p>anticipar y cumplir las necesidades y expectativas de las partes interesadas, y también a incrementar la eficiencia económica. Mejorar los procesos puede conducir a un incremento de la eficiencia y de la eficacia, teniendo como resultado beneficios tales como ahorro de costos, tiempo y energía, y reducción de residuos; a su vez, esto puede conducir a cumplir las necesidades y expectativas de las partes interesadas de una manera más eficaz.</p>	
<p>ISO/IEC 19510:2013 Establecimiento de los requisitos y especificaciones técnicas para la notación de Modelado de Procesos de Negocio (BPMN)</p>	<p>6</p>	<p>6.4- Descripción en detalle de los elementos fundamentales que permiten modelar los procesos de negocio. Incluyendo las categorías de actividades, eventos y decisiones, así como las conexiones que permiten la representación del flujo de trabajo.</p>	<p>Ofrecer una notación de modelado que sea comprensible tanto para los usuarios del negocio como para los diseñadores técnicos de procesos. Esto incluye facilitar el análisis, diseño e implementación de procesos mediante una representación visual clara y coherente de todas las etapas,</p>

			<p>permitiendo a los interesados identificar oportunidades de mejora, redundancias, y posibles fallos en los procesos.</p>
--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 2

Leyes y Normas

Norma	Aplicación	Objetivo
Ley General de Alimentos (Ley No. 717)	<p>Producción: Regula los métodos de cultivo y cría de animales para asegurar que cumplan con las normas de sanidad y seguridad alimentaria.</p> <p>Procesamiento y manipulación: Define estándares para evitar la contaminación y asegurar que los alimentos procesados sean seguros para el consumo.</p> <p>Almacenamiento y distribución: Establece condiciones de almacenamiento y transporte que minimicen el riesgo de contaminación.</p> <p>Comercialización: Se asegura de</p>	<p>Establecer las normas y directrices para la regulación, control y supervisión de los alimentos producidos, procesados, distribuidos y comercializados en el país. Su propósito es garantizar la seguridad, la calidad y la inocuidad de los alimentos, protegiendo la salud de los consumidores.</p>

	<p>que los productos comercializados cumplan con las normas de etiquetado y especificaciones de calidad e inocuidad.</p>	
<p>Reglamento Técnico Centroamericano para la Harina de Trigo (RTCA 67.01.52:2011)</p>	<p>Producción y procesamiento: Se establecen normas de pureza, contenido de humedad, composición microbiológica y especificaciones de nutrientes para asegurar que la harina de trigo no contenga contaminantes o aditivos no permitidos.</p> <p>Almacenamiento y transporte: Define las condiciones de almacenamiento y transporte adecuadas para preservar la calidad de la harina y evitar la contaminación.</p> <p>Etiquetado: Requiere que la harina de trigo cumpla con normas de etiquetado específicas, detallando el contenido nutricional, la fecha de vencimiento y cualquier advertencia relevante para los consumidores.</p> <p>Control de calidad: Los productores y comercializadores están sujetos a controles regulares de calidad para verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas.</p>	<p>Garantizar la calidad e inocuidad de la harina de trigo para el consumo humano, protegiendo la salud de los consumidores.</p> <p>Establecer especificaciones técnicas y microbiológicas para la harina de trigo, asegurando que cumpla con los estándares mínimos de pureza y calidad.</p> <p>Facilitar el comercio entre países centroamericanos mediante la homologación de criterios de calidad e inocuidad para la harina de trigo.</p> <p>Promover la transparencia en la industria de productos derivados del trigo, definiendo normas claras y precisas para su comercialización.</p>

<p>NTN 030102:2016 Harina de trigo para panificación</p>	<p>Composición y propiedades fisicoquímicas: La norma define las características específicas de la harina, como el contenido de proteínas, la humedad, la absorción de agua y la actividad enzimática, que son esenciales para asegurar la textura y calidad del pan.</p> <p>Control microbiológico: Se establecen límites para microorganismos patógenos, lo que garantiza que la harina sea segura para el consumo humano y apta para su uso en panificación.</p> <p>Etiquetado y empaque: La harina debe estar debidamente etiquetada, indicando datos como la composición, la fecha de vencimiento y las advertencias pertinentes, lo cual ayuda a la transparencia y a la adecuada información al consumidor.</p> <p>Condiciones de almacenamiento y transporte: La norma especifica las condiciones en que debe almacenarse y transportarse la harina para evitar su deterioro o contaminación.</p>	<p>Establecer criterios de calidad para la harina de trigo destinada específicamente a la panificación, asegurando que tenga las propiedades físicas y químicas óptimas para la elaboración de pan.</p> <p>Asegurar la inocuidad del producto a través de normas que reduzcan la presencia de contaminantes y garanticen la pureza del producto final.</p> <p>Promover la estandarización en la industria panificadora nicaragüense, permitiendo que los productos elaborados sean de calidad constante y segura.</p> <p>Facilitar el control de calidad en la producción y comercialización de la harina de trigo para panificación.</p>
---	---	---

Fuente: Elaboración Propia de las autoras

2.6- Marco contextual

El presente proyecto de propuesta mejora del proceso de molienda mediante la implementación de un anexo al canal de aspiración en la empresa HARINISA S.A., la cual se encuentra ubicada en el Km 92 ½ carretera León-Chinandega. Sus límites son al Norte con caseríos y terrenos baldíos, al Sur las plantas industriales AGROSA e INDEGRASA, al Este con NUTRISA (Bodega de Afrechos) y al Oeste áreas verdes y derecho de vía. (Carretera Circunvalación), ubicada en el municipio de León en el departamento de León, Nicaragua.

HARINISA surge con una producción de 75 ton/día (24 horas) contando inicialmente con un personal de 29 trabajadores con una maquinaria compuesta por seis molinos y dos silos.

En ese entonces solo se producían tres tipos de harinas: Super Star, Rica Harina, Suprema. En estos años no se exportaba harina a los países Centroamericanos. Solo se producía al mercado nacional. Esta empresa pasó a manos del estado en la década de los 80. Fue hasta el año de 1991 que AGROSA es devuelta a sus antiguos dueños y empieza a haber inversión nuevamente, con la adición de 10 molinos más. Actualmente se está exportando a Costa Rica y Honduras y la empresa cuenta con tres líneas principales de producción. Estas son: Harina Suprema (100% dura), Harina Gold Star (80% dura-20% suave) y Harina Super Star (90% dura- 20% suave).

2.7- Marco Institucional

UCC – Campus León

Figura 3

Logo de UCC



Fuente: Universidad de Ciencias Comerciales, 1964

Sobre UCC

Fundada por el Dr. Carlos Narvárez Moreira. Nació con el nombre de Instituto de Ciencias Comerciales brindando la carrera de Contaduría Pública y Finanzas, aprobada con resolución ministerial No. 824. En 1990 cambia el nombre a Universidad de Ciencias Comerciales. (UCC, 2024)

Misión

Formar profesionales integrales, éticos, con visión humanística, competitivos, emprendedores y con liderazgo, comprometidos con el desarrollo del país.

Visión

Ser reconocida como la Universidad con los más altos estándares de calidad de formación profesional, a fin de responder a las necesidades de la sociedad y al compromiso social de su proyecto educativo.

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad
¡Somos la universidad para la gente que triunfa!*

Valores

Liderazgo; Ética Profesional; Creatividad; Calidad.

El Modelo Educativo con Enfoque Constructivista de la UCC, centra el proceso de enseñanza- aprendizaje en el desarrollo de la persona, sus experiencias previas y las actividades que requiere realizar para construir nuevos conocimientos, competencias, actitudes y valores.

Empresa Harinera Agroindustrial de Nicaragua S.A

Figura 4

Logo de HARINISA S.A.



Fuente: Harinisa S.A, 1995

Misión

Nuestra misión es cumplir con las expectativas de nuestros clientes produciendo y comercializando productos de calidad mundial bajo sistemas que aseguren la inocuidad de los mismos; realizando una gestión ambiental que permita la conservación del medio; operando bajo las normas de seguridad e higiene ocupacional; y optimizando nuestros costos para ofrecer precios competitivos bajo el principio “ganar – ganar”.

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad
¡Somos la universidad para la gente que triunfa!*

Visión

Nuestra visión es consolidarnos como empresa capaz de competir, en su ramo y sin ninguna desventaja, en el mercado global con productos que llenen o excedan cualquier expectativa de calidad, inocuos, a precios atractivos y con procesos amistosos con el medio ambiente; haciendo del mejoramiento continuo, nuestro lema y nuestra herramienta principal.

Valores corporativos

- Responsabilidad: En Harinisa, la responsabilidad implica asumir compromisos y cumplir con ellos de manera consciente y oportuna. Los empleados se esfuerzan por ser confiables y cumplir con sus deberes y obligaciones.
- Calidad: La calidad es fundamental en Harinisa. Se refiere a la excelencia en los productos y servicios ofrecidos, asegurando que cumplen con los más altos estándares en términos de materiales, fabricación y desempeño.
- Ética: En Harinisa, la ética es la base de todas las operaciones. Los empleados se comprometen a actuar con integridad, honestidad y transparencia en todas las interacciones comerciales y decisiones.
- Personal comprometido: Harinisa valora a un equipo comprometido que demuestra pasión y dedicación hacia el éxito de la empresa. Los empleados están motivados para contribuir de manera proactiva y trabajar en colaboración para alcanzar los objetivos comunes.
- Atención al cliente: La atención al cliente es una prioridad en Harinisa. Significa escuchar activamente las necesidades y preocupaciones de los clientes, proporcionando soluciones efectivas y brindando un servicio excepcional para garantizar su satisfacción.

CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

2.1- Tipo de Proyecto

Según la procedencia del capital

Este es un proyecto con capital privado, ya que HARINISA S.A. es una empresa agroindustrial que invierte en mejoras tecnológicas y procesos internos, como la optimización del proceso de molienda.

Según el sector

El proyecto se clasifica dentro del sector industrial, específicamente en el sector agroindustrial y alimentario, dado que la actividad principal de la empresa es la producción de harina de trigo.

Según el ámbito o perfil profesional

Este proyecto corresponde al ámbito de la ingeniería industrial. Incluye el análisis y optimización de procesos de producción, aplicando metodologías como BPMN y el cálculo de la Eficiencia Operativa de los Equipos (OEE), ambos relevantes para el perfil profesional en ingeniería industrial.

Según la orientación

Es un proyecto de investigación aplicada y de optimización, cuyo objetivo es mejorar la eficiencia operativa en el proceso de molienda mediante la implementación de mejoras prácticas basadas en el análisis de datos cuantitativos y descriptivos.

Según el área de influencia

Su influencia es tanto interna, al mejorar la eficiencia y reducir costos dentro de la empresa, como externa, ya que la optimización de procesos también favorece a

clientes y distribuidores mediante una mayor calidad y puntualidad en la entrega de productos.

2.2- Área de estudio

Este proyecto de investigación se realizó en la empresa Harinisa S.A., ubicada en el departamento de León, en el occidente de Nicaragua. La empresa se localiza estratégicamente en la ciudad de León, una de las principales urbes del país y un centro clave en el corredor económico de Nicaragua. Gracias a su posición geográfica, León facilita el acceso a mercados tanto nacionales como internacionales y cuenta con diversas rutas de transporte terrestre, marítimo y aéreo.

León no solo se distingue por su ubicación, sino también por su rica herencia cultural y su relevancia como un núcleo de educación y comercio. La ciudad alberga importantes instituciones educativas y recibe anualmente a un número significativo de turistas debido a su arquitectura colonial, su historia, y su cercanía a sitios de interés como volcanes, playas y reservas naturales. Esta combinación de factores posiciona a León como un centro económico dinámico que, además de su actividad comercial, juega un papel crucial en el desarrollo y sostenibilidad de la región.

Accesibilidad

La accesibilidad de la empresa HARINISA S.A. en León, Nicaragua, se fundamenta en una serie de aspectos técnicos y logísticos que favorecen tanto la llegada de materias primas como la distribución de productos terminados. En este contexto, la accesibilidad abarca tanto la conectividad física a través de infraestructuras de transporte como la disponibilidad de servicios esenciales para el funcionamiento de la empresa.

En primer lugar, desde el punto de vista de la conectividad física, la empresa se beneficia de la ubicación estratégica de León en el sistema de carreteras nacional. La ciudad está interconectada mediante carreteras principales y autopistas que la

vinculan con otras regiones del país, incluyendo la capital Managua, así como con los principales puertos marítimos y aeropuertos. Este entramado vial o red de carreteras proporciona a HARINISA S.A. una red de transporte terrestre eficiente para el traslado de insumos.

2.3- Unidades de análisis

El presente estudio se llevará a cabo en el área de molienda y aspiración de la empresa Harinera Agroindustrial de Nicaragua (HARINISA S.A.), ubicada en el Km 92½ de la carretera León-Chinandega. Este enfoque en el área de molienda es crucial, dado que se busca identificar y analizar oportunidades para optimizar los recursos y mejorar la eficiencia operativa en los procesos productivos.

La unidad de análisis se centrará en los colaboradores de la gerencia de producción, quienes están comprometidos con la mejora continua y la implementación de estrategias que aumenten la efectividad del proceso de molienda. Su participación es fundamental para entender los desafíos actuales, como los puntos críticos de atascamiento y la necesidad de un sistema de aspiración más eficiente.

2.3-1. Población

La población está conformada por un total de 29 trabajadores en toda la planta de los cuales 6 están en el área de molienda.

Muestra: Tamaño de la muestra y muestreo

La muestra para esta investigación se ha determinado a partir de un enfoque **no probabilístico** por conveniencia, dado que la población total de trabajadores en HARINISA S.A. está conformada por 29 personas. Esta estrategia se justifica debido a la naturaleza limitada de la población y la disponibilidad del personal.

Se seleccionarán todos los 29 trabajadores de la planta, dado que su inclusión permite obtener una visión completa de las operaciones y procesos relacionados con el área

de molienda y aspiración. La decisión de considerar a todos los trabajadores se fundamenta en los siguientes criterios:

- 1. Diversidad de roles:** La muestra abarca diferentes funciones dentro del proceso de molienda, lo que permite un análisis integral de las interacciones y flujos de trabajo.
- 2. Acceso directo a la información:** La inclusión de todos los trabajadores facilita la recopilación de datos relevantes y la identificación de oportunidades de mejora en el proceso.

2.4- Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos en este estudio, se utilizarán diversas técnicas e instrumentos que permitan obtener información relevante sobre el proceso de molienda y aspiración en HARINISA S.A. la principal herramienta será la Business Process Model and Notation (BPMN), que facilitará la representación visual y el análisis de los flujos de trabajo.

➤ **Business Process Model and Notation (BPMN)**

La BPMN es una técnica gráfica estandarizada que permite modelar los procesos de negocio de forma comprensible tanto para los analistas de negocio como para los técnicos. En el contexto de HARINISA S.A., se utilizará para documentar y analizar el proceso actual de molienda, destacando los flujos de materiales, las interacciones entre equipos y los puntos críticos de atascamiento.

La implementación de BPMN implicará la realización de talleres de trabajo con los colaboradores del área de molienda, donde se identificarán y diagramarán las actividades actuales, así como los roles y responsabilidades de cada trabajador involucrado en el proceso.

➤ **Entrevistas y Encuestas**

Se llevarán a cabo entrevistas semiestructuradas con los trabajadores del área de molienda para comprender sus experiencias, desafíos y sugerencias respecto a los procesos actuales. Estas entrevistas ayudarán a identificar áreas específicas que requieran mejoras.

Además, se diseñará una encuesta para recopilar datos cuantitativos sobre la percepción de los trabajadores acerca de la eficiencia y calidad del proceso de molienda. La encuesta incluirá preguntas sobre la frecuencia de atascamientos, la calidad del producto y el uso de recursos.

➤ **Observación directa**

Se realizarán observaciones en el lugar de trabajo para evaluar las operaciones diarias en el área de molienda. Esta técnica permitirá identificar ineficiencias, cuellos de botella y oportunidades de mejoras que pueden no ser evidentes a través de entrevistas o encuestas.

La observación también servirá para validar la información obtenida a través de otros métodos de recolección de datos.

➤ **Revisión Documental**

Se llevará a cabo una revisión de documentos existentes como manuales de operación, registros de producción y reportes de mantenimiento, para obtener una comprensión más profunda del proceso actual y sus limitaciones.

2.5- Confiabilidad y validez de los instrumentos

Los instrumentos de recolección de datos utilizados en este proyecto de investigación, que incluyen la metodología BPMN (Business Process Model and Notation) para la representación y análisis del proceso de molienda, se consideran suficientemente

confiables y válidos debido a su amplia aceptación y uso en estudios similares en el ámbito de la optimización de procesos industriales.

Confiabilidad

La metodología BPMN es un estándar reconocido internacionalmente para la modelación de procesos de negocios, lo que garantiza que los resultados obtenidos a partir de su aplicación sean consistentes. La confiabilidad se evaluará a través de la implementación de pruebas piloto, donde se modelarán procesos de molienda en un grupo reducido de trabajadores antes de la implementación general.

Para (Hidalgo, 2005) la confiabilidad y validez son constructos inherentes a la investigación desde la perspectiva positiva para otorgarle a los instrumentos a y la información recabada, exactitud y consistencia necesarias para efectuar las generalizaciones de los hallazgos, derivadas del análisis de las variables en estudio.

2.6- Ficha de validación del instrumento de investigación juicio del experto

Nombre y apellido del experto
Grado académico
Institución donde labora

Maykel Karolan Ruiz Jirón
Ingeniera
ULSA

Tabla 3

Valoración por el experto

Indicadores de Evaluación del Instrumento	Criterios Cualitativos	Deficiente	Regular	Bueno	Muy buena	Excelente
		(1/10)	(10/13)	(14/16)	(17/18)	(19/20)
		1	2	3	4	5
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y claro					20
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables				18	
3. Actualidad	Adecuado al avance y propósito de la investigación					20
4. Organización	Existe un constructo lógico en los ítems					20
5. Suficiencia	Valora las dimensiones en cantidad y calidad					19

6. Intencionalidad	Adecuado para cumplir con los objetivos trazados					20
7. Consistencia	Utiliza suficientes referentes bibliográficos				17	
8. Coherencia	Entre dimensiones e indicadores				18	
9. Metodología	Cumple con los lineamientos metodológicos					20
10. Pertinencia	Es asertivo y funcional para la ciencia					20
Subtotal					18	20
Total					19	Aceptable

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Interpretación de la validación:

Valoración Cuantitativa (19/20)

Valoración:

19/20

Cualitativa:

Aceptable

Leyenda:

0 - 13 Improcedente

14 - 16 Aceptable con recomendación

17 - 20 Aceptable

Lugar y fecha: León, 10 / 01 / 2025

Firma 

2.7- Procesamiento y Plan de Análisis de la Información

2.7-1. Análisis de la Información

Análisis Cuantitativo

Las encuestas se analizarán utilizando estadísticas descriptivas, como media, mediana y moda, para obtener una visión general de las percepciones de los trabajadores sobre el proceso de molienda. Además, se aplicarán pruebas de correlación para identificar relaciones entre variables, como la eficiencia del equipo y la calidad del producto.

Análisis Cualitativo

Las entrevistas y observaciones se someterán a un análisis temático, donde se identificarán patrones y categorías relevantes. Este enfoque permitirá comprender las percepciones de los trabajadores sobre los problemas y oportunidades en el proceso de molienda.

Integración de Resultados

Los hallazgos del análisis cuantitativo y cualitativo se integrarán para ofrecer una visión holística del proceso de molienda. Se elaborarán gráficos y tablas que visualicen los datos y faciliten la interpretación de los resultados.

2.7-2. Presentación de Resultados

Los resultados se presentarán de manera clara y estructurada, incluyendo tanto estadísticas como citas textuales que respalden los hallazgos. Se elaborarán informes que incluyan análisis gráficos, tablas comparativas y resúmenes de las principales conclusiones obtenidas.

Se realizarán presentaciones para comunicar los hallazgos a los interesados de la empresa, facilitando la toma de decisiones sobre la implementación de mejoras en el proceso de molienda.

Tabla 4

Criterios de selección de muestra

Sección	Descripción
Objetivos del Análisis	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar la eficiencia del proceso de molienda en HARINISA S.A. - Identificar áreas de mejora en el sistema de molienda y aspiración. - Comparar resultados con estándares de la industria.
Metodología	<ul style="list-style-type: none"> - Cuantitativa: Uso de estadísticas descriptivas para analizar la eficiencia de los equipos (OEE). - Cualitativa: Revisión de procesos mediante BPMN y entrevistas a trabajadores para comprender los flujos de trabajo.
Métodos de Análisis	<ul style="list-style-type: none"> - Cuantitativo: Estadísticas descriptivas (frecuencias, medias), análisis de correlación y regresión. - Cualitativo: Análisis temático de entrevistas y observaciones, utilizando software como NVivo.
Triangulación de Datos	Combinación de análisis cuantitativo y cualitativo para validar hallazgos.
Presentación de Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Resultados presentados en gráficos, tablas y diagrama. - Informe

Fuente: Elaboración propia de las autoras

2.7-3. Procesamiento de Datos

Los datos recolectados a través de la metodología BPMN, encuestas y entrevistas serán organizados en bases de datos digitales para su posterior análisis. Este procesamiento incluirá la codificación de respuestas y la limpieza de datos para asegurar su calidad y coherencia.

Se utilizarán herramientas de software, como Microsoft Excel y software estadístico, para facilitar el manejo de la información y realizar cálculos estadísticos necesarios.

2.7-4. Procesamiento y Análisis de datos

El procesamiento y análisis de datos en este estudio se centran en identificar ineficiencias y puntos críticos dentro del proceso de molienda de harina de trigo. Para ello, se utilizarán diversas herramientas y metodologías, como la notación BPMN (Business Process Model and Notation), junto con Bizagi Modeler para el modelado y simulación, y Excel y SPSS para el análisis de datos y métricas clave.

Mapeo y Modelado del Proceso

El proceso será mapeado en detalle utilizando Bizagi Modeler, una herramienta de modelado BPMN que permite representar cada etapa del flujo de trabajo. Este mapeo incluirá desde la recepción del trigo hasta el almacenamiento del producto terminado, documentando tiempos de procesamiento, interacciones entre etapas y posibles puntos de acumulación. Con Bizagi Modeler, se simularán los flujos para visualizar el comportamiento del proceso en distintos escenarios.

Identificación de Cuellos de Botella

A partir del mapeo inicial, se procederá a identificar cuellos de botella mediante simulaciones en Bizagi Modeler, analizando tiempos promedio de cada actividad, capacidad de las máquinas y tasas de rendimiento. Además, se implementará un

análisis gráfico de los datos obtenidos, utilizando Excel para visualizar patrones y posibles áreas de mejora en el flujo de trabajo.

Recolección de Métricas y Evaluación de Desempeño

Se recopilarán las siguientes métricas para evaluar el desempeño del proceso:

- Tiempo de ciclo de cada actividad
- Capacidad de procesamiento de las máquinas en la etapa de molienda
- Costos operativos (consumo de energía en horas hombre)
- Porcentaje de producto rechazado

Los datos recolectados se analizarán en SPSS y Excel para obtener estadísticas descriptivas, identificar patrones de ineficiencia y establecer una línea base para el rendimiento del proceso.

Análisis de Causa y Efecto

Para identificar las causas de los cuellos de botella detectados, se empleará un análisis de causa raíz utilizando diagramas de Pareto y la metodología de los 5 porqués, facilitando el análisis en Excel. Este proceso permitirá identificar factores específicos que impactan la eficiencia en la etapa de molienda, como problemas de mantenimiento, calidad del trigo o limitaciones en la infraestructura.

Priorización de Mejoras y Validación

Se aplicará un análisis de Pareto en Excel para priorizar las áreas que tengan un mayor impacto en la optimización del proceso. Las mejoras propuestas serán simuladas en Bizagi Modeler para validar su efectividad antes de implementarlas en el proceso real. La comparación de métricas entre el estado actual y el estado simulado permitirá validar la viabilidad de las propuestas.

Interpretación de resultados

Finalmente, los resultados obtenidos del análisis en SPSS y Excel serán interpretados en términos de su contribución a la reducción de tiempos de procesamiento, mejora en la calidad del producto y disminución de los costos operativos. Estos hallazgos se presentarán de manera gráfica y descriptiva, proporcionando una base sólida para formular recomendaciones específicas orientadas a optimizar el proceso de molienda de harina de trigo.

Tabla 5

Plan de Análisis de la Información

Fase	Objetivo	Herramienta	Técnica
Mapeo y Modelado del Proceso	Representar visualmente el proceso de molienda, identificando cada etapa del flujo de trabajo.	Bizagi Modeler	Modelado BPMN
Identificación de Cuellos de Botella	Detectar etapas críticas y puntos de acumulación de tareas en el flujo del proceso.	Bizagi Modeler, Excel	Simulación de flujo y análisis gráfico
Recolección de Métricas y Evaluación de Desempeño	Obtener datos clave de desempeño del proceso (tiempos de ciclo, capacidad, costos, rechazos).	SPSS, Excel	Estadística descriptiva
Análisis de Causa y Efecto	Identificar las causas de raíz de ineficiencias y cuellos de botella en el proceso.	Excel	Análisis de Pareto, Diagrama de los 5 Porqués

Priorización de Mejoras y Validación	Simular y validar propuestas de mejora para optimizar el flujo de trabajo.	Bizagi Modeler, Excel	Análisis de Pareto, simulación de escenarios
Interpretación de Resultados	Interpretar los hallazgos y evaluar el impacto potencial de las mejoras en el proceso de molienda.	SPSS, Excel	Análisis comparativo y visualización gráfica

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 6

Operacionalización de las Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Técnicas e Instrumentos
Tiempo de procesamiento	Tiempo total requerido para completar cada etapa del proceso de molienda.	Tiempo medido en minutos u horas para cada etapa del proceso de molienda (preparación, molienda, empaque, etc.).	Tiempo promedio por etapa	Registros de tiempos en planta, observación directa.
Capacidad de maquinaria	Máxima cantidad de producto que la maquinaria puede procesar en un período de tiempo.	Volumen o peso de materia procesada por hora en cada máquina involucrada en la molienda.	Volumen procesado por máquina	Registros de producción, entrevistas con personal técnico.

Tasa de rechazo por calidad	Porcentaje de producto rechazado en el proceso debido a fallos en el cumplimiento de los estándares de calidad.	Medición del porcentaje de harina que no cumple con los requisitos de calidad y es desechada o reprocesada.	Porcentaje de producto rechazado	Inspección de calidad, análisis de informes de control de calidad.
Costo operativo	Costo total incurrido en la operación, incluyendo mano de obra, mantenimiento y consumo de energía.	Costo medido en moneda local asociado a cada etapa del proceso de molienda, calculado mensual o trimestralmente.	Costo por etapa y costo total mensual	Revisión documentas (informes financieros), entrevistas a gerentes.

Fuente: Elaboración propia de las autoras

CAPITULO IV: DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

4.1- Diagnóstico

La optimización de procesos industriales es esencial para incrementar tanto la eficiencia como la calidad de los productos finales. Este diagnóstico se centra en el proceso de molienda de harina en HARINISA S.A., utilizando la metodología Business Process Model and Notation (BPMN) para mapear y representar los flujos de materiales y la interacción de equipos. El objetivo es identificar áreas de mejora clave, como cuellos de botella y tiempos muertos, que actualmente afectan la productividad y elevan los costos operativos.

En el análisis se evalúan la macro y micro localización de la empresa, así como el entorno socioeconómico en el que opera, además la disponibilidad, el rendimiento y la calidad de los equipos, siguiendo el estándar de Eficiencia Operativa de los Equipos (OEE). Con ello, se busca diagnosticar deficiencias como los atascamientos que causan interrupciones en el flujo de producción y desgaste acelerado de los equipos.

4.2- Macro localización

La empresa HARINISA S.A., dedicada principalmente a la producción de harina de trigo, se encuentra estratégicamente ubicada en el departamento de León, Nicaragua. La planta se localiza específicamente en el kilómetro 91.8 de la carretera que conecta a León con Managua, facilitando la distribución de sus productos en toda la región occidental y el acceso al mercado nacional. Además, HARINISA forma parte de la corporación Agrosa, la cual también incluye una planta procesadora en Managua, lo que le permite abarcar un área de influencia considerable dentro del país, tanto en el mercado de harinas como en otros productos alimenticios y panaderos.

Esta macro localización es estratégica, ya que León es un centro logístico y productivo en Nicaragua, ofreciendo ventajas en términos de infraestructura vial, cercanía a centros de distribución y un suministro estable de recursos necesarios para la producción industrial. Además, esta ubicación permite a HARINISA beneficiarse de la proximidad a centros de demanda de panaderías y empresas de alimentos que requieren harina de trigo de alta calidad para sus productos.

Figura 5

Macro localización de HARINISA S.A



Fuente: Google Maps

4.3- Micro localización

La planta de Harinisa S.A. se encuentra estratégicamente localizada en el Parque Industrial de León, en las afueras de la ciudad, un sitio seleccionado por sus ventajas

logísticas y de infraestructura. Situada en el Km 92½ de la carretera León-Chinandega, su ubicación permite un acceso rápido y eficiente a las principales rutas de transporte terrestre, favoreciendo tanto la distribución de productos a nivel nacional como la logística para exportaciones.

Los límites de la planta incluyen, al norte, caseríos y terrenos baldíos; al sur, las instalaciones industriales de AGROSA e INDEGRASA; al este, la bodega de afrechos de NUTRISA; y al oeste, áreas verdes y el derecho de vía de la Carretera Circunvalación. Sus coordenadas geográficas son:

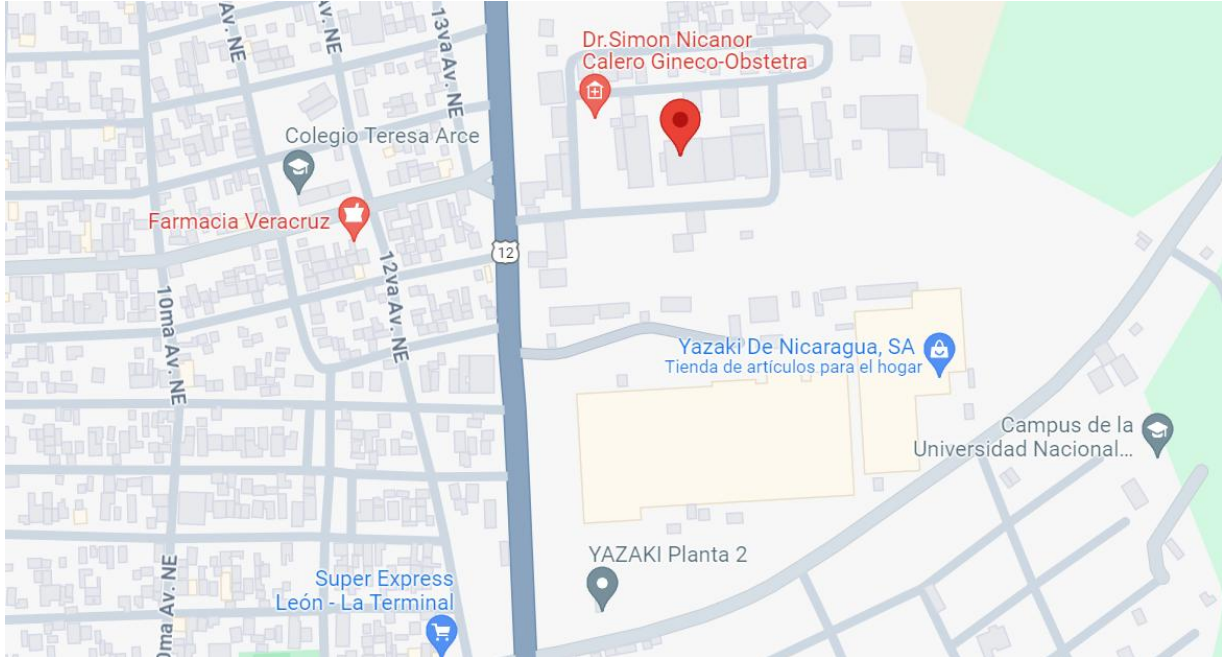
- Latitud: 12.4342° N
- Longitud: 86.9017° O

La localización dentro del parque industrial asegura que la planta cuente con servicios esenciales como agua, electricidad, telecomunicaciones y transporte público, todos bien desarrollados en la zona, lo cual garantiza el funcionamiento continuo y eficiente de las operaciones de Harinisa S.A. Además, este entorno industrial proporciona un ambiente favorable para la manufactura, ya que se beneficia de regulaciones y servicios adaptados a las necesidades de las empresas del sector.

La proximidad de Harinisa S.A. a otras empresas manufactureras en el parque industrial también fomenta posibles colaboraciones y sinergias en la cadena de suministro, lo cual contribuye al desarrollo empresarial y al fortalecimiento de su competitividad en el mercado.

Figura 6

Micro localización de HARINISA S.A



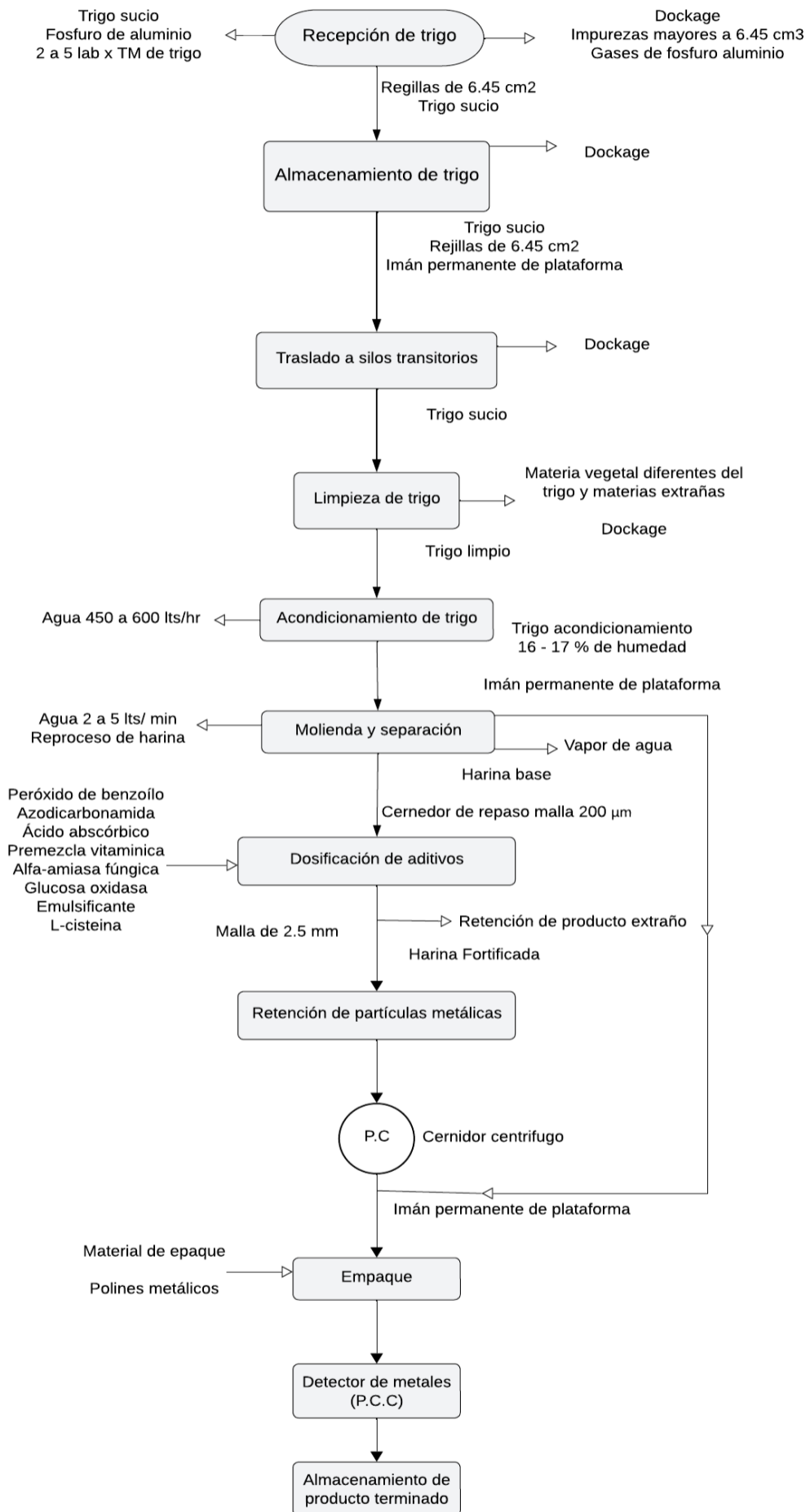
Fuente: Google Maps

4.4- Aspecto Económico

HARINISA S.A. es una empresa dedicada a la producción de harinas, un sector fundamental en la economía global. La industria de la harina no solo garantiza la disponibilidad de los alimentos básicos, sino que también genera empleo y contribuye significativamente al comercio internacional. La producción y procesamiento de harina crea valor agregado y fomenta la creación de cadenas de suministro que incluyen la agricultura, el transporte, la manufactura y la distribución. Actualmente, la empresa produce, distribuye a nivel nacional y exporta varios tipos de harina con destinos como Costa Rica y Honduras. Su misión incluye ofrecer productos de alta calidad a precios competitivos, mientras optimiza costos y gestiona la sostenibilidad ambiental.

Figura 7

Flujograma de Proceso



Fuente: Harinisa S.A, 1995

4.5- Descripción del proceso productivo de harina en HARINISA S.A.

Recepción y almacenamiento

El trigo es recibido a través del puerto de Corinto, y es transportado a planta por camiones con rastras, los cuales descargan en una fosa, protegida con rejillas de 0.50 pulg², evitando la filtración de impurezas mayores. En la parte baja de la fosa está un transportador helicoidal que traslada el trigo al elevador de cangilones, el cual descarga en transportadores de cadenas los que a su vez descargan en los silos.

Existen siete silos de almacenamiento, son cuatro silos de 1250 TM, uno de 2200 TM, uno de 2600 TM y uno de 3,000 TM para un total de 12,800 TM.

Limpieza

El trigo almacenado es fumigado con dosis de cuatro gramos de fosfinas por cada tonelada de trigo.

En todos los elevadores y máquinas de limpieza siempre hay presente presiones negativas de aire, por medio de las cuales separamos el polvo e impurezas livianas. De los silos externos es halado a los silos internos A, B y C con capacidades de 24 TM cada uno, y de estos es enviado al proceso de limpieza con un flujo de 10 TM/Hr

El trigo enviado a limpieza atraviesa un separador magnético que separa impurezas ferrosas, posteriormente es transportado hasta el sexto piso por medio de un elevador de cangilones.

En el sexto piso entra a las tararas, que es un equipo de limpieza que trabaja bajo el principio de pantallas deflectores con presencia de presiones negativas de aire, extrayendo polvos e impurezas livianas; a continuación pasa por medio de gravedad al quinto piso, entrando al Vibroblock, el cual es un cribador clasificador, que realiza separaciones de impurezas mayores de 6mm de diámetro y menores de 2.5mm de

diámetro; después pasa el cuarto piso, pasando por la despedregadora clasificadora, que bajo el principio de diferencia de densidades realiza las separaciones de piedras impureza de mayor densidad que el trigo, además de separar trigo liviano y pesado. Luego entra a la tarara que por circulación de aire extrae las impurezas livianas.

En el tercer piso pasa por el triaverjone, la cual clasifica las impurezas de distintas formas geométricas del trigo; trabajo realizado por medio tambor con muescas de la forma geométrica del trigo; finalmente pasa por el segundo piso entrando a los triaverjones de repaso se encargan de realizar la última selección conforme las formas geométricas del trigo.

Acondicionamiento de trigo

En el primer piso pasa a un elevador que lo traslada al cuarto piso para pasar a la adición de agua, aquí por medio de un rociador intensivo que posee un sensor que mide la humedad con la que ingresa el trigo, se adiciona del 2.4% al 3.8% de agua, para obtener una humedad entre el 15.5 y el 16.8% la cual es la humedad óptima de molienda para el trigo duro y de 14 al 15% para el trigo suave.

Para lograr una humedad homogénea el trigo es enviado a uno de los nueve silos de reposo, por un tiempo de 24hrs para trigo duro y 8 horas para el trigo suave, después de este tiempo es enviado a molienda.

El trigo a humedad ambiente 12.75%, posee un afrecho quebradizo, el endospermo requiere de una fuerza mayor para la fracturación; con la humectación el afrecho es más resistente al trabajo mecánico y el endospermo requiere de menor fuerza, de esta manera se facilita la separación de afrecho - endospermo.

Con el acondicionamiento del grano:

- Se facilita la separación del salvado del endospermo.
- Se aumenta la tenacidad del salvado evitando su pulverización.

- Se facilita la posterior desintegración del endospermo.
- Se consigue un cernido más fácil y eficiente.
- Ahorro de energía por el grano más blando.

Molienda

Una vez que el trigo tiene 24 horas de reposo con una humedad homogénea, es enviado al proceso de molienda, cuyo objetivo principal es separar la capa de afrecho del endospermo, y seguidamente, transformar el endospermo en harina.

Se transporta el trigo hasta el sexto piso, por medio de un elevador, entrando a un separador magnético, y después por medio de gravedad pasa al quinto piso a una centrifugadora, el objetivo de esta máquina es la eliminación de cualquier eventual presencia de infestación o presencia de algún insecto que se halla incorporado en el trigo.

Posteriormente pasa al cuarto piso a una pulidora de trigo húmedo, extrayendo grietas adheridas; después pasa al tercer piso a un atomizador de agua cuya función es ablandar aún más el afrecho, descargando a una tolva pulmón que nos permite un segundo reposo de 20 minutos, la cual alimenta a una báscula de flujo continuo, ubicada en el segundo piso, y esta alimenta al primer molino de trituración (T1) con un flujo de 7300kg/Hr.

El proceso de molienda está compuesto por tres tipos de molindas llamadas trituración, disgregación y compresión; el sistema de trituración está compuesto por seis molinos, llamados T1, T2, T3, T4 grueso, T4 fino y T5; la disgregación está compuesta por tres molinos llamado D1, C1 y C2; y la compresión por seis molinos llamados C3, C4, C5, C6, C7 y C8.

Cernido

Todo el producto descargado por cada molino es transportado por presiones negativas de aire a su respectivo cernido, cada molino tiene su propio cernedor y cada cernedor hace su distribución de producto de acuerdo con la clasificación por el tamaño y grado de contaminación.

El sistema de trituración es la operación más importante desde el punto de vista del rendimiento y control de calidad, cuyo objetivo principal de las tres primeras roturas es abrir el grano de trigo y romper la masa de endospermo, y la función de las dos últimas roturas es raspar lo que queda de endospermo para separarlo del afrecho. La separación total del afrecho es muy difícil, nunca es posible retirar completamente todo el afrecho, sin pulverizar aunque sea una pequeña cantidad que se mezcla con el endospermo, este material afecta la calidad de la harina y hace aumentar el contenido de cenizas, por lo cual las sémolas obtenidas son enviadas a los molinos de disgregación y una parte a purificación, la cantidad de estas varían en dependencia de la calidad del trigo, una vez que pasan el molino D1 son enviadas al sistema de purificación de sémolas, que es el encargado de separarlas del afrechillo y seleccionarlas de acuerdo al tamaño.

El afrecho de mayor tamaño, llamado salvado y el afrecho fino, llamado salvadillo, obtenido del cernedor de la quinta trituración, son enviados respectivamente a una cepilladora para extraerle el endospermo no desprendido durante el proceso de trituración. El salvado y salvadillo saliente de las cepilladoras, es enviado a las tolvas de empaque y esta mezcla de afrecho es llamada millrum.

Una vez obtenida la purificación de sémolas, de acuerdo con el grado de pureza, son enviadas a los molinos de compresión cuyo objetivo principal es moler el endospermo en harina del grado de finura deseado y con una granulación tan uniforme como sea posible, sin dañar de manera excesiva los gránulos de almidón.

Empaque y almacenamiento

De todos los cernedores se obtiene una corriente de harina, las cuales son mezcladas y enviadas a un cernido de repaso, después es transportada al proceso de dosificación de aditivos (mejorantes de harina) y posteriormente a la tolva de empaque para su almacenamiento. La harina es empacada en presentaciones de 45.36 Kg, 25kg y 11.34 Kg. El millrum es empacado en sacos de 41.4 Kg y salvado en 45.36 kg.

El rendimiento del trigo obtenido en harina es del 75%, el cual estará en función de la calidad deseada. La granulometría de la harina oscila entre 102 a 130 micrones.

Tabla 7

Presentaciones de Harinas y Afrecho

Nacionales	Presentación
Ricarina multiusos	45.36 y 11.34 kg
Harina Primaharina Especial	45.36 y 11.34 kg
Super Star Multipropósito	11.34 kg y 25 lb
Harina Integral	11.34 kg
Harina Gold Star	11.34 kg
Afrecho	45.36 kg

Exportaciones	
Harina Super Star Multipropósito	25 k
Harina Super Star Suave	25 k
Super Star Especial Pizza	25 k

Fuente: Elaboración propia de las autoras

4.6- Identificación de riesgos

Ambientales

La operación de HARINISA S.A. depende de un sistema de aspiración para el control de partículas y polvo, necesario para cumplir con las normas de higiene y minimizar el impacto ambiental. Sin embargo, el desgaste de los equipos y la falta de eficiencia pueden incrementar el desperdicio de materiales y consumo energético, elevando así su huella ambiental.

Económicos

Los atascos y tiempos muertos en el proceso de molienda incrementan los costos operativos, afectando la rentabilidad. Estas ineficiencias no solo limitan la capacidad de producción, sino que también generan costos adicionales de mantenimiento y reparaciones, además de pérdidas económicas por la subutilización de la capacidad instalada. También existe la posibilidad de que el proyecto no cumpla con las expectativas de Retorno de Inversión (RTO) debido a imprevistos o fallos en la implementación.

Social

La ubicación de la planta, cerca de áreas habitadas y otras industrias, implica que cualquier emisión o ruido excesivo podría afectar a la comunidad vecina, generando posibles conflictos o quejas. HARINISA debe mantener estándares operativos que garanticen un impacto mínimo en las comunidades cercanas para evitar conflictos.

Laboral

Los problemas de eficiencia afectan también al personal, que enfrenta una mayor carga laboral para resolver fallos en el sistema. Esta sobrecarga aumenta el riesgo de errores, afectando la seguridad y las condiciones de trabajo. La resistencia al

cambio en la implementación de mejoras también es un obstáculo relevante, ya que puede dificultar la adaptación de los empleados a nuevos procesos.

4.7- Herramientas de Análisis

Tabla 8

Áreas generales de Producción

GRÁFICA	ETAPAS GENERALES	ÁREAS
	RECEPCIÓN	Recepción Pre – Limpieza Almacenaje Limpieza
	ACONDICIONAMIENTO	Humectación Reposo
	MOLIDO Y CERNIDO	Molienda Cernido Purificado Dosificado
	EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO	Envasado Bodega de Producto Terminado

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Definidos los procesos críticos en la producción y agrupados de manera general se emplea la técnica de lluvia de ideas “brainstorming” con el tema: “Los defectos que se originan en el proceso de producción de Harina de Trigo, están afectando a la calidad de estos lo que genere paradas no programadas dentro del proceso, generando incumplimiento de las metas establecidas”. Al aplicar dicha herramienta BPMN se obtuvo una lista de ideas de fallos en cada una de las etapas de producción desde recepción de materia prima hasta empaque y almacenamiento.

Se aplica la herramienta 5W – 1H para conocer de manera profunda la situación actual del proceso de molienda que se presenta en el proceso productivo de la harina de trigo (tabla 8, tabla 9, tabla 10, tabla 11). Esta herramienta se aplica al jefe de área de producción y a los operarios que están de turno en cada una de las áreas antes mencionadas, permitiendo así detallar los diferentes problemas principales de atascamiento tomando medidas como un reproceso en la molienda.

Tabla 9

5H - 1H Empleado en el área de recepción

RECEPCIÓN							
PREGUNTA	RESPUESTA	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	
What - Qué	¿Que causa los problemas de calidad en la recepción?	El transporte inadecuado de la carga	Porque los camiones de transporte no están equipados para trasportar productos a granel.	Porque desconocen normativas a cerca de transporte de producto a granel	Porque el estado no obliga cumplir con estas normativas de transporte	Porque desconocen de parámetros acerca de salubridad de productos.	Porque los clientes no realizan quejas constantes del producto recibido.
		La estandarización inadecuada de recepción de materia prima	Porque realizan la recepción de materia prima por experiencia	Porque se confían que el producto recibido es de buena calidad	Porque observan las fichas y guías de transporte que viene en cada carga	Porque aparentemente el trigo cumple con las especificaciones necesitadas.	Porque es importado desde países extranjeros.

Who – Quién ¿Quiénes están inmiscuidos en los problemas de calidad	Los proveedores de trigo	Porque son los que proporcionan de materia prima a la planta de producción	Porque el trigo que ellos venden tiene muchas quejas e infirmitades.	Porque no almacenan bien antes de ser distribuido	Porque sus instalaciones no cumplen con las indicaciones de almacenamiento o adecuadas	Porque suponen que el trigo que almacenan no sufre variaciones ni daños por el excesivo tiempo de almacenamiento
	Los transportistas	Porque son los que desplazan el grano desde el proveedor hacia la planta.	Porque manipulan constante el trigo	Porque deben embarcar en los camiones de transporte.	Porque deben entregar el pedido de trigo hacia el cliente.	Porque es un pedido solicitado por el cliente que necesita.
	El personal de la empresa	Porque son los encargados de determinar la calidad y de procesar el trigo que reciben	Porque es su responsabilidad de reportar cualquier novedad en caso de presentarse averías.	Porque ayudan a garantizar que el producto final sea garantizado desde que se recibe la materia prima.	Porque en caso de variaciones o quejas afectan directamente a la economía y al nombre de la empresa.	Porque significa rechazos de lotes de materia prima y problemas con los proveedores

Where – Dónde	¿Dónde ocurren dichos problemas?	En el área de recepción de materia prima	Porque aquí se deposita el lote trigo que viene desde las graneleras	Porque cuenta con algunos equipos de limpieza y almacenamiento del grano	Porque algunos de ellos están defectuosos en malas condiciones	Porque no reciben un mantenimiento preventivo	Porque se descuidan y por ende causan retrasos en el proceso.
When – Cuándo	¿Cuándo ocurren dichos problemas?	Cuando se reportan arribos de lotes de trigo	Porque generalmente llegan en la noche	Porque los operarios en cargados de recepción están agotados	Porque no se puede observar con claridad las condiciones en las que llega el lote de trigo	Porque son grandes cantidades de trigo que arriban a la planta	Porque al tomar las muestras no lo hace de manera uniforme
How – Cómo ocurre	¿Cómo ocurren los problemas?	Al adquirir trigos de diferentes proveedores	Porque generalmente llegan en la noche	Porque los operarios en cargados de recepción están agotados	Porque no se puede observar con claridad las condiciones en las que llega el lote de trigo	Porque son grandes cantidades de trigo que arriban a la planta	Porque al tomar las muestras no lo hace de manera uniforme
		Al tomar muestras de	Porque generalmente	Porque los operarios en cargados de	Porque no se puede observar con claridad	Porque son grandes cantidades de trigo que	Porque al tomar las muestras no lo hace de

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad
¡Somos la universidad para la gente que triunfa!*

		análisis incorrectas	e llegan en la noche	recepción están agotados	las condiciones en las que llega	arriban a la planta	manera uniforme
		Adquiriendo trigo de proveedores certificados	Porque generalment e llegan en la noche	Porque los operarios en cargados de recepción están agotados	Porque no se puede observar con claridad las	Porque son grandes cantidades de trigo	Porque al tomar las muestras no lo hace de manera uniforme
How – Cómo resolverlo	¿Cómo podríamos solucionar estos problemas?	Realizar mantenimiento de equipos de recepción de materia prima	Porque generalment e llegan en la noche	Porque los operarios en cargados de recepción están agotados	Porque no se puede observar con claridad las condiciones en las que llega el lote de trigo	Porque son grandes cantidades de trigo que arriban a la planta	Porque al tomar las muestras no lo hace de manera uniforme

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 10

5W - 1H Empleado en el área de acondicionado

ACONDICIONADO						
	PREGUNTA	RESPUESTA	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
What - Qué	¿Qué factores afectan el tiempo de acondicionamiento del trigo?	El exceso de agua en el acondicionado	Porque se necesita acondicionar el trigo	Para mejorar sus propiedades químicas	Porque permiten una mejor preparación para el molido	Porque permiten conservar la calidad hasta obtenerse el producto final
		Condiciones de trigo inadecuadas	Porque tiene problemas de composición.	Porque hubo fallos en la etapa de pre-limpieza y limpieza	Porque los equipos de dicha área presentaron fallos	Porque existe falta de mantenimiento
Who – Quién	¿Quiénes son responsables de supervisar y operar en esta etapa?	El personal de acondicionado	Porque son los encargados de controlar dicho proceso	Porque están en constante inspección y recolección de la muestra para el análisis	Porque deben informar cualquier problema que se presente	
			Porque son los encargados de los mantenimientos	Porque ellos conocen las maquinarias del	Porque saben cómo utilizar los equipos y	Porque pueden tomar decisiones que eviten los

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad
¡Somos la universidad para la gente que triunfa!*

		El equipo que realiza mantenimiento	preventivos dentro de la empresa	proceso dicha etapa	maquinaria del proceso.	problemas detectados
Where – Dónde	¿Dónde se presentan las mayores áreas de congestión o acumulación?	En los silos de reposos del grano	Porque aquí se deposita el lote trigo que viene desde las etapas previas	Porque existen cambios bruscos de temperatura	Porque la estructura de los silos no cumple con condiciones adecuadas	Porque las instalaciones de la propia planta son longevas
When – Cuándo	¿Cuándo es más probable que ocurran problemas en el acondicionamiento?	¿Cuándo es más probable que ocurran problemas en el acondicionamiento?	¿Cuándo es más probable que ocurran problemas en el acondicionamiento?	¿Cuándo es más probable que ocurran problemas en el acondicionamiento?	¿Cuándo es más probable que ocurran problemas en el acondicionamiento?	¿Cuándo es más probable que ocurran problemas en el acondicionamiento?
How – Cómo ocurre	¿Cómo impactan los atascos o paradas en esta etapa en el proceso general de molienda?	Se retrasa el flujo del trigo hacia las siguientes etapas	Interrumpen el proceso de humectación y ajuste de temperatura.	No tienen un sistema eficiente para manejar el flujo constante de materia prima.	Falta de mantenimiento preventivo o actualizaciones tecnológicas.	La empresa no ha asignado suficientes recursos a la mejora de la infraestructura y el mantenimiento de la maquinaria.

		Adquiriendo trigo de proveedores certificados	Porque generalmente llegan en la noche	Porque los operarios en cargados de recepción están saturados	Porque no se puede observar con claridad la limpieza del trigo	Porque son grandes cantidades de trigo
How – Cómo resolverlo	¿Cómo podríamos solucionar estos problemas?	Planificar el acondicionado del trigo	Porque se puede monitorear en tiempo real el rendimiento	Porque permitirá identificar problemas antes de que causen atascos o paradas prolongadas	Porque permitirá Cumplir con el tiempo establecido del grano	Porque evitar problemas al final del producto

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 11

5H - 1H Empleado en el área de molino y cernido

MOLINO Y CERNIDO							
PREGUNTA	RESPUESTA	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
What - Qué	¿Que causa los problemas de calidad en la recepción?	Equipos de molienda defectuosos	Porque hay constante fricción entre cilindros de molienda.	Porque existe falta de mantenimiento de quipos de molienda.	Porque no se han planificado dichos mantenimientos	Porque ubo desinterés por parte del personal	
		Cernido de harina inadecuado	Porque los tamices de cernido están desgastados	Porque hay constante vibración del equipo Plansifters	Porque existe falta de mantenimiento de dichos equipos	Porque no se llevan planificaciones de mantenimiento	Porque la constante utilización de equipos en dicha área
Who – Quién	¿Quiénes están inmiscuidos en los problemas de calidad	El personal de mantenimiento de equipos de molido y cernido	Porque son los que necesitan llevar un	Porque en el caso de averías son los responsables de dar solución	Porque quizá no cuenten con todas las prestaciones por parte	Porque existe desinterés por parte de gerencia de la empresa	

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad
¡Somos la universidad para la gente que triunfa!*

			control de equipos	inmediata	de la empresa	
		Los molineros	Porque son los encargados de inspeccionar visualmente la calidad de molido del grano	Porque son los primeros en detectar cualquier problema en dicho proceso	Porque son los principales involucrados en dicha área de producción	Porque ellos (molineros) pudieron cometer errores de operación
						Porque desconocen de los errores que pueden generar su desconocimiento
Where – Dónde	¿Qué problemas o atascos surgen?	Porque los rodillos acumulan material debido a desgaste o mala calibración.	Porque no se realiza mantenimiento preventivo de forma adecuada.	Porque el personal no lleva un registro adecuado	Porque no hay un programa definido o seguimiento riguroso.	Porque el personal no está capacitado para el control y manejo del programa
When – Cuándo	¿Cuándo ocurren dichos problemas?	En los molinos de rotura y estriados	Porque aquí se tritura el grano de trigo en harina (polvo blanco)	Porque existe constante fricción entre los cilindros de la máquina	Porque no llevan un control e inspección planificado de dichos equipos	Porque es la parte esencial del proceso de producción

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad
 ¡Somos la universidad para la gente que triunfa!*

How ocurre	–	Cómo	¿Cómo ocurren los problemas?	Ocurren al presentarse trigo demasiado duro	Porque hubo problemas externos de materia prima (cultivo y cosecha)	Porque no se realizado un proceso de acondicionado adecuado	Porque hubo fallos en las máquinas del proceso productivo	Porque no se realizaron procesos de mantenimiento a equipos y maquinaria
How resolverlo	–	Cómo	¿Cómo podríamos solucionar estos problemas?	Implementando planes de mantenimiento	Porque ayudan a conocer cuando un equipo necesita mantenimie nto	Porque evitaran para indeseables y perjudiciales	Porque evitarán errores de calidad en el proceso productivo	Porque logrará mantener el prestigio y garantía de la empresa en el mercado nacional
				Revisando periódicamente las etapas de molido y cernido	Porque evitara que el producto se procese con fallos	Porque disminuirá la variabilidad de dicho proceso	Porque ayudara a reducir quejas y fallos en la última etapa del proceso productivo	

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 12

5H - 1H Empleado en el área de envasado

ENVASADO							
PREGUNTA	RESPUESTA	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	
What - Qué	¿Que causa los problemas de atascos en el pesaje, sellado y transporte de empaques?	Porque los sensores de peso no funcionan correctamente.	Porque están descalibrados o tienen acumulación de residuos. (harina de trigo)	Porque no se realiza un mantenimiento preventivo adecuado.	Porque no tienen procedimientos estandarizados para realizar dicha actividad	Porque los operarios no han recibido capacitaciones sobre manejo de producto personal	Porque la gerencia no ha sido alertada sobre dicha actividad.
		Variabilidad con respecto a las especificaciones requeridas por el cliente	Porque hubo problemas en las atapas previas del proceso	Porque no se realiza control de los parámetros necesarios para garantizar la calidad del producto	Porque hubo problemas de acondicionamiento y molienda por razones comunes que suelen suceder en el proceso.	Porque no realizar inspecciones necesarias del producto en proceso	Porque existen descuidos y confianza en equipos del proceso.

Who – Quién	¿Quiénes están inmiscuidos en los problemas de envasado?	El personal de la empresa (empacadores, molineros, etc.)	Porque son los encargados de controlar todo el proceso productivo	Porque inspeccionan cada etapa, con la finalidad de que se cumpla con los parámetros establecidos	Porque ignoran cualquier problema que observen, generando consecuencias futuras	Porque desconocen del estado en que se encuentran la maquinaria que están operando
		En el empaquetado y pesado de producto final	Porque aquí se evalúan todos los parámetros tanto físicos como químicos de la harina	Porque si presentan variación sobre dichos parámetros, el producto es de mala calidad	Porque su cumplimiento o generaría quejas de los clientes y pérdidas de prestigio en el mercado	Porque representaría grandes pérdidas económicas para la empresa
Where – Dónde	¿Dónde ocurren dichos problemas?	En el laboratorio de análisis	Porque los analistas evalúan la calidad de la harina	Porque los equipos de medición del laboratorio no están calibrados adecuadamente.	Porque el cronograma de mantenimiento del laboratorio no se alinea con las demandas operativas del proceso	Porque no hay una coordinación directa entre el laboratorio y el área de producción para priorizar las revisiones.

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad
 ¡Somos la universidad para la gente que triunfa!*

						de envasado.
When – Cuándo	¿Cuándo ocurren dichos problemas?	Porque la maquinaria de envasado trabaja a un ritmo elevado para cumplir con la demanda	Porque no se implementa una planificación adecuada para manejar la producción en picos	Porque no se prevén de manera precisa los volúmenes de producción	Porque hay una falta de coordinación entre el área de producción y mantenimiento para establecer tiempos	Porque los procedimientos operativos no están claramente definidos y no se tiene una comunicación fluida
How – Cómo ocurre	¿Cómo ocurren los problemas?	La mayoría ocurre por etapas anteriores variables	Porque hay apuro por parte de los operarios de envasado	Porque no existen procedimientos estandarizados para actividades en dicha área de producción	Porque la empresa ha descuidado estandarizar los procesos que deberían tener una guía clara para los operarios.	Porque no tienen personal para realizar dicha actividad.

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Análisis y discusión de resultados

Tras la aplicación de la técnica de las 5W – 1H en cada una de las áreas del proceso de producción se determina que:

En el área de recepción de materia prima los principales problemas de calidad se dan por el transporte inadecuado del trigo por parte del transportista y los procesos de descarga no estandarizados por el personal que labora en dicha área esto sucede de manera prolongada cuando la materia prima arriba hacia la planta de producción, pues cada arribo es reportado de cada proveedor que se adquiere, y al momento de ser descargado en la planta los trigos son mezclados dificultando la toma de muestra uniformes que indiquen específicamente la calidad física – química emitida por el laboratorio de análisis. Una solución al problema sería que la adquisición de materia prima se lo haga a proveedores certificados, evitando la compra de trigo a productores que no cumplen con requisitos de transporte, y en caso de presentarse estos proveedores dar una capacitación adecuada y un mantenimiento a los equipos de recepción de materia prima (báscula de pesado, rejillas, silos, etc.).

En el área de acondicionamiento de trigo, el principal problema identificado es el exceso de suministro de agua al grano, lo cual afecta negativamente tanto la calidad del trigo como la eficiencia del proceso de molienda. Según las entrevistas y observaciones realizadas como la causa raíz de este problema radica en la falta de control adecuado en la humectación del grano. Los involucrados, en su mayoría operadores del área, no realizan un seguimiento adecuado de la cantidad de agua suministrada. Esta falta de control genera una concentración de humedad en el grano durante los períodos de reposo en los silos, lo que podría favorecer la formación de plagas y malos olores, comprometiendo la calidad del trigo, y como consecuencia, afectando la calidad del producto final.

En el área de molino y cernido los problemas de calidad se dan por los equipos de molienda defectuosos y los métodos de cernido inadecuados los que ocurren por una inspección deficiente del personal como molineros y operarios de cernido los cuales

omiten algunas variaciones cuando inspeccionan visualmente la calidad de molino y cernido. Estos problemas ocurren en los molinos lisos y de estrías pues la constatación de fricción entre los cilindros de estos equipos provoca el desgaste que con el tiempo no desgranar completamente el grano de trigo, y cuando este grano pasa a la siguiente fase (cernido) los Plansifter no ciernen completamente el producto pues los tamices incorporados en la parte interna de estos están rotos o desgastados permitiendo el paso de partículas de diferentes diámetro, se debe a varios factores, entre los que se destacan el desgaste de las piezas del molino, la acumulación de partículas no molidas y la falta de calibración de los equipos para adaptarse a las variaciones en el tamaño del grano o la humedad del trigo. Estos atascos generan paradas frecuentes y retrasos en la producción, lo que afecta la eficiencia global del proceso. Una manera de disminuir la frecuencia de estos problemas es llevar un plan de mantenimiento de estos equipos, pues es así como se logrará conocer cuando estos equipos están desgastados para inmediatamente darle atención correspondiente.

El área de envasado es crucial para el proceso de producción de harina de trigo, ya que asegura el producto final se encuentre correctamente acondicionado para la venta y distribución. Sin embargo, esta etapa enfrenta varios problemas que impactan la eficiencia y calidad del producto, principalmente los atascos y fallos en el pesaje, sellado y transporte de empaques. **Atascos durante el pesaje:** Los equipos de pesaje pueden verse obstruidos o funcionar de manera inexacta, lo que ocasiona paradas frecuentes y mal uso del tiempo en la línea de producción. Estos problemas incluyen:

Fugas o fallos en el sellado de los empaques: La máquina de sellado puede no estar funcionando correctamente, lo que lleva a un sellado deficiente y, por lo tanto, a una mayor tasa de empaques defectuosos.

Retraso en el transporte de empaques a las áreas de almacenamiento: El mal funcionamiento de los transportadores o sistemas automáticos de transporte puede generar cuellos de botella que ralentizan el flujo de proceso.

Al tomar las muestras de harina representativa a la cantidad que se produce esta presenta variabilidad con respecto a las especificaciones requeridas y empleada (NTON 03096 – 11) que se dan por problemas acarreados durante todas las etapas de producción, además del peso de cada unidad por razones como toma de lecturas erróneas de parte del operador o descalibrado del equipo de pesado cuando se realizan las pruebas de laboratorio al producto se verifica cada uno de los parámetros (humedad, gluten, proteína, etc.), pues estos nos ayudan a que la harina al ser transformada en otros productos cumpla con requerimientos nutricionales.

Implementación de un mantenimiento estructurado: Establecer un programa de mantenimiento regular para asegurar que los equipos de pesaje, sellado y transporte estén operando de manera óptima. Esto debe incluir inspecciones periódicas y la sustitución o reparación de piezas antes de que se desgasten completamente.

Automatización y monitoreo continuo: Introducir tecnologías de monitoreo continuo en el área de envasado para detectar cualquier anomalía de forma temprana y evitar paradas imprevistas. Los sensores de peso y los sistemas de sellado automáticos pueden ser útiles para detectar fallos sin necesidad de intervención manual.

Capacitación continua del personal: Proporcionar capacitación periódica a los operarios del área de envasado para que sean capaces de identificar posibles fallos y solucionar problemas menores rápidamente, así como optimizar la operación del equipo.

Revisión de los equipos y su calibración regular: Asegurarse de que todos equipos de pesaje y sellado estén correctamente calibrados antes de cada jornada laboral, y realizar revisiones constantes para mantenerlos en buen estado de funcionamiento.

Los problemas del proceso de envasado en HARINISA S.A. están claramente relacionados con la falta de mantenimiento preventivo, la falta de automatización y la capacitación insuficiente del personal. Al implementar un programa de mantenimiento regular, optimizar la logística de envasado y mejorar las herramientas de monitoreo,



se podrá mejorar significativamente la eficiencia de esta etapa y reducir los costos asociados con los fallos operativos. Esto contribuirá no solo a una mayor productividad, sino también a la mejora de la calidad del producto final. Y a la reducción de pérdidas.

CAPITULO V: ESTUDIOS DE INGENIERÍA

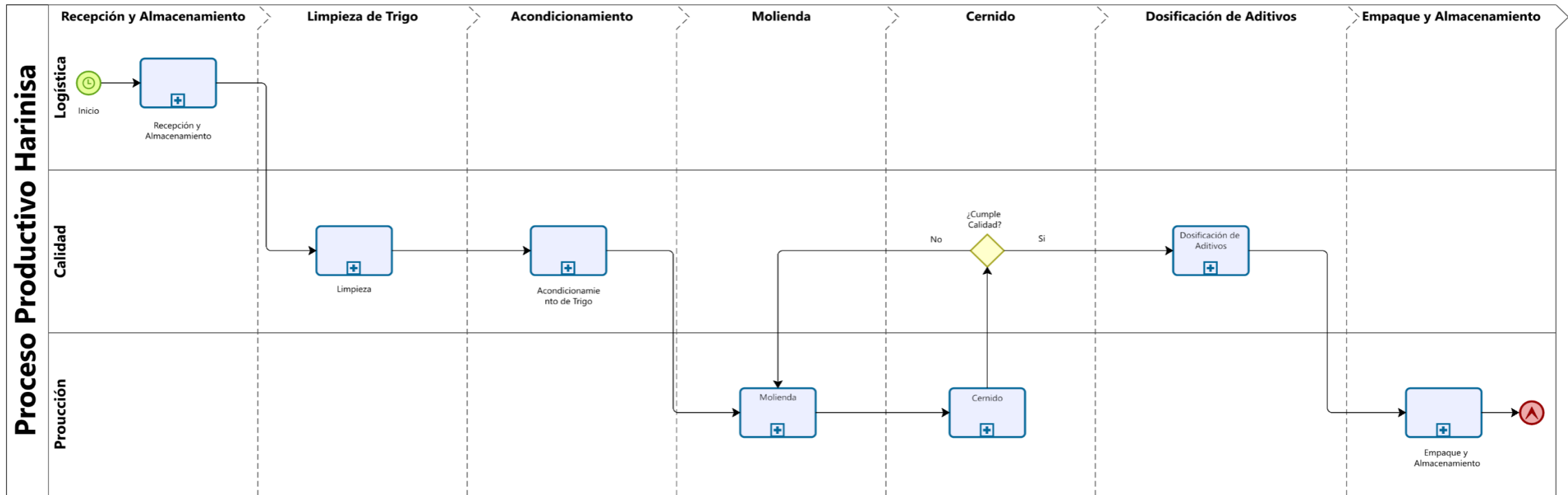
En el capítulo IV, se presenta un análisis detallado del proceso de producción de harina, desde la recepción del trigo hasta su empaque y almacenamiento final. Para llevar a cabo este diagnóstico, se realiza un levantamiento exhaustivo de los procesos involucrados en cada etapa de la producción, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora, optimización y control en las distintas áreas.

El proceso de producción de harina involucra una serie de actividades interrelacionadas, que van desde la recepción del trigo hasta la entrega del producto final para su distribución. Para facilitar la comprensión y el análisis de estas etapas, se utilizará la herramienta BPMN (Business Process Model and Notation), que permite modelar de manera visual los procesos de manera clara y precisa. Esta herramienta será aplicada para detallar las actividades de cada participante involucrado, así como los flujos de comunicación entre ellos.

A continuación, se describirá el proceso modelado utilizando BPMN, abarcando desde la recepción del trigo hasta el empaque y almacenamiento del producto final. En cada fase, se identificará la interacción entre actividades, los responsables y los posibles cuellos de botella o puntos críticos que podrían impactar la eficiencia y la calidad del producto. Este análisis servirá como base para la propuesta de mejoras en el flujo de trabajo y en la optimización de los procesos en el área de producción de harina.

Figura 8

Proceso de producción de harina en Harinisa S.A



Powered by
 bpmn.io
 Modeler

Fuente: Elaboración propia de las autoras

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad
 ¡Somos la universidad para la gente que triunfa!*

La figura 8: Proceso de producción de harina en HARINISA, presenta un diagrama de flujo que detalla las etapas del proceso de molienda de harina, desde la logística inicial hasta el empaquetado final. El diagrama está dividido en varias columnas, cada una representando una fase del proceso:

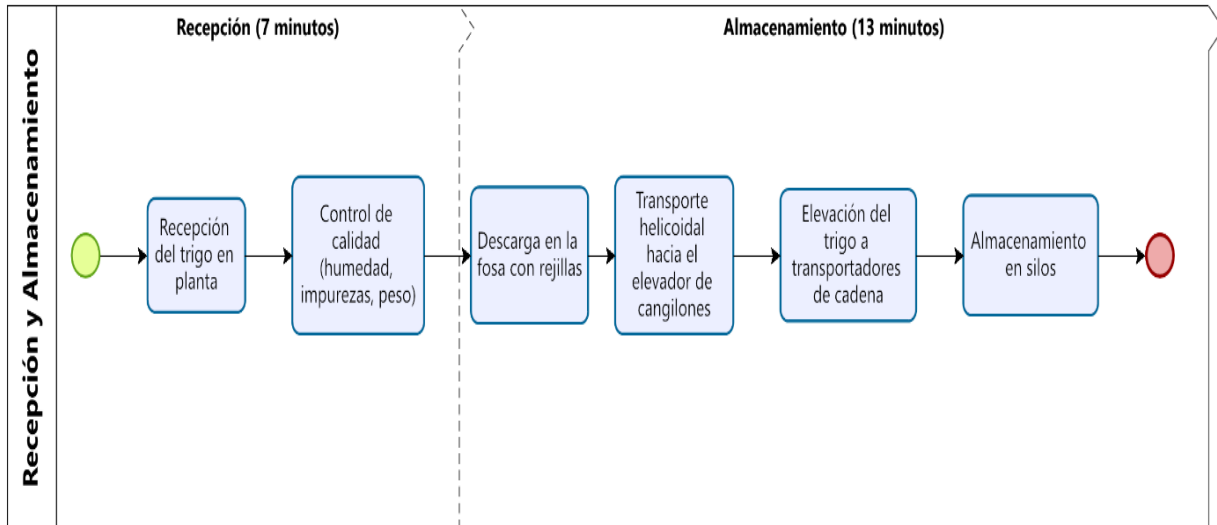
Recepción y Almacenamiento, Limpieza de trigo, Acondicionamiento, Molienda, Cernido, Dosificación de aditivos y Empaque y Almacenamiento: Se representa con un rectángulo azul claro con una cruz en su interior, indicando subactividades dentro de cada actividad del proceso.

Control de Calidad: En la actividad de Cernido se tiene que hacer una evaluación de calidad, esta se presenta en el diagrama de flujo mediante un rombo amarillo indica un punto de decisión, preguntando "¿Cumple Calidad?". De aquí se ramifica el flujo dependiendo si se cumple o no la calidad.

Finalización: Un círculo rojo indica el fin del proceso.

Figura 9

Recepción y Almacenamiento de trigo



Fuente: Elaboración propia de las autoras

La figura 9: Recepción y Almacenamiento de trigo, describe las etapas del proceso de recepción y almacenamiento de trigo. Se divide en dos partes principales: "Recepción (7 minutos)" y "Almacenamiento (13 minutos)", indicando la duración aproximada de cada etapa. El flujo del trigo se representa mediante flechas que conectan recuadros rectangulares con etiquetas descriptivas.

Los recuadros detallan las siguientes etapas:

Recepción del trigo en planta: El proceso comienza con la llegada del trigo a la planta, representado por un círculo verde claro y una flecha que indica su entrada al sistema.

Control de calidad (humedad, impurezas, peso): Después de la recepción, el trigo se somete a un control de calidad para verificar su humedad, la presencia de impurezas y su peso.

Descarga en la fosa con rejillas: El trigo se descarga en una fosa con rejillas para eliminar cualquier residuo o material no deseado.

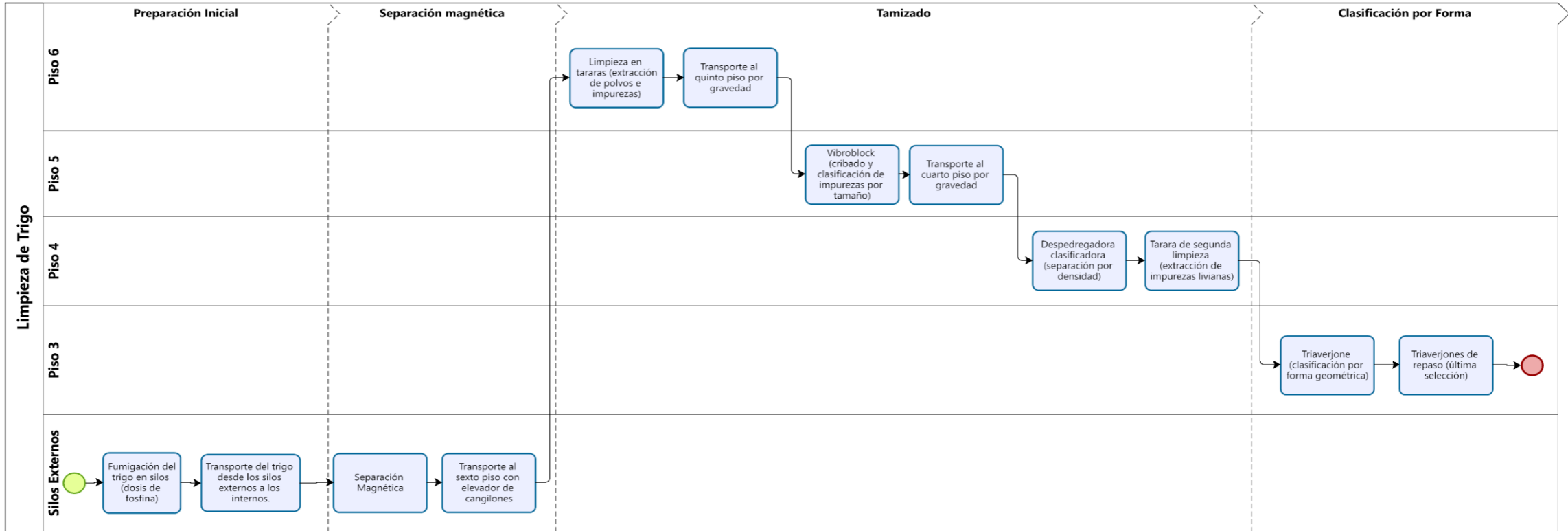
Transporte helicoidal hacia el elevador de cangilones: El trigo se transporta mediante un sistema helicoidal a un elevador de cangilones.

Elevación del trigo a transportadores de cadena: El elevador de cangilones eleva el trigo hacia transportadores de cadena.

Almacenamiento en silos: Finalmente, el trigo se almacena en silos. El proceso finaliza con un círculo rosa-rojo, simbolizando la conclusión del proceso.

Figura 10

Limpieza de trigo



Powered by
 Modeller

Fuente: Elaboración propia de las autoras

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad
 ¡Somos la universidad para la gente que triunfa!*

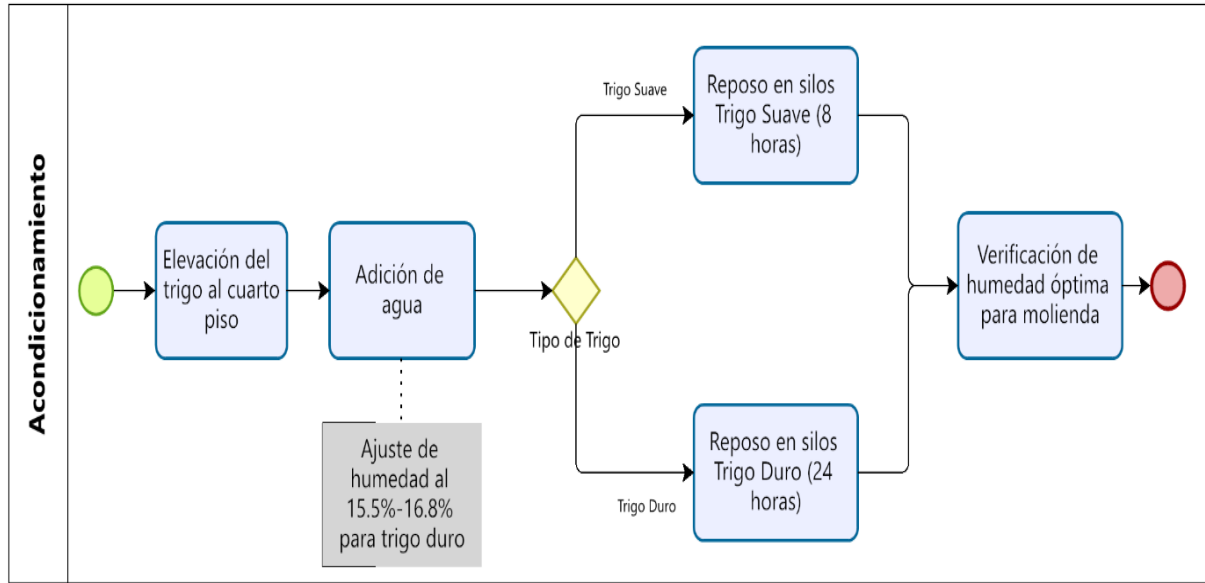
La figura 10: Limpieza de trigo, La imagen presenta un diagrama de flujo que ilustra el proceso de limpieza y clasificación del trigo a través de seis pisos, visualizados verticalmente en la imagen. Cada piso representa una etapa en el proceso, con bloques rectangulares que indican las diferentes operaciones. Las flechas muestran el flujo del trigo entre las etapas. Los nombres de estas etapas están escritos en español y describen las acciones realizadas en cada piso.

Se identifican los siguientes procesos:

- Silos Externos: Punto de partida del proceso, donde el trigo se encuentra inicialmente almacenado.
- Preparación Inicial (Piso 6): Se inicia el proceso de limpieza y clasificación.
- Separación Magnética (Piso 6): Se eliminan impurezas metálicas del trigo a través de un proceso magnético.
- Limpieza en tararas (extracción de polvos e impurezas) (Piso 6): Se elimina el polvo y otras impurezas del trigo.
- Transporte al quinto piso por gravedad (Piso 6): El trigo se transporta al siguiente piso mediante la gravedad.
- Vibrobloc (cribado y clasificación de impurezas por tamaño) (Piso 5): Se clasifica el trigo por tamaño, separando las impurezas.
- Transporte al cuarto piso por gravedad (Piso 5): Tras el tamizado, el trigo se desplaza al cuarto piso.
- Despedregadora clasificadora (separación por densidad) (Piso 4): Se separan las impurezas según su densidad.
- Tarara de secuencia limpieza (extracción de impurezas livianas) (Piso 4): Se eliminan impurezas ligeras.
- Triaje (clasificación por forma geométrica) (Piso 3): Se clasifica el trigo según su forma.
- Triaje de repaso (última selección) (Piso 3): Se realiza una última selección para asegurar la calidad del producto.

Figura 11

Acondicionamiento de trigo



Fuente: Elaboración propia de las autoras

La figura 11: Acondicionamiento de trigo, describe el proceso de acondicionamiento del trigo para la molienda. El diagrama comienza con un círculo verde claro que representa el inicio del proceso, seguido de una serie de pasos representados por rectángulos con bordes azules y texto en su interior.

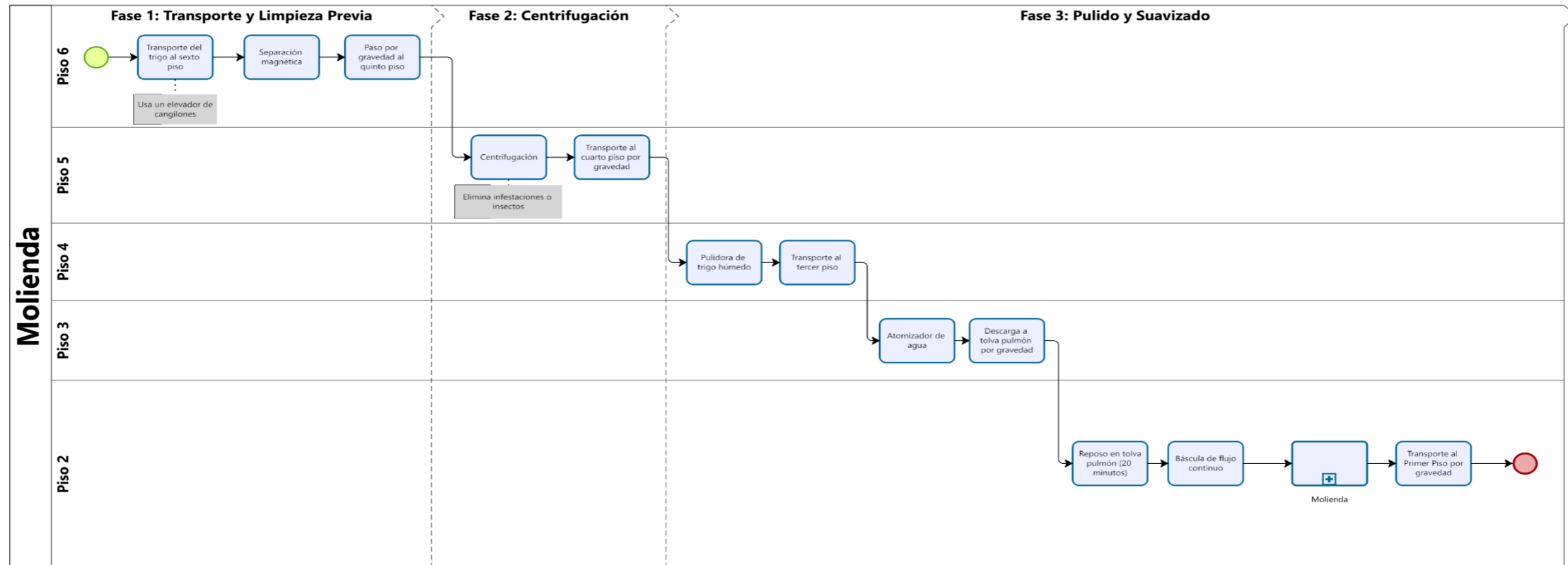
Los pasos son:

- Elevación del trigo al cuarto piso: El trigo se eleva hasta el cuarto piso de una instalación.
- Adición de agua: Se añade agua al trigo.
- Tipo de Trigo: Un rombo que representa una decisión, indica si el trigo es suave o duro.
- Reposo en silos (Trigo Suave): Si el trigo es suave, se deja reposar en silos durante 8 horas.

- Reposo en silos (Trigo Duro): Si el trigo es duro, se deja reposar en silos durante 24 horas. Un rectángulo gris claro resume un ajuste de humedad al 15.5% - 16.8% para trigo duro.
- Verificación de humedad óptima para molienda: Después del reposo, se verifica la humedad del trigo para asegurarse de que sea óptima para la molienda.
- Fin del proceso: El proceso termina con un círculo rojo que indica la finalización del acondicionamiento.

Figura 12

Molienda



Powered by
 bizagi
 Modeler

Fuente: Elaboración propia de las autoras

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad
 ¡Somos la universidad para la gente que triunfa!*

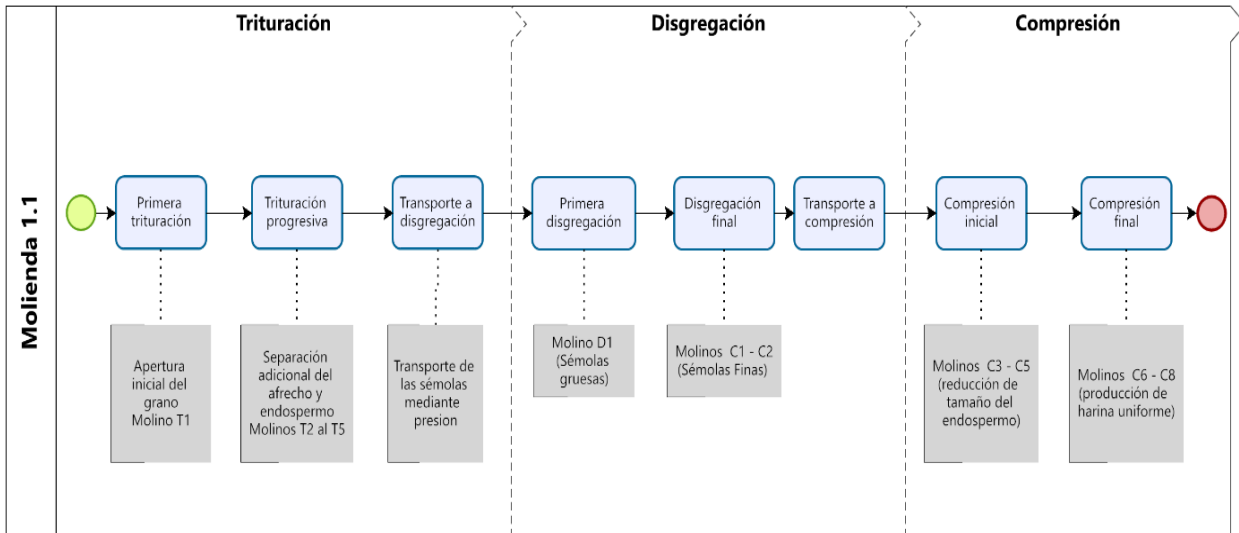
La figura 12: Molienda, detalla el proceso de molienda del trigo, dividido en tres fases principales: Transporte y Limpieza Previa, Centrifugación y Pulido y Suavizado. Cada fase se representa en una columna vertical. El proceso se distribuye verticalmente a través de seis pisos de una planta.

Cada paso del proceso se representa con un rectángulo, con una descripción breve del proceso dentro. Las flechas indican la secuencia de las operaciones. Se detallan las acciones como transporte por gravedad, separación magnética, centrifugación, atomización de agua, reposo en tolvas, etc. También se especifica el uso de un elevador de cangilones en una etapa inicial.

El diagrama indica el movimiento del trigo entre pisos usando transporte por gravedad y en un caso, un elevador de cangilones. Se observan, además, los puntos de inicio y final del proceso, representados por un círculo verde y un círculo rojo, respectivamente.

Figura 13

Molienda 1.1



Fuente: Elaboración propia de las autoras

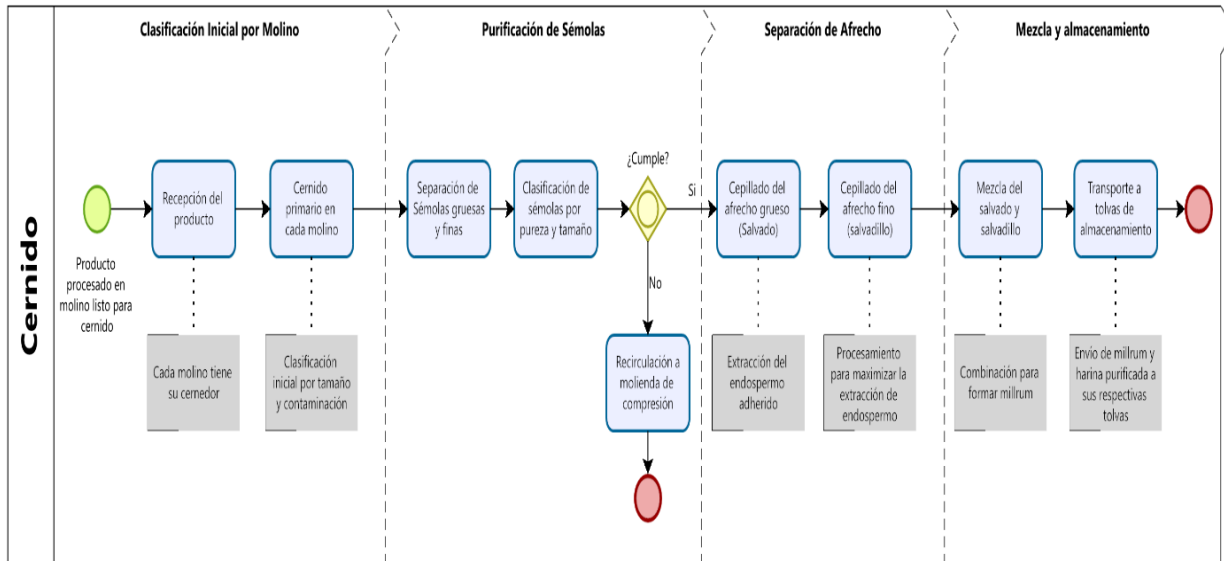
La figura 13: Molienda 1.1, presenta un diagrama de flujo que ilustra el proceso de cernido de un producto, posiblemente grano, desde su recepción inicial hasta su almacenamiento. El diagrama está dividido en cuatro etapas principales: Clasificación Inicial por Molino, Purificación de Sémolas, Separación de Afrecho y Mezcla y Almacenamiento. Cada etapa se subdivide en varios pasos representados por rectángulos, con flechas que indican el flujo del proceso.

Algunos pasos clave incluyen: Recepción del producto, Cernido primario, Separación de sémola gruesa y fina, Clasificación de sémola por pureza y tamaño, Cepillado del afrecho grueso (salvado) y fino (salvadillo), Mezcla del salvado y salvadillo, y Transporte a tolvas de almacenamiento. Se utiliza un rombo para indicar una decisión ("¿Cumple?") que lleva a una ramificación en el proceso, incluyendo la posibilidad de recirculación a molienda de compresión. Los rectángulos de color claro representan las etapas del proceso, mientras que los rectángulos grises proporcionan información

adicional o descripciones de ciertas acciones. Se utilizan círculos de color verde claro y rojo oscuro para representar el inicio y el fin del proceso, respectivamente.

Figura 14

Cernido



Fuente: Elaboración propia de las autoras

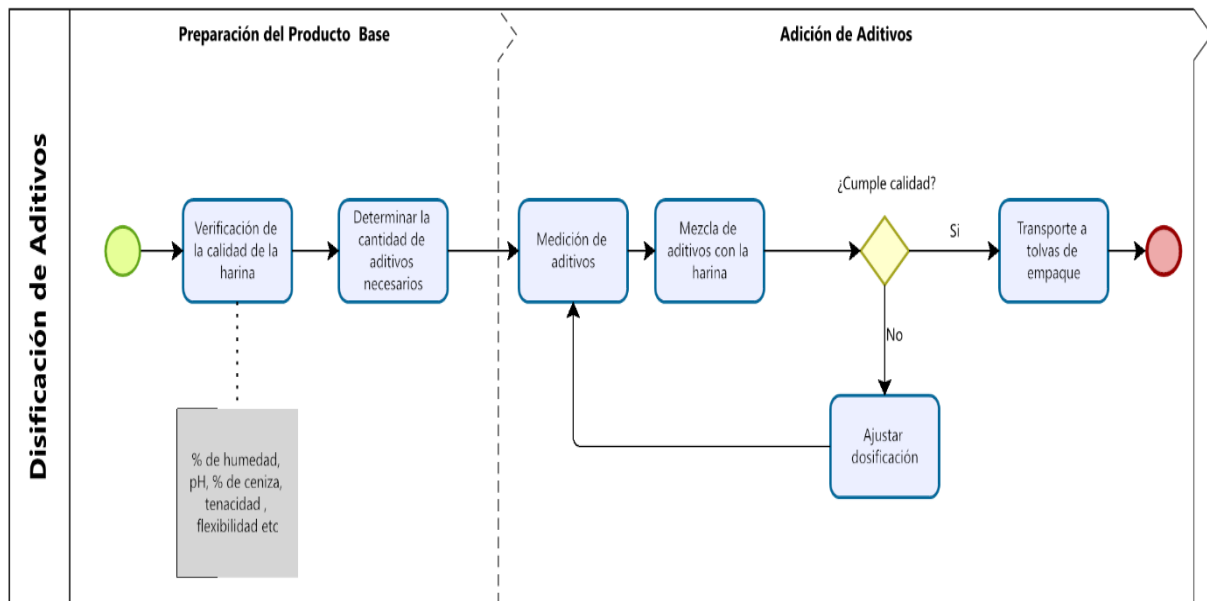
La figura 14: Cernido, presenta un diagrama de flujo que ilustra el proceso de cernido de la harina. El diagrama está dividido en cuatro etapas principales: Clasificación Inicial por Molino, Purificación de Sémolas, Separación de Afrecho y Mezcla y Almacenamiento. Cada etapa se subdivide en varios pasos representados por rectángulos, con flechas que indican el flujo del proceso.

Algunos pasos clave incluyen: Recepción del producto, Cernido primario, Separación de sémola gruesa y fina, Clasificación de sémola por pureza y tamaño, Cepillado del afrecho grueso (salvado) y fino (salvadillo), Mezcla del salvado y salvadillo, y Transporte a tolvas de almacenamiento. Se utiliza un rombo para indicar una decisión ("¿Cumple?") que lleva a una ramificación en el proceso, incluyendo la posibilidad de recirculación a molienda de compresión. Los rectángulos de color claro representan

las etapas del proceso, mientras que los rectángulos grises proporcionan información adicional o descripciones de ciertas acciones. Se utilizan círculos de color verde claro y rojo oscuro para representar el inicio y el fin del proceso, respectivamente.

Figura 15

Dosificación de aditivos

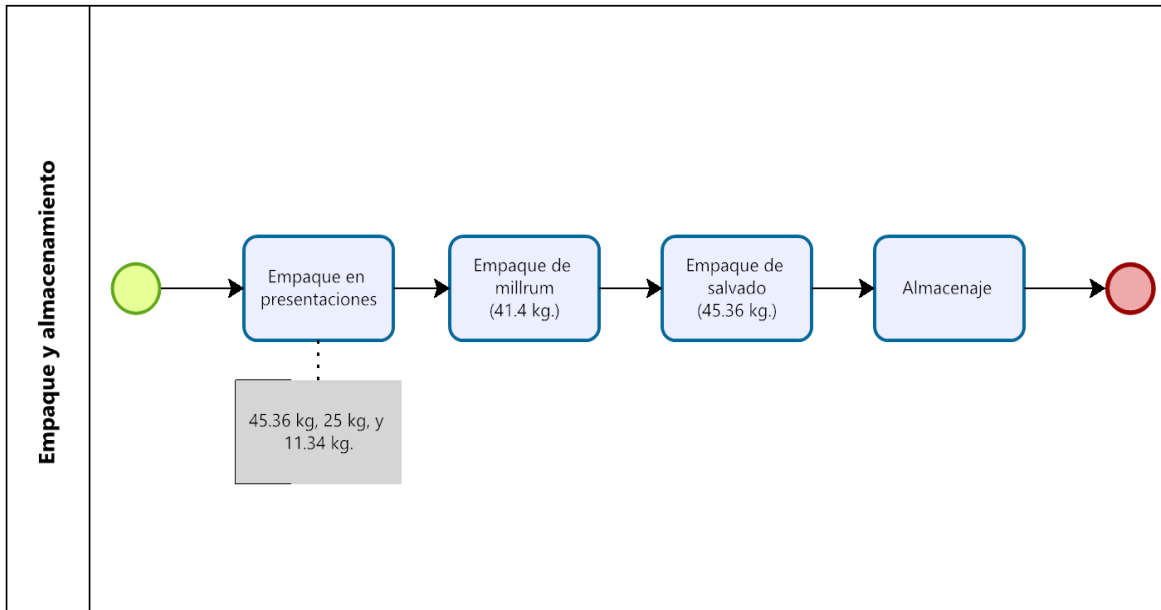


Fuente: Elaboración propia de las autoras

La figura 15: Dosificación de aditivos, muestra un diagrama de flujo que detalla el proceso de adición de aditivos a la harina. El diagrama está dividido en dos secciones principales: "Preparación del Producto Base" y "Adición de Aditivos". La sección de preparación comienza con la verificación de calidad de la harina (se especifican parámetros como humedad, ceniza, pH, tenacidad y flexibilidad). A continuación, se determina la cantidad de aditivos necesarios. En la sección de adición, se miden los aditivos y se mezclan con la harina. Un punto de decisión evalúa si la mezcla cumple con los requisitos de calidad. Si la calidad es satisfactoria, la mezcla es transportada a tolvas de empaque; de lo contrario, se ajusta la dosificación.

Figura 16

Empaque y almacenamiento



Fuente: Elaboración propia de las autoras

La figura 16: Empaque y almacenamiento, ilustra el proceso de empaque y almacenamiento de un producto. Muestra una secuencia de cuatro pasos:

- Inicio (círculo verde claro): Representa el inicio del proceso.
- Empaque en presentaciones (rectángulo azul claro): Este paso indica el empaque del producto en diferentes presentaciones, con pesos especificados en una caja gris separada (45.36 kg, 25 kg y 11.34 kg).
- Empaque de millrum (41.4 kg) (rectángulo azul claro): Este paso se centra en el empaque de millrum, con un peso específico de 41.4 kg.
- Empaque de salvado (45.36 kg) (rectángulo azul claro): Aquí se empaqueta el salvado, con un peso de 45.36 kg.
- Almacenaje (rectángulo azul claro): El producto empaquetado se almacena en este paso.

- Fin (círculo rojo oscuro): Indica la finalización del proceso.

Para el diseño de diagramas de Pareto en cada una de las áreas que componen el proceso de producción de harina de trigo en la empresa “HARINISA S.A”, se usan los datos recolectados estratificados en la tabla 8, tabla 9, tabla 10, tabla 11, con la finalidad de obtener los defectos pocos vitales presentes en cada área.

Tabla 13

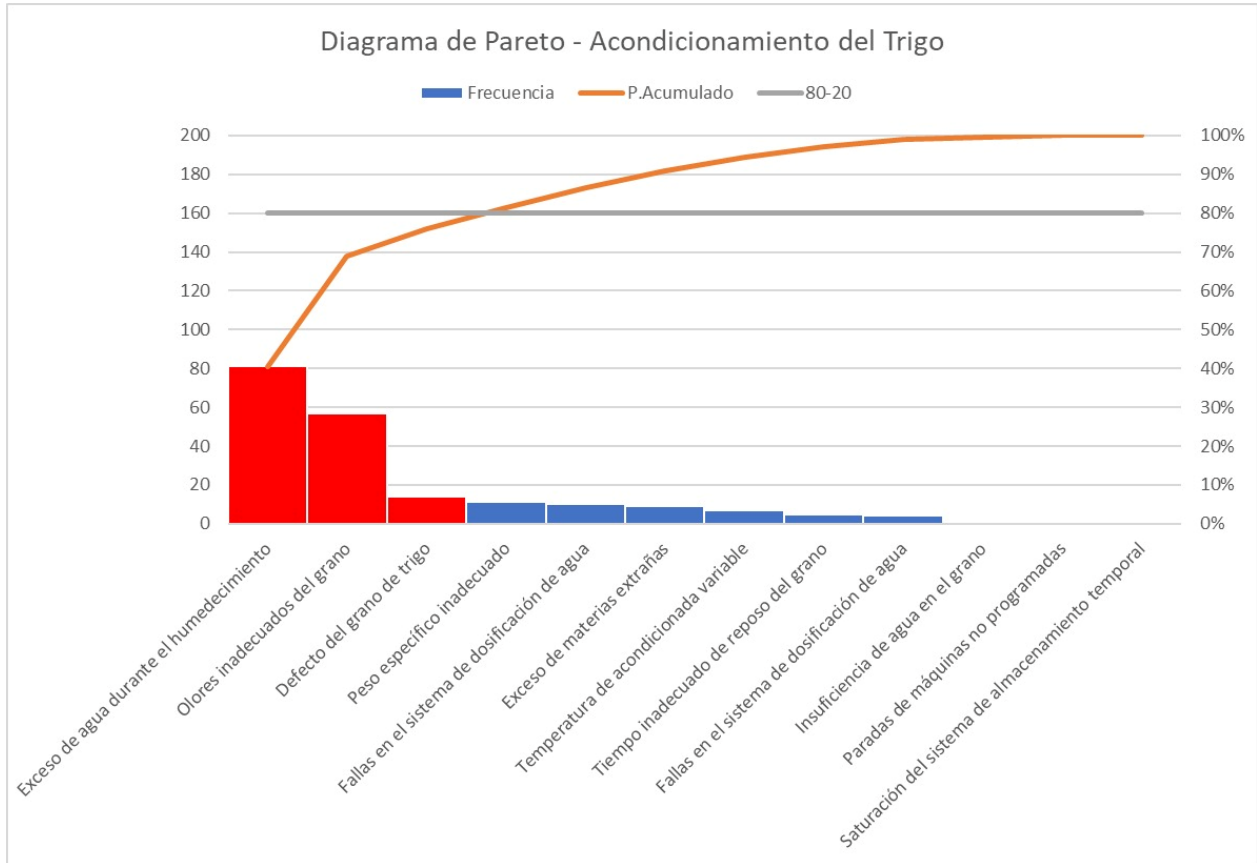
Cuantificación de defectos en el área de acondicionamiento

ÁREA	RAZÓN DE DEFECTO	FRECUENCIA
Acondicionamiento	Exceso de agua durante el humedecimiento	81
	Insuficiencia de agua en el grano	1
	Tiempo inadecuado de reposo del grano	5
	Fallas en el sistema de dosificación de agua	4
	Exceso de materias extrañas	9
	Fallas en el sistema de dosificación de agua	10
	Peso específico inadecuado	11
	Defecto el grano de trigo	14
	Saturación del sistema de almacenamiento temporal	0
	Temperatura de acondicionado variable	7
	Paradas de máquinas no programadas	1
	Olores inadecuados del grano	57

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 17

Diagrama de Pareto en Acondicionamiento del Trigo



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Análisis de los resultados

Con base en el diagrama de Pareto generado para las razones de defecto en el área de acondicionado, se observa que tres factores representan el mayor impacto en la ineficiencia del proceso: el exceso de agua durante el humedecimiento (37.68%), los olores inadecuados del grano (26.54%) y el defecto del grano de trigo (6.51). estos tres factores juntos acumulan el 70.73% del total de las incidencias reportadas, conformando el principio de Pareto donde una minoría de causas genera la mayoría de los problemas.

El exceso de agua durante el humedecimiento aparece como defecto más significativo, destacando problemas en el control de la dosificación de agua. Esto se correlaciona con fallos en la automatización o supervisión del proceso. Los olores inadecuados del grano, el segundo factor más frecuente, sugieren una inadecuada gestión del reposo o condiciones de almacenamiento inadecuadas. Finalmente, los defectos del grano pueden estar vinculados a una inspección insuficiente en etapas previas como recepción.

Los factores menos significativos, como las paradas de máquinas no programadas y la insuficiencia de agua en el grano, representan una menor proporción (0.47% y 0.93% respectivamente). Sin embargo, aunque su impacto es bajo, no deben ser ignorados, ya que una acumulación de incidencias puede escalar los costos y comprometer la eficiencia global.

Discusión de los resultados

Los resultados reflejan que le área de acondicionamiento enfrenta desafíos críticos relacionados con el control y supervisión de parámetros clave, especialmente la dosificación de agua y las condiciones de reposo de grano. La relevancia del exceso de agua durante el humedecimiento como principal causa de defectos resalta la necesidad de implementar sistemas de monitoreo más robustos y automatizados para regular este parámetro. Esto evitaría la saturación del grano y problemas como plagas o fermentación, que posteriormente comprometen el proceso de molienda.

Asimismo, la alta frecuencia de olores inadecuados del grano sugiere problemas sistémicos en el manejo post – humectación, posiblemente por falta de ventilación o tiempos de reposo excesivos. Una posible solución podría incluir la implementación de sistemas de ventilación activos o ciclos programados de aireación en los silos.

Por otro lado, los defectos del grano subrayan la importancia de mejorar la inspección de calidad en la etapa de recepción, dado que este problema parece arrastrarse desde fases previas y amplificarse en el acondicionado.

El análisis confirma que optimizar el control de agua, mejorar las condiciones de almacenamiento temporal y reforzar las inspecciones iniciales son áreas prioritarias para lograr una mejora integral en la eficiencia operativa del área de acondicionado. Implementar soluciones basadas en tecnología como sensores de humedad y temperatura, junto con programas de mantenimiento preventivo, podría eliminar estos cuellos de botella y garantizar un flujo continuo y eficiente hacia etapas posteriores del proceso.

Tabla 14

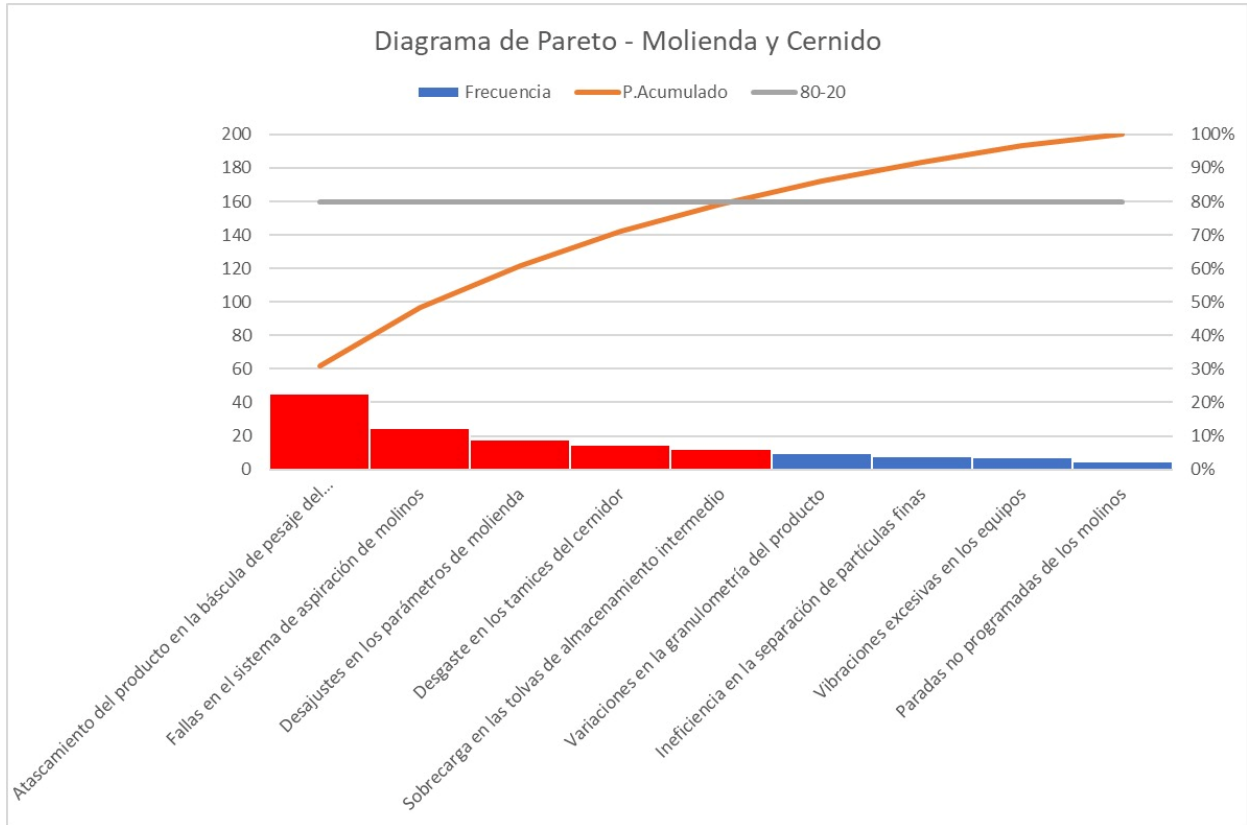
Cuantificación de defectos en el área de molienda y cernido

ÁREA	RAZÓN DE DEFECTO	FRECUENCIA
Molienda y Cernido	Atascamiento del producto en la báscula de pesaje del grano	45
	Fallas en el sistema de aspiración de molinos	25
	Desgate en los tamices del cernidor	15
	Variaciones en la granulometría del producto	10
	Ineficiencia en la separación de partículas finas	8
	Sobrecarga en las tolvas de almacenamiento intermedio	12
	Paradas no programadas de los molinos	5
	Desajustes de los parámetros de molienda	18
	Variaciones excesivas de los equipos	7

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 18

Diagrama de Pareto en Molienda y Cernido



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Principales Razones de Defecto en Molienda y Cernido

Atascamiento del producto en la báscula del pesaje del grano (40): Este es el defecto más frecuente en el área de molienda y cernido, representando un 40% de los problemas reportados. El atascamiento en la báscula puede interrumpir el flujo de trabajo, causando paradas en la línea de producción y afectando la eficiencia operativa. La acumulación de grano o polvo en la báscula puede impedir la medición precisa del peso, lo cual es crucial para mantener un proceso de dosificación y molienda óptimos.

Desajustes en el cernido (15%): Los desajustes en el proceso de cernido representan un porcentaje menor, pero aun así considerable. Un mal cernido puede llevar a una distribución inadecuada de partículas finas y gruesas, lo cual puede afectar la calidad del producto final y la eficiencia del proceso.

Bajo rendimiento de los molinos (10%): Los molinos con bajo rendimiento también son una causa frecuente de ineficiencia. Un molino con fallas en sus componentes, como los rodillos o el motor puede producir una molienda inconsistente, afectando la calidad y cantidad de la harina. Además, los molinos con baja eficiencia requieren más tiempo para procesar la misma cantidad de grano, lo que aumenta los costos operativos.

Problemas en el control de la humedad del grano (5%): El exceso o deficiencia de humedad en el grano durante la molienda también afecta la eficiencia operativa. Si el grano no está correctamente humidificado, el proceso de molienda se vuelve más difícil, ya que los granos secos pueden no molerse adecuadamente, mientras que los granos húmedos pueden generar problemas de compactación.

Discusión de los Resultados

1. Priorización de Problemas: Según el análisis de Pareto, se observa que los problemas más críticos que afectan la optimización en el proceso de molienda y cernido son el atascamiento en la báscula del pesaje del grano y la contaminación cruzada entre lotes. Esto sugiere que los esfuerzos de mejora deben centrarse inicialmente en estos dos problemas, ya que tienen el mayor impacto en la eficiencia del proceso.
2. Impacto en la Eficiencia Operativa: El atascamiento en la báscula y la contaminación cruzada provocan paradas imprevistas en el proceso de producción, lo que reduce el tiempo útil de operación y genera tiempos de inactividad. Las paradas por atascos de producto y la necesidad de limpiar y separar los lotes contaminados afectan la continuidad del proceso, retrasando la producción y aumentando los costos.
3. Mejora en la Gestión del Control de Calidad: El hecho de que la contaminación cruzada entre lotes sea un problema importante implica la necesidad de mejorar los

sistemas de almacenamiento y manejo de los granos. Es fundamental implementar un mejor control de lotes y registros para evitar la mezcla no controlada de granos con diferentes características, lo cual podría afectar no solo la calidad del producto final, sino también la trazabilidad.

4. Impacto en la Calidad del Producto: Aunque los problemas de cernido y rendimiento de los molinos representan un porcentaje menos de los defectos, es importante no subestimarlos. Un mal cernido o bajo rendimiento de los molinos puede comprometer la calidad del producto final. Esto puede resultar en una harina con características no deseadas, lo que afecta la satisfacción del cliente y la competitividad de la empresa en el mercado.

5. Oportunidades de Mejora: Los problemas en la humedad del grano y los desajustes en el cernido son áreas que también requieren atención. Las mejoras en la medición y el control de la humedad del grano durante la molienda podrían optimizar el proceso y evitar la generación de residuos o la necesidad de retrabajar el producto.

5.1- OEE del Proceso de Molienda en Harinisa S.A.

5.1-1. Cálculo e Interpretación del OEE

El OEE (Overall Equipment Effectiveness) obtenido para el proceso de molienda en Harinisa S.A. fue del 45%, desglosado en los siguientes componentes:

- **Disponibilidad: 71%**
- **Rendimiento: 66%**
- **Calidad: 95%**

Figura 19

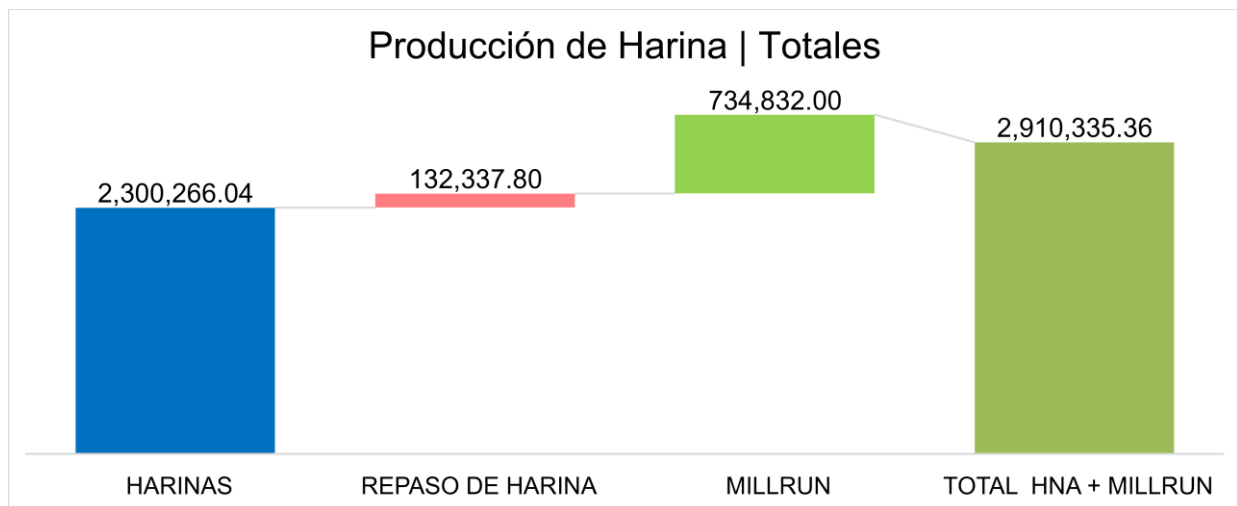
Cálculo del rendimiento

Capacidad Nominal 200,000.00 Kg/día 4,400,000.00 kg/mes	$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Producción Teórica}} = \frac{2,910,335.36\text{kg}}{4,400,000\text{ kg}} = 66\%$
---	--

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 20

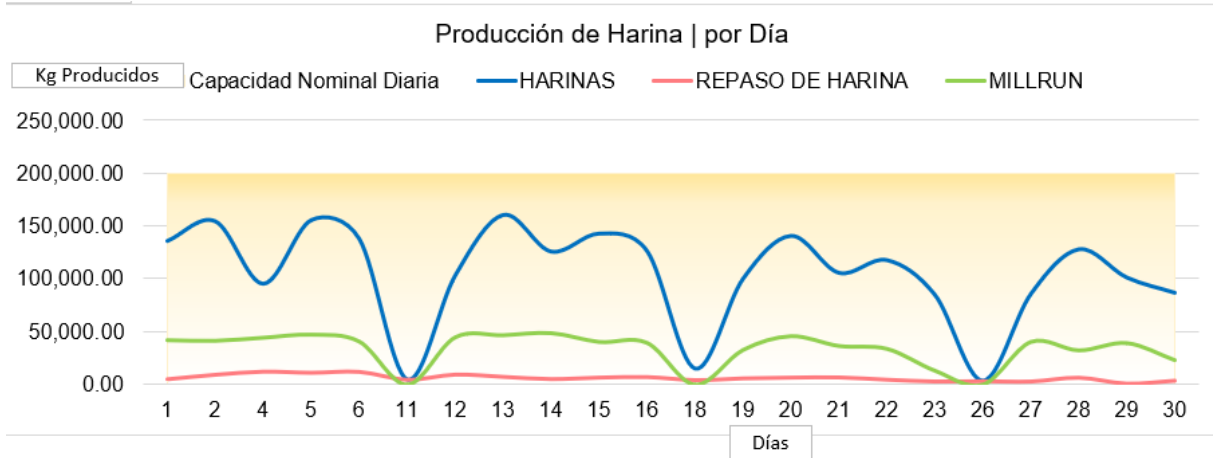
Producción Total de Harina



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 21

Producción de harina por día



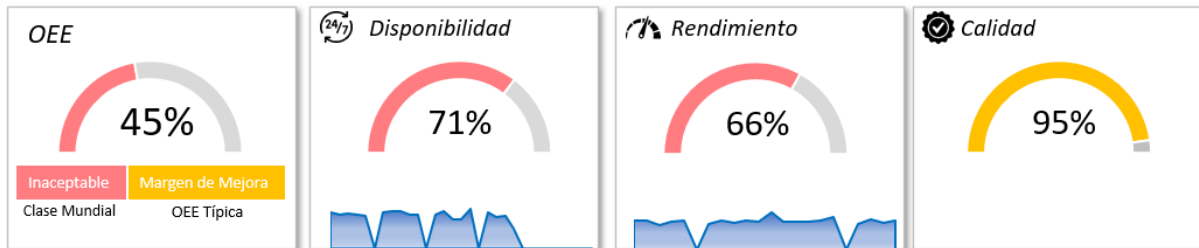
Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 22

OEE Harinisa

OEE | Harinisa

KPIs



Fuente: Elaboración propia de las autoras

5.1-2. Análisis de resultados

El resultado global del OEE indica que el proceso de molienda opera significativamente por debajo del ideal establecido en muchas industrias manufactureras, que suelen considerar un OEE óptimo en torno al 85%. Esto sugiere que existe un amplio margen de mejora, particularmente en los componentes de disponibilidad y rendimiento.

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad
 ¡Somos la universidad para la gente que triunfa!*

- La calidad, con un 95%, cumple con los estándares esperados, reflejando que el producto final cumple mayoritariamente con los requerimientos especificados.
- La disponibilidad, del 71%, refleja pérdidas importantes por tiempo improductivo debido a paros y actividades no planificadas.
- El rendimiento, con un 66%, indica que el proceso no está aprovechando completamente la capacidad de producción instalada.

5.2- Identificación de Pérdidas Operativas

El análisis de las causas de los paros en el componente de disponibilidad revela las siguientes distribuciones de tiempo:

Figura 23

Detalles de las Causas de Paros

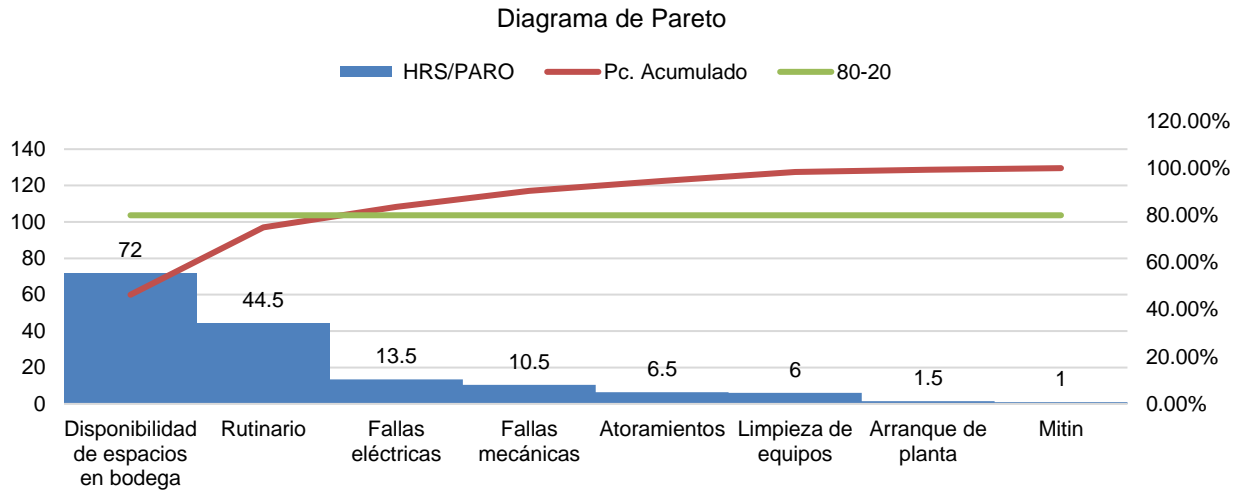
Detalle de las Causas de Paros

CAUSA	HRS/PARO	%	Pc. Acumulado
Disponibilidad de espacios en bodega	72	46.30%	46.30%
Rutinario	44.5	28.62%	74.92%
Fallas eléctricas	13.5	8.68%	84%
Fallas mecánicas	10.5	6.75%	90%
Atoramientos	6.5	4.18%	95%
Limpieza de equipos	6	3.86%	98%
Arranque de planta	1.5	0.96%	99%
Mitin	1	0.64%	100%
Total general	155.5	100.00%	

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 24

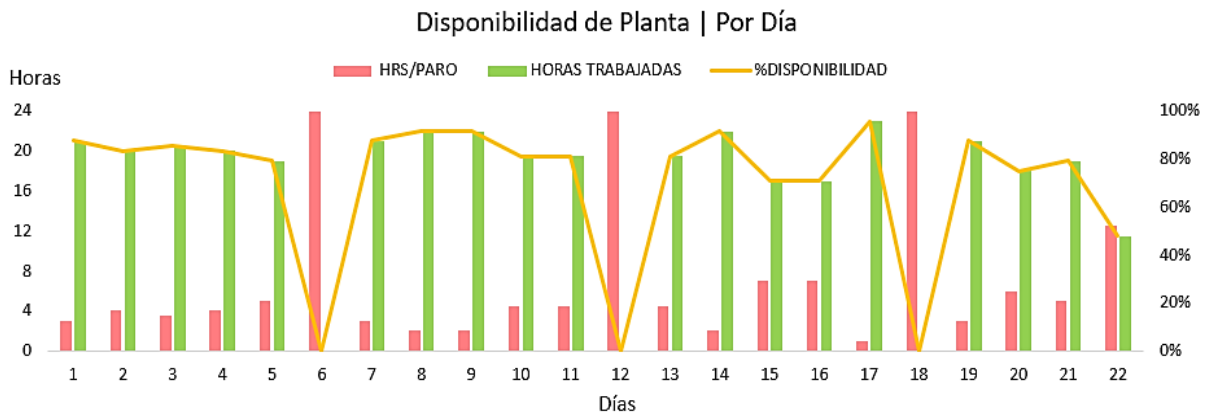
Diagrama de Pareto sobre los paros



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 25

Disponibilidad de la planta por día



Fuente: Elaboración propia de las autoras

5.2-1. Interpretación de los resultados

Disponibilidad de espacios en bodega (46.30%): Es la causa principal de pérdidas. Este problema está asociado a cuellos de botella en el almacenamiento, lo que provoca interrupciones frecuentes en el flujo de producción.

Actividades rutinarias (28.62%): Incluyen tareas operativas que podrían ser optimizadas o automatizadas para reducir su impacto.

Fallas eléctricas y mecánicas (15.43%): Representan casi una sexta parte de las pérdidas y podrían abordarse con un programa de mantenimiento preventivo.

Atoramientos (4.18%): Aunque representan una menor proporción, estos eventos son críticos porque afectan directamente la eficiencia del flujo de materiales.

Disponibilidad de espacios en bodega (46.3%): Esta causa indica un problema de almacenamiento, lo que podría estar relacionado con la falta de capacidad física, una mala gestión del inventario, o cuellos de botella en la salida del producto.

5.2-2. Acciones Recomendadas

Acciones Correctivas

1. Optimización de la gestión de inventario

- Implementar un sistema de inventario Just-In-Time (JIT) para reducir los tiempos de acumulación de producto en bodega y asegurar que el almacenamiento sea el justo y necesario.
- Digitalizar el control de inventario con un sistema ERP (Enterprise Resource Planning) o un software específico que permita rastrear en tiempo real los niveles de producto.

2. Ampliación de la capacidad de almacenamiento

Realizar un análisis de la capacidad actual para determinar si es suficiente para la demanda productiva. Si no lo es, evaluar opciones como:

- Uso de racks verticales para optimizar el espacio.
- Alquiler de bodegas externas o instalación de silos adicionales.
- Mejorar la organización interna aplicando métodos de almacenamiento eficiente (por ejemplo, FIFO: First In, First Out o LIFO: Last In, First Out según corresponda).

3. Agilización en la salida de producto terminado

Mejorar los procesos de empaque, etiquetado y distribución para reducir los tiempos de acumulación de producto en bodega. Coordinar con el área de logística para optimizar la programación de despachos y transporte.

4. Reevaluación del flujo de producción

Analizar si existe una sobreproducción (relacionada con desperdicios en Lean Manufacturing) que provoca saturación de la bodega. Ajustar la producción a la demanda real mediante pronósticos más precisos.

5. Creación de un programa de mantenimiento preventivo

Si el cuello de botella en la bodega está relacionado con equipos de carga/descarga, asegurar que estos equipos reciban mantenimiento preventivo para evitar retrasos por fallas.

Recomendaciones y acciones correctivas para paros Rutinarios (28.6%)

1. Optimización del flujo de tolvas

Implementar monitoreo en tiempo real del nivel de llenado de las tolvas:

- Utiliza sensores de nivel que envíen alertas automáticas cuando las tolvas estén cerca de llenarse.

- Vincular esta información con el sistema de control de producción para evitar saturación.

Planificación y sincronización del empaque:

- Priorizar la salida constante del producto terminado para evitar que las tolvas se llenen.
- Optimizar la logística del empaque de harina para el MINED, ajustando horarios de despacho y distribución.

Capacidad de almacenamiento temporal:

- Implementar tolvas adicionales o silos móviles para manejar excedentes durante picos de producción.

2. Reducción de tiempos en cambios de fórmula

Aplicar la metodología SMED (Single – Minute Exchange of Die):

- Analizar el proceso de cambio entre fórmulas (por ejemplo, de harina estándar a Pizza) para identificar tareas que puedan realizarse sin detener la producción.
- Estandarizar y documentar procedimientos para cambios rápidos.

Programar cambios de fórmula en horarios de menor impacto:

- Ajustar la producción para realizar cambios durante períodos de baja demanda o cuando las tolvas no estén saturadas.

3. Automatización y capacitación en empaque

Mejorar la eficiencia en el área de empaque:

- Capacitar al personal nuevo para que puedan operar equipos de empaque de manera eficiente y reducir tiempos muertos.
- Automatizar parcialmente el proceso de empaque y despacho para reducir la dependencia del personal manual.

Aumentar la disponibilidad de montacargas:

- Realizar un análisis de uso de montacargas y evalúa la necesidad de adquirir equipos adicionales o implementar mantenimiento preventivo.
- Priorizar el uso eficiente de montacargas para evitar cuellos de botella en el movimiento de tolvas.

4. Mejorar la gestión de paros programados

Optimizar el uso de paros dominicales:

- Aprovechar los paros de los días domingo para realizar mantenimiento preventivo y limpieza profunda de equipos.
- Minimiza paros imprevistos entre semana mediante un programa de mantenimiento predictivo.

Flexibilización de la producción:

- Evaluar la posibilidad de implementar producción continua o semi – continua, con turnos rotativos que permitan reducir los tiempos de paro programado.

El OEE obtenido del 45% evidencia que el proceso de molienda en Harinisa S.A. tiene oportunidades significativas de mejora. Las principales pérdidas están relacionadas con la disponibilidad de espacios en bodega y las fallas en el equipo. Abordar estas áreas con estrategias específicas puede aumentar el OEE y optimizar la operación global.

5.3- Encuesta sobre el Proceso de Molienda en HARINISA S.A.

Información General

1. **Puesto de trabajo:**

- Operario de molienda
- Empacador
- Supervisor de producción
- Técnico de mantenimiento
- Otro: _____

2. **Turno de trabajo:**

- Mañana
- Noche

Sección 1: Frecuencia y Causas de los Atascos

1. ¿Con qué frecuencia se presentan atascos en el proceso de molienda?

- Diariamente
- Semanalmente
- Mensualmente
- Ocasionalmente (especificar)

2. ¿En qué etapas del proceso ocurren más atascos? (Seleccione todas las que apliquen)

- Recepción y almacenamiento
- Limpieza
- Acondicionamiento de trigo
- Molienda
- Cernido
- Empaque y almacenamiento

3. ¿Cuáles considera que son las principales causas de los atascos? (Seleccione todas las que apliquen)

- Acumulación de material

- Desgaste de los equipos
 - Errores en la operación
 - Problemas con la calidad de la materia prima
 - Otros (especificar)
4. ¿Cuál es la duración promedio de los atascos observados?
- Menos de 30 minutos
 - Entre 30 minutos y 1 hora
 - Más de 2 horas

Sección 2: Calidad del Producto y Eficiencia

1. ¿Cómo calificaría la calidad del producto final en términos de consistencia y textura?
- Muy baja
 - Baja
 - Regular
 - Alta
 - Muy alta
2. ¿Con qué frecuencia se generan productos que no cumplen con los estándares de calidad?
- Nunca
 - Rara vez
 - Ocasionalmente
 - Frecuentemente
 - Siempre
3. ¿Qué factores considera que afectan negativamente la calidad del producto?
(Seleccione todas las que apliquen)
- Calidad de la materia prima (trigo)
 - Proceso de molienda
 - Mantenimiento de equipos
 - Capacitación del personal

- Otros (especificar)
4. ¿Qué mejoras sugeriría para aumentar la eficiencia del proceso?

Sección 3: Uso de Recursos y Costos

1. ¿Considera que se desperdicia material debido a los atascos?
- Sí
 - No
2. ¿Cómo calificaría la capacidad actual de la maquinaria utilizada en el proceso de molienda?
- Muy baja
 - Baja
 - Regular
 - Alta
 - Muy alta
3. ¿Cómo calificaría los costos operativos asociados al proceso de molienda?
- Muy bajos
 - Bajos
 - Regulares
 - Altos
 - Muy altos
4. ¿Considera que los costos de mantenimiento se han incrementado debido a los problemas en el proceso?
- Sí
 - No

Sección 4: Sugerencias de Mejora

1. ¿Qué cambios cree que se podrían implementar para reducir los atascos y mejorar el proceso en general?
2. ¿Qué tipo de capacitación adicional cree que sería útil para mejorar su desempeño en el proceso de molienda?



3. ¿Qué otras sugerencias tienen para mejorar el proceso de molienda en HARINISA S. A?

Tabla 15

Respuestas de encuesta sección 1

Marca temporal	Información General 1. Puesto de trabajo	2. Turno de trabajo	Sección 1: Frecuencia y Causa de los Atascamientos 1. ¿Con qué frecuencia se presentan atascos en el proceso de molienda?	2. ¿En qué etapas del proceso ocurren más atascos? (Seleccione todas las que apliquen)	3. ¿Cuáles considera que son las principales causas de los atascos? (Seleccione todas las que apliquen)	4. ¿Cuál es la duración promedio de los atascos observados?
11/13/2024 11:47:00	Cuadrillero de patio	Día	Ocasionalmente	Molienda	Desgaste de los equipos, Errores en la operación	Menos de 30 minutos
11/13/2024 11:49:12	Técnico de mantenimiento	Día	Semanalmente	Acondicionamiento de trigo	Acumulación de material, Desgaste de los equipos	Entre 30 minutos y 1 hora
11/13/2024 12:01:01	Empacador	Noche	Diariamente	Molienda	Desgaste de los equipos	Entre 30 minutos y 1 hora
11/13/2024 16:14:33	Empacador	Día	Semanalmente	Molienda	Acumulación de material, Desgaste de los equipos	Entre 30 minutos y 1 hora
11/13/2024 23:16:59	Supervisor de Producción	Noche	Semanalmente	Molienda	Acumulación de material, Desgaste de los equipos	Entre 30 minutos y 1 hora
11/13/2024 23:30:01	Supervisor de Producción	Día	Semanalmente	Molienda	Acumulación de material, Desgaste de los equipos	Entre 30 minutos y 1 hora

11/13/2024 23:52:19	Operario de Molienda	Día	Semanalmente	Molienda	Acumulación de material, Desgaste de los equipos	Entre 30 minutos y 1 hora
11/14/2024 17:10:23	Técnico de mantenimiento	Noche	Semanalmente	Molienda	Acumulación de material, Desgaste de los equipos	Entre 30 minutos y 1 hora
11/14/2024 18:32:57	Operario de Molienda	Día	Semanalmente	Molienda	Acumulación de material, Problemas con la calidad de la materia prima	Entre 30 minutos y 1 hora
11/14/2024 19:46:15	Empacador	Noche	Semanalmente	Molienda	Acumulación de material, Desgaste de los equipos	Entre 30 minutos y 1 hora

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 16

Respuestas de encuesta sección 2

Sección 2: Calidad del Producto y Eficiencia			
1. ¿Cómo clasificaría la calidad del producto final en términos de consistencia y textura?	2. ¿Con qué frecuencia se generan productos que no cumplen con los estándares de calidad?	3. ¿Qué factores considera que afectan negativamente la calidad del producto? (Seleccione todas las que apliquen)	4. ¿Qué mejoras sugeriría para aumentar la eficiencia del proceso?
Alta	Ocasionalmente	Mantenimiento de equipos	
Alta	Rara vez	Calidad de la materia prima (trigo), Mantenimiento de equipos, Capacitación del personal	Aumentar personal de mantenimiento

Regular	Frecuentemente	Calidad de la materia prima (trigo), Proceso de molienda, Mantenimiento de equipos	Bajar el flujo para no forzar mucho los molinos y hacerles mantenimiento más seguido alas maquinarias. Y echar menos impureza
Regular	Frecuentemente	Calidad de la materia prima (trigo), Proceso de molienda, Mantenimiento de equipos	Realizar mantenimiento preventivo con más frecuencia.
Alta	Ocasionalmente	Calidad de la materia prima (trigo), Proceso de molienda, Mantenimiento de equipos	Establecer procedimientos estandarizados para el mantenimiento preventivo de equipos, minimizando así los tiempos muertos.
Alta	Rara vez	Proceso de molienda, Mantenimiento de equipos	Analizar la distribución de la planta y los flujos de material para identificar posibles cuellos de botella y áreas de mejora.
Alta	Rara vez	Proceso de molienda, Mantenimiento de equipos, Capacitación del personal	Mantenimiento adecuado y regular de los equipos de molienda para asegurar su funcionamiento óptimo
Alta	Rara vez	Proceso de molienda, Mantenimiento de equipos	Implementar un plan de mantenimiento preventivo riguroso
Regular	Rara vez	Proceso de molienda, Mantenimiento de equipos	Optimización del flujo de materiales y mantenimiento preventivo más eficiente
Alta	Rara vez	Calidad de la materia prima (trigo), Mantenimiento de equipos	Hacer revisiones frecuentes en las líneas de aspiración y

en las áreas críticas para
 evitar averías.

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 17

Respuestas de encuesta sección 3

Sección 3: Uso de Recursos y Costos 1. ¿Considera que se desperdicia material debido a los atascos?	2. ¿Cómo calificaría la capacidad actual de la maquinaria utilizada en el proceso de molienda?	3. ¿Cómo calificaría los costos operativos asociados al proceso de molienda?	4. ¿Considera que los costos de mantenimiento se han incrementado debido a los problemas en el proceso?
Sí	Baja	Altos	Sí
No	Alta	Regulares	No
Sí	Muy alta	Muy bajos	No
Sí	Alta	Altos	No
Sí	Alta	Altos	No
Sí	Alta	Altos	No
Sí	Alta	Regulares	No
Sí	Alta	Altos	No
Sí	Muy alta	Regulares	Sí
Sí	Alta	Altos	No

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 18

Respuestas de encuesta sección 4

Sección 4: Sugerencias de Mejora 1. ¿Qué cambios cree que se podrían implementar para reducir los atascos y mejorar el proceso general?	2. ¿Qué tipo de capacitación adicional cree que sería útil para mejorar su desempeño en el proceso de molienda?	3. ¿Qué otras sugerencias tienen para mejorar el proceso de molienda en HARINISA S.A.?
Mejorando la calidad y cantidad de herramientas	Vida útil de rodamientos, aceites	Mantenimiento preventivo
Bajarle el flujo al os molinos al tener le flujo muy alto es normal que haiga pegado es. Al momento de bajarle el flujo el producto se desarrolla de una mejor manera	Una capacitación sobre la materia prima	¿Bajarles el flujo a los molinos...? Es como andar la cadena dé una moto muy tensa conforme el tiempo se romperá. al bajarle el flujo los molinos ellos molerán mejor el producto
Aumentar el personal de mantenimiento e implementar capacitaciones al personal del área de molienda para el buen uso de las maquinarias de esa área.	Mantenimiento preventivo y predictivo Control de calidad de la harina y su relación con los atascamientos	Que los operadores practiquen con más frecuencia el trabajo en equipo y comunicación efectiva durante el proceso de molienda.
Mejorar el diseño de las líneas de aspiración para reducir los puntos críticos de atascamiento.	Cursos sobre gestión de procesos y análisis de datos para mejorar la toma de decisiones basadas en datos operativos.	Implementar un sistema de indicadores de desempeño para monitorear los tiempos de inactividad y eficiencia, lo cual permitiría evaluar el impacto de cada mejora implementada en tiempo real.
Implementar un mantenimiento preventivo regular y planificado para evitar interrupciones no planificadas.	Capacitación en el uso de herramientas de mantenimiento predictivo.	Promover una cultura de mejora continua en toda la organización.
Mejorar la calibración de los equipos para evitar atascamientos	Capacitación en el manejo y mantenimiento preventivo de los equipos de molienda	Fomentar la comunicación entre los operarios y el equipo de mantenimiento para solucionar problemas rápidamente

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad
¡Somos la universidad para la gente que triunfa!*

Rediseño de los sistemas de aspiración para mejorar el flujo de material y reducir los puntos de atascamiento	Capacitación en el uso de tecnología de mantenimiento predictivo	Asegurar que todas las áreas de la planta trabajen de manera coordinada y eficiente
Revisión y mejoras de las líneas de aspiración	Formación en Técnicas de mantenimientos preventivo y predictivo	Evaluación y Actualización de la tecnología de maquinaria de
En el plan de mantenimiento incluir revisiones más frecuentes en áreas críticas donde se producen atascos.	Impartir capacitación a los operarios sobre las causas comunes de los atascos y las medidas correctivas a tomar.	Implementar un sistema de retroalimentación donde los empacadores puedan comunicar problemas observados en el flujo del producto.

Fuente: Elaboración propia de las autoras

5.3-1. Procesamiento de encuesta

Tabla 19

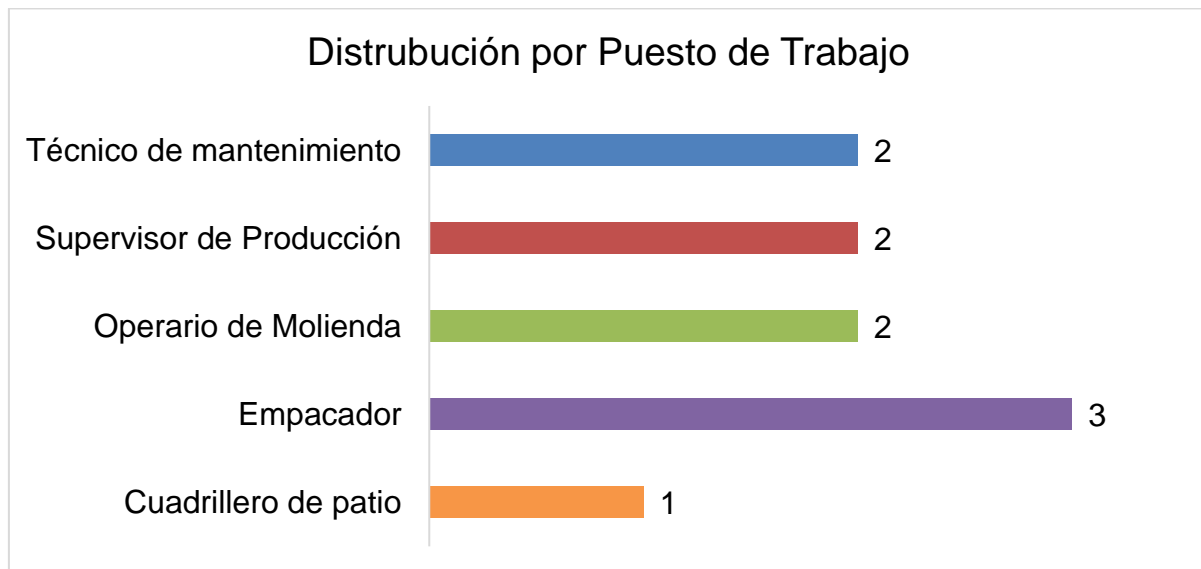
Puestos de trabajo

Etiquetas de fila	Cuenta de Información General
	1. Puesto de trabajo
Cuadrillero de patio	1
Empacador	3
Operario de Molienda	2
Supervisor de Producción	2
Técnico de mantenimiento	2
Total general	10

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 26

Distribución por puesto de Trabajo



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 20

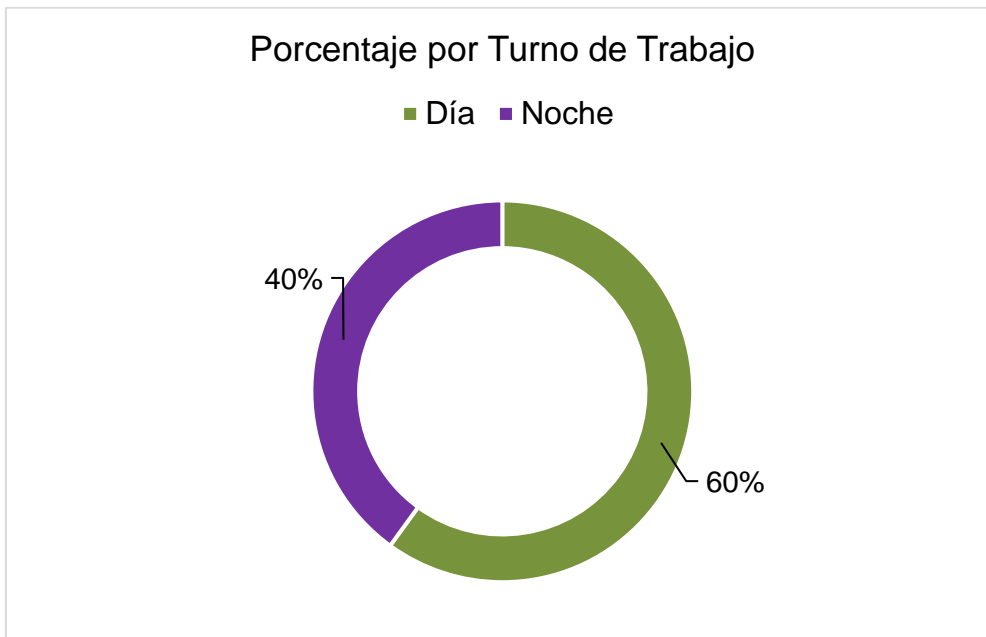
Turnos de trabajo

Etiquetas de fila	Cuenta de 2. Turno de trabajo
Día	6
Noche	4
Total general	10

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 27

Porcentaje por turno de trabajo



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 21

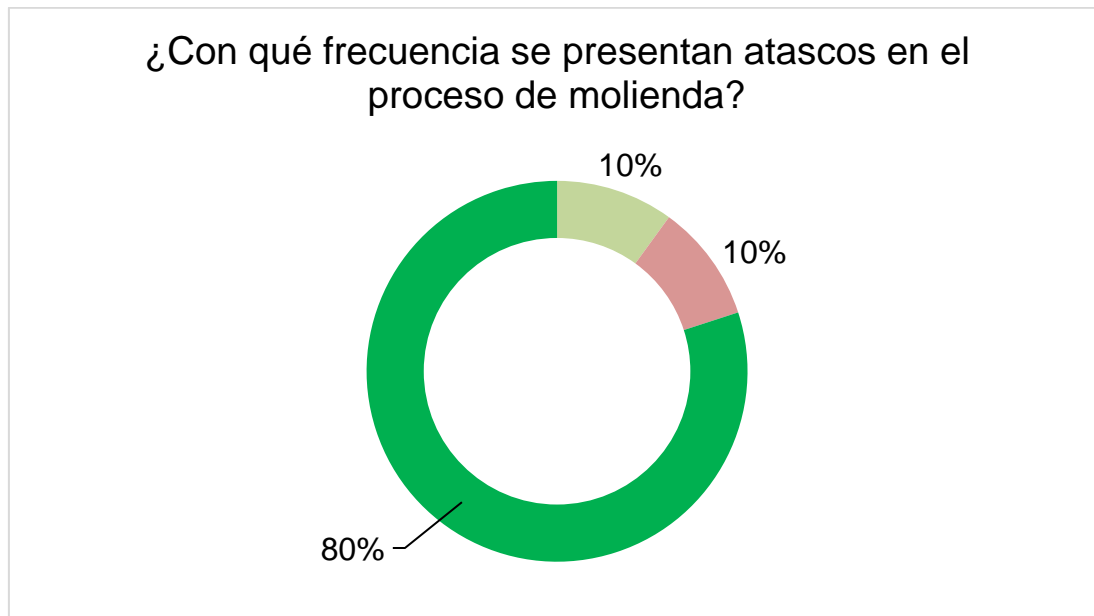
Frecuencia con la que presentan los atascos en el proceso de molienda

Cuenta de Sección 1: Frecuencia y Causa de los Atascamientos	
Etiquetas de fila	1. ¿Con qué frecuencia se presentan atascos en el proceso de molienda?
Diariamente	1
Ocasionalmente	1
Semanalmente	8
Total general	10

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 28

Frecuencia con que se presentan atascos en el proceso de molienda



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 22

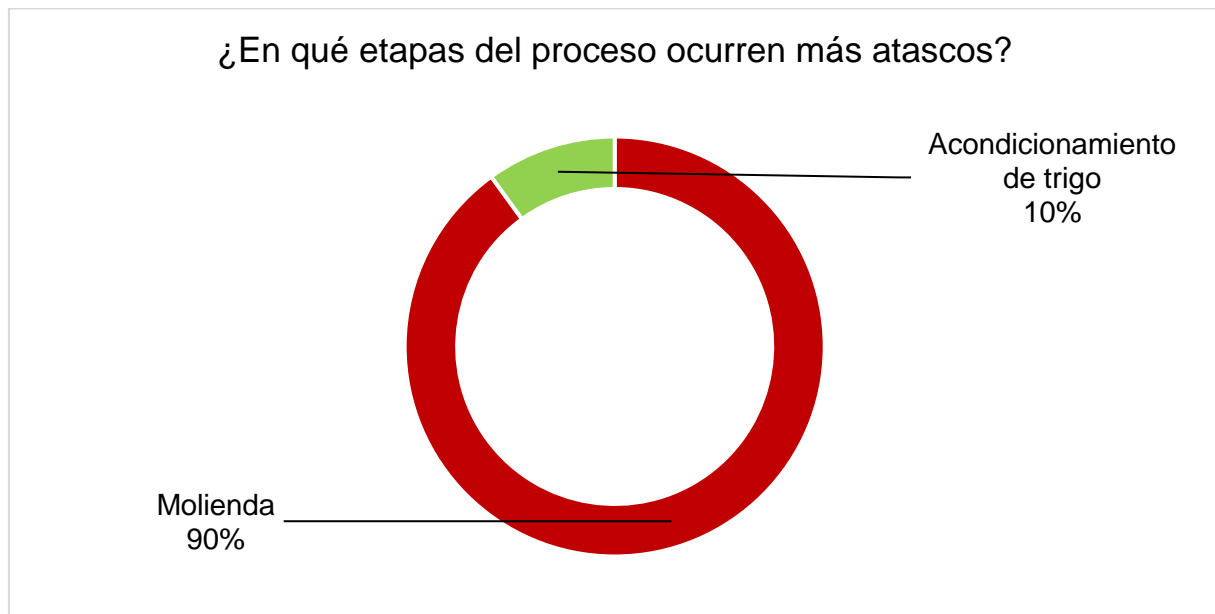
Etapas del proceso donde ocurren más atascos

Etiquetas de fila	Cuenta de 2. ¿En qué etapas del proceso ocurren más atascos? (Seleccione todas las que apliquen)
Molienda	9
Acondicionamiento de trigo	1
Total general	10

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 29

Etapas del proceso donde ocurren más atascos



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 23

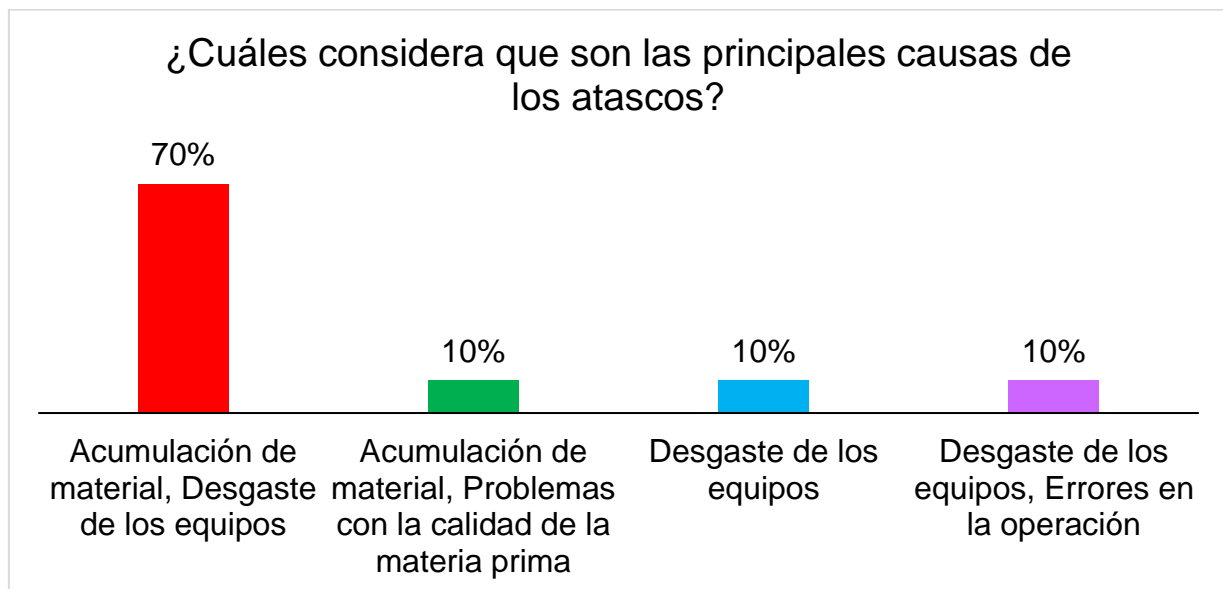
Principales causas de los atascos

Etiquetas de fila	Cuenta de 3. ¿Cuáles considera que son las principales causas de los atascos? (Seleccione todas las que apliquen)
Acumulación de material, Desgaste de los equipos	70%
Acumulación de material, Problemas con la calidad de la materia prima	10%
Desgaste de los equipos	10%
Desgaste de los equipos, Errores en la operación	10%
Total general	100%

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 30

Principales causas de los atascos



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 24

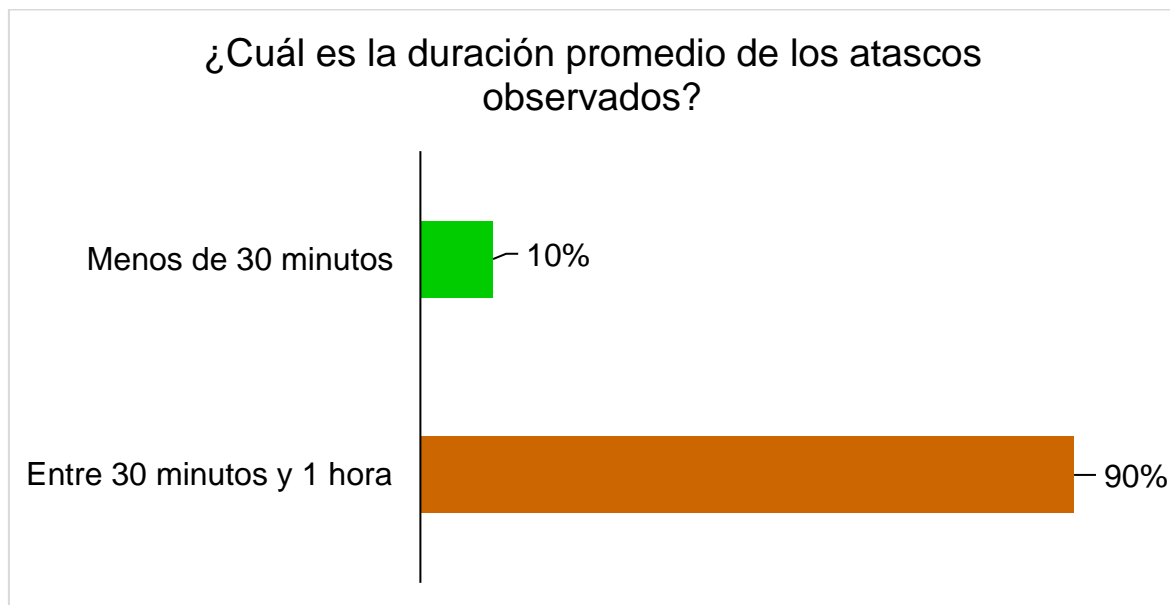
Duración promedio de los atascos observados

Etiquetas de fila		Cuenta de 4. ¿Cuál es la duración promedio de los atascos observados?
Entre 30 minutos y 1 hora		90%
Menos de 30 minutos		10%
Total general		100%

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 31

Duración promedio de los atascos observados



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 25

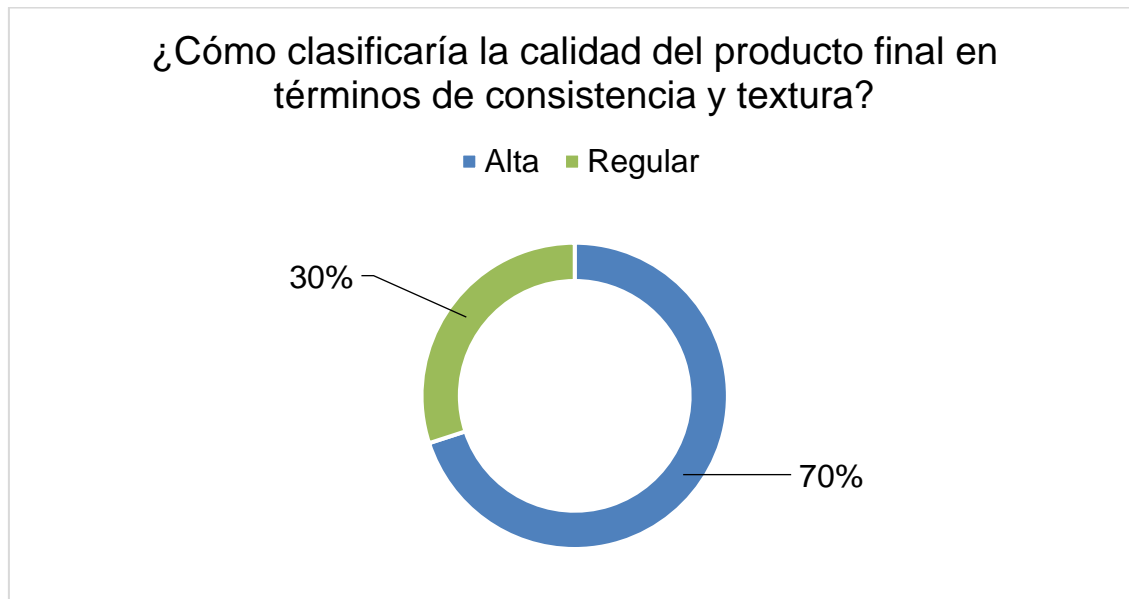
Calidad del producto final en términos de consistencia y textura

Cuenta de Sección 2: Calidad del Producto y Eficiencia	
Etiquetas de fila	1. ¿Cómo clasificaría la calidad del producto final en términos de consistencia y textura?
Alta	7
Regular	3
Total general	10

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 32

Calidad del producto final en términos de consistencia y textura



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 26

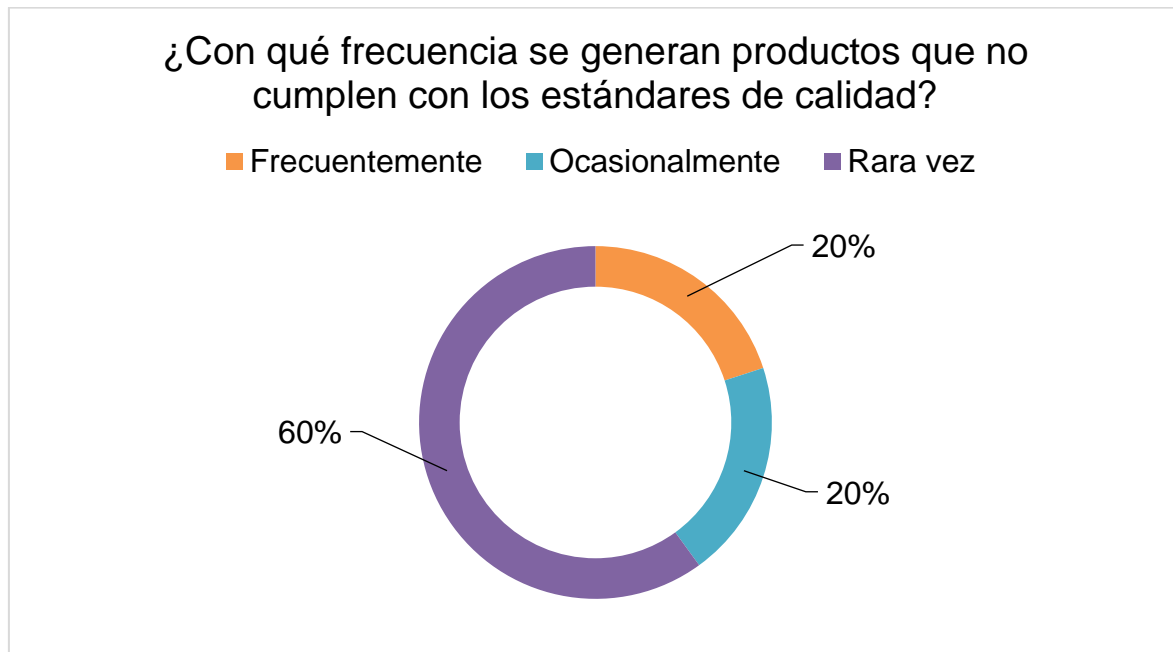
Frecuencia con que se generan productos que no cumplen con los estándares de calidad

Cuenta de 2. ¿Con qué frecuencia se generan productos que no cumplen con los estándares de calidad?	
Frecuentemente	2
Ocasionalmente	2
Rara vez	6
Total general	10

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 33

Frecuencia con que se generan productos que no cumplen con los estándares de calidad



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 27

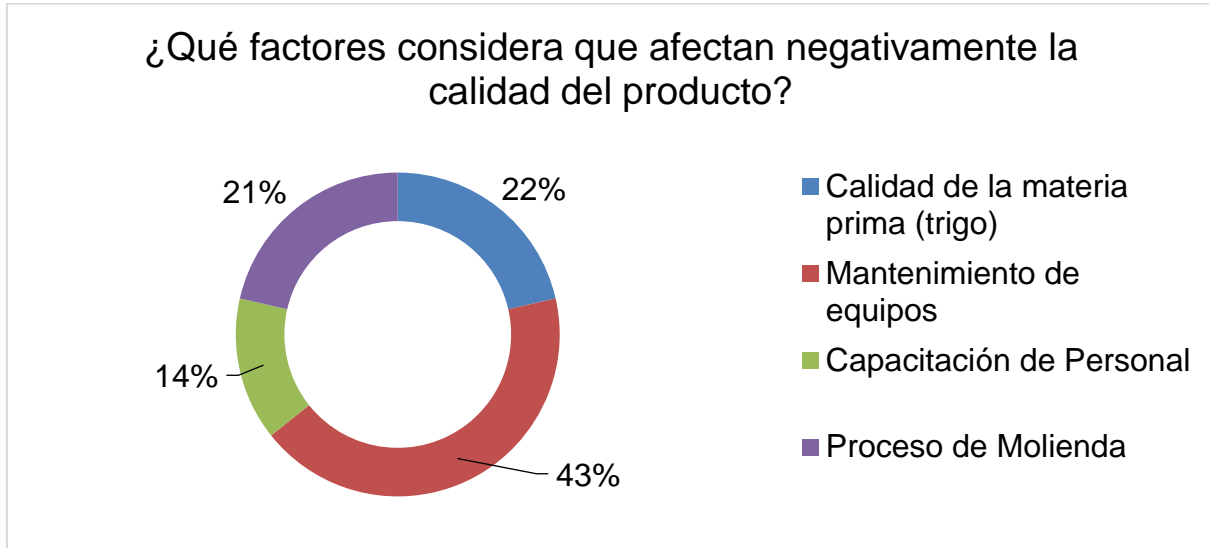
Factores que consideran afectan negativamente la calidad del producto

Etiquetas de fila	Cuenta de 3. ¿Qué factores considera que afectan negativamente la calidad del producto? (Seleccione todas las que apliquen)
Calidad de la materia prima (trigo), Mantenimiento de equipos	1
Calidad de la materia prima (trigo), Mantenimiento de equipos, Capacitación del personal	1
Calidad de la materia prima (trigo), Proceso de molienda, Mantenimiento de equipos	3
Mantenimiento de equipos	1
Proceso de molienda, Mantenimiento de equipos	3
Proceso de molienda, Mantenimiento de equipos, Capacitación del personal	1
Total general	10

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 34

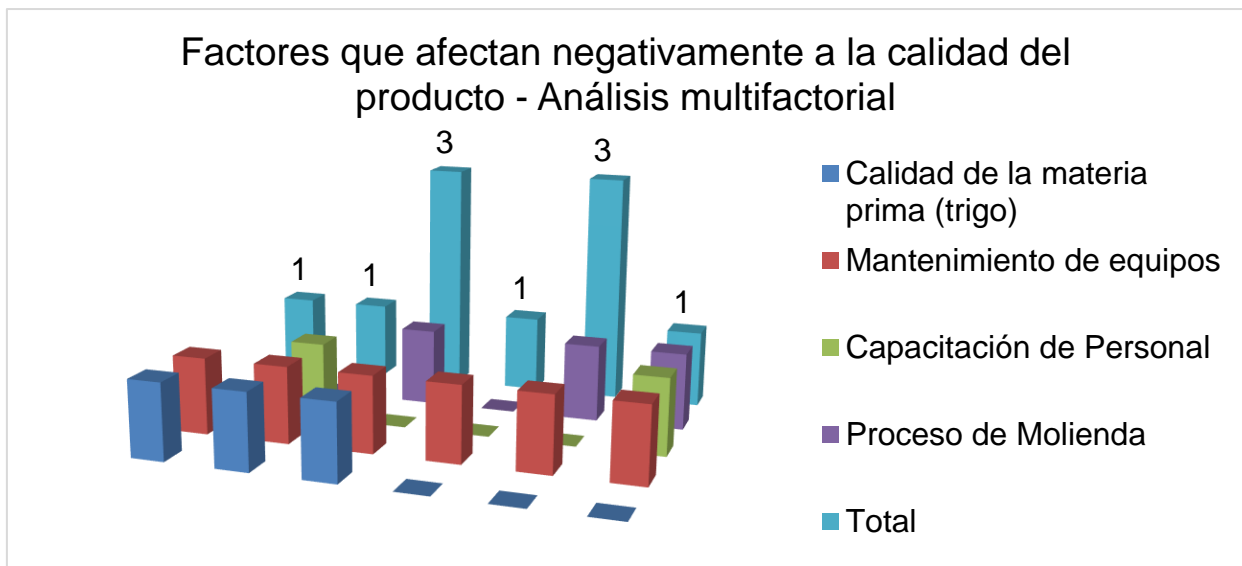
Factores que consideran afectan negativamente la calidad del producto



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 35

Factores que afectan negativamente la calidad del producto - Análisis multifactorial



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 28

Mejoras sugeridas para aumentar la eficiencia del proceso

Etiquetas de fila	Cuenta de 4. ¿Qué mejoras sugeriría para aumentar la eficiencia del proceso?
1. Hacer revisiones frecuentes en las líneas de aspiración y en las áreas críticas para evitar averías.	1
2. Analizar la distribución de la planta y los flujos de material para identificar posibles cuellos de botella y áreas de mejora.	1
3. Aumentar personal de mantenimiento	1
4. Bajar el flujo para no forzar mucho los molinos y hacerles mantenimiento más seguido alas maquinarias. Y echar menos impureza	1
5. Establecer procedimientos estandarizados para el mantenimiento preventivo de equipos, minimizando así los tiempos muertos.	1
6. Implementar un plan de mantenimiento preventivo riguroso	1
7. Mantenimiento adecuado y regular de los equipos de molienda para asegurar su funcionamiento óptimo	1
8. Optimización del flujo de materiales y mantenimiento preventivo más eficiente	1
9. Realizar mantenimiento preventivo con más frecuencia.	1
Total general	9

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 29

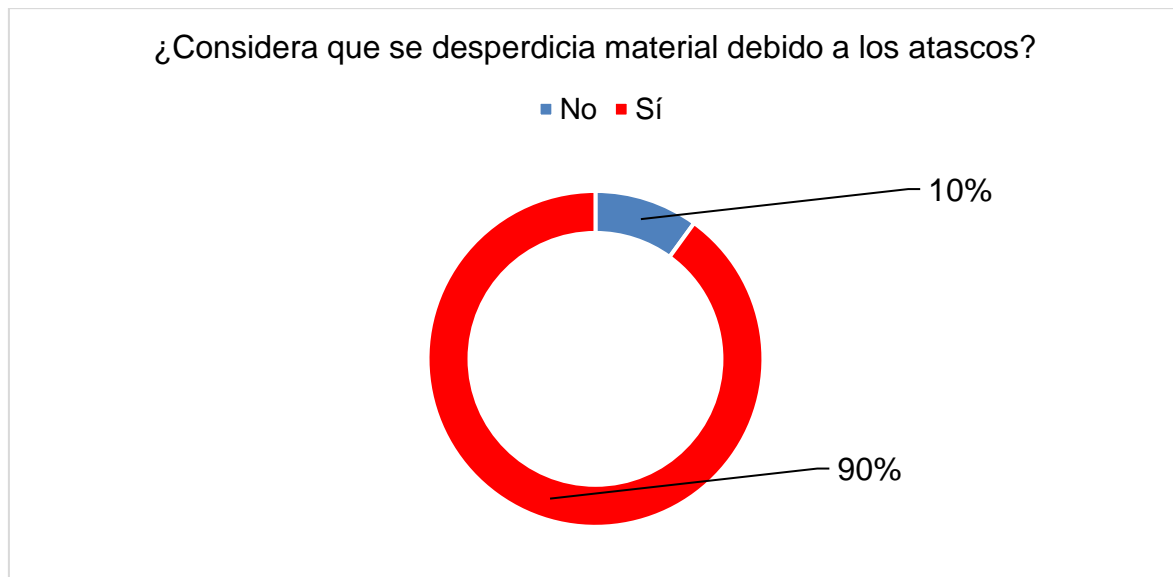
Consideración sobre el desperdicio de material debido a los atascos

Cuenta de Sección 3: Uso de Recursos y Costos	
Etiquetas de fila	1. ¿Considera que se desperdicia material debido a los atascos?
No	1
Sí	9
Total general	10

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 36

Consideración sobre el desperdicio de material debido a los atascos



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 30

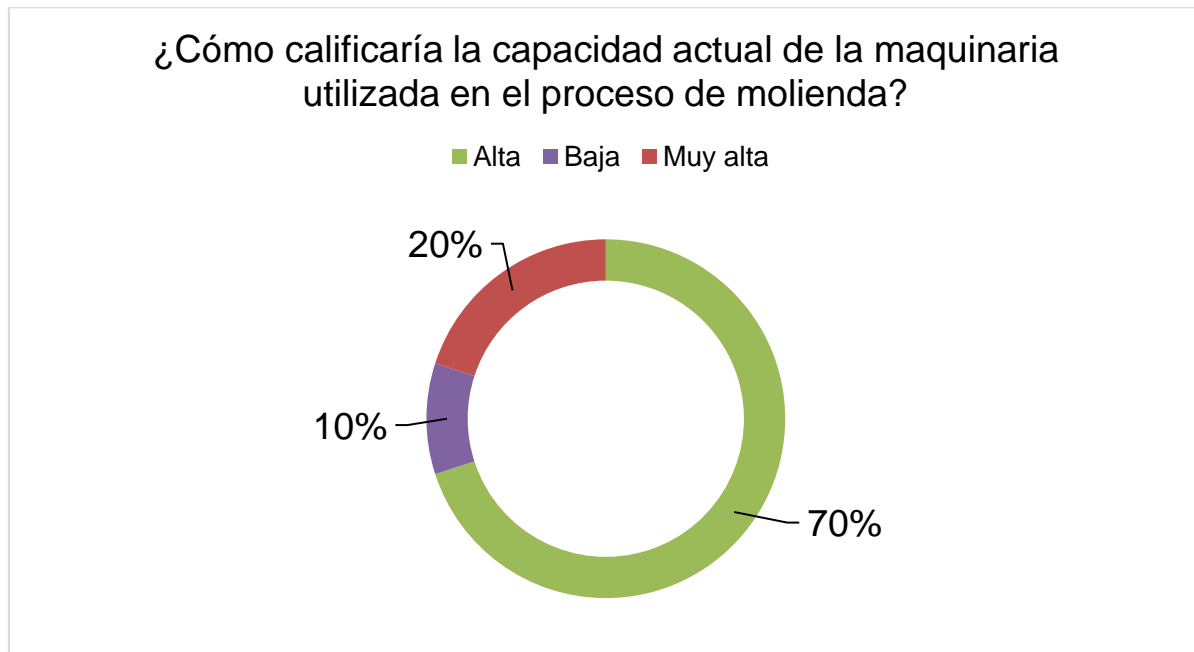
Calificación de la capacidad actual de la maquinaria utilizada en el proceso de molienda

Cuenta de 2. ¿Cómo calificaría la capacidad actual de la maquinaria utilizada en el proceso de molienda?	
Alta	7
Baja	1
Muy alta	2
Total general	10

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 37

Calificación de la capacidad actual de la maquinaria utilizada en el proceso de molienda



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 31

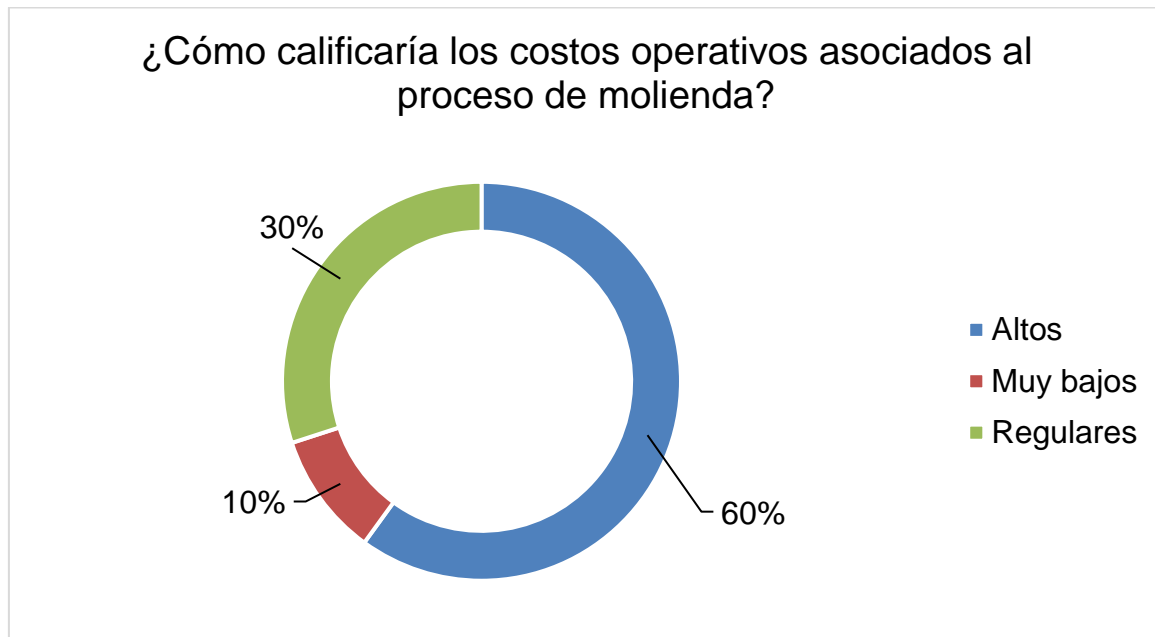
Calificación de los costos operativos asociados al proceso de molienda

Etiquetas de fila	Cuenta de 3. ¿Cómo calificaría los costos operativos asociados al proceso de molienda?
Altos	6
Muy bajos	1
Regulares	3
Total general	10

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 38

Calificación de los costos operativos asociados al proceso de molienda



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 32

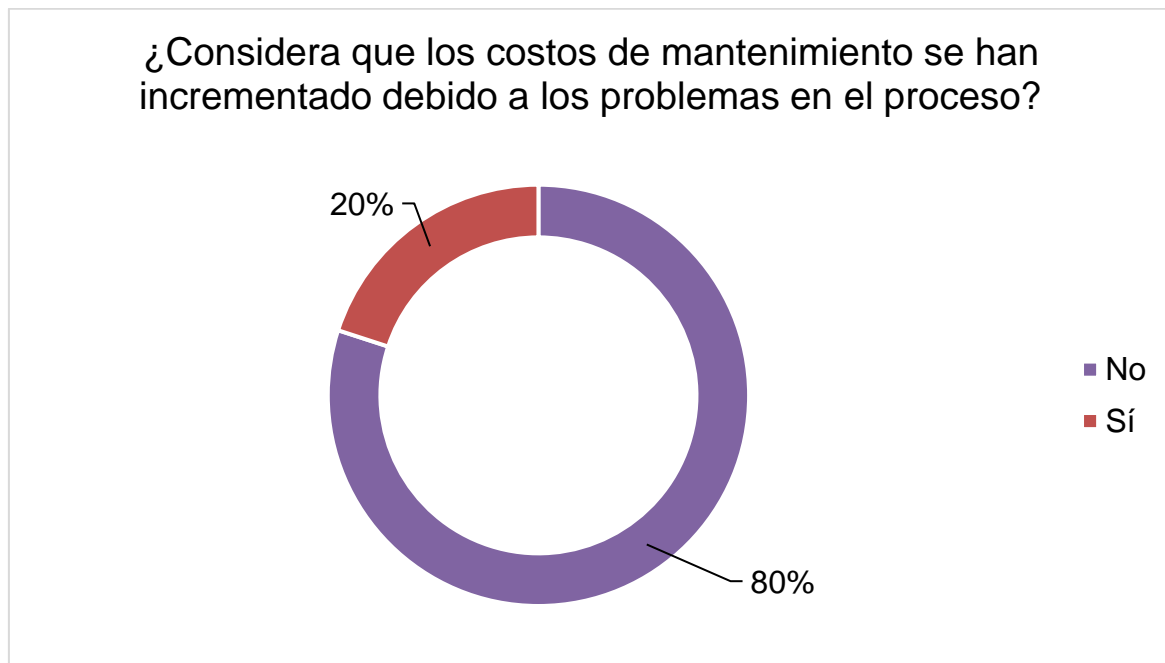
Consideración sobre el incremento de los costos de mantenimiento debido a los problemas en el proceso

Cuenta de 4. ¿Considera que los costos de mantenimiento se han incrementado debido a los problemas en el proceso?	
No	8
Sí	2
Total general	10

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Figura 39

Consideración sobre el incremento de los costos de mantenimiento debido a los problemas en el proceso



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 33

Lista de cambios que se podrían implementar para reducir los atascos y mejorar el proceso general

¿Qué cambios cree que se podrían implementar para reducir los atascos y mejorar el proceso general?

1. Aumentar el personal de mantenimiento e implementar capacitaciones al personal del área de molienda para el buen uso de las maquinarias de esa área.

 2. Bajarles el flujo a los molinos al tener le flujo muy alto es normal que haiga pegado es. Al momento de bajarle el flujo el producto se desarrolla de una mejor manera

 3. En el plan de mantenimiento incluir revisiones más frecuentes en áreas críticas donde se producen atascos.

 4. Implementar un mantenimiento preventivo regular y planificado para evitar interrupciones no planificadas.

 5. Mejorando la calidad y cantidad de herramientas

 6. Mejorar el diseño de las líneas de aspiración para reducir los puntos críticos de atascamiento.

 7. Mejorar la calibración de los equipos para evitar atascamientos

 8. Rediseño de los sistemas de aspiración para mejorar el flujo de material y reducir los puntos de atascamiento

 9. Revisión y mejoras de las líneas de aspiración
-

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 34

Lista de los tipos de capacitaciones adicionales que serían útiles para mejorar el desempeño de los trabajadores en el proceso de molienda

¿Qué tipo de capacitación adicional cree que sería útil para mejorar su desempeño en el proceso de molienda?

1. Impartir capacitación a los operarios sobre las causas comunes de los atascos y las medidas correctivas a tomar.

2. Capacitación en el manejo y mantenimiento preventivo de los equipos de molienda

3. Capacitación en el uso de herramientas de mantenimiento predictivo.

4. Capacitación en el uso de tecnología de mantenimiento predictivo

5. Cursos sobre gestión de procesos y análisis de datos para mejorar la toma de decisiones basadas en datos operativos.

6. Formación en Técnicas de mantenimientos preventivo y predictivo

7. Mantenimiento preventivo y predictivo
Control de calidad de la harina y su relación con los atascamientos

8. Una capacitación sobre la materia prima

9. Vida útil de rodamientos, aceites

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 35

Lista de otras sugerencias que los trabajadores consideran mejorarían el proceso de molienda en HARINISA S.A

¿Qué otras sugerencias tienen para mejorar el proceso de molienda en HARINISA S.A.?

1. Implementar un sistema de retroalimentación donde los empacadores puedan comunicar problemas observados en el flujo del producto.

 2. Asegurar que todas las áreas de la planta trabajen de manera coordinada y eficiente

 3. Bajarles el flujo a los molinos.? Es como andar la cadena dé una moto muy tensa conforme el tiempo se romperá al bajarle el flujo los molinos ellos molerán mejor el producto

 4. Evaluación y Actualización de la tecnología de maquinaria de

 5. Fomentar la comunicación entre los operarios y el equipo de mantenimiento para solucionar problemas rápidamente

 6. Implementar un sistema de indicadores de desempeño para monitorear los tiempos de inactividad y eficiencia, lo cual permitiría evaluar el impacto de cada mejora implementada en tiempo real.

 7. Mantenimientos preventivos

 8. Promover una cultura de mejora continua en toda la organización.

 9. Que los operadores practiquen con más frecuencia el trabajo en equipo y comunicación efectiva durante el proceso de molienda.
-

Fuente: Elaboración propia de las autoras

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS

El proceso de molienda en HARINISA S.A., evaluado a través de la metodología OEE (Efectividad Global de los Equipos), refleja una eficiencia operativa global del 45%, un valor considerablemente bajo respecto al estándar ideal de 85%. Este análisis desglosa los factores que contribuyen a esta baja eficiencia en tres pilares fundamentales:

1. Disponibilidad (71%)

Este indicador muestra que la planta estuvo disponible para operar durante el 71% del tiempo total planificado. La principal causa de pérdida de disponibilidad fue la **falta de espacios en bodega**, que representó un 46.30% del tiempo de paro. Otras causas relevantes incluyeron actividades rutinarias (28.62%), fallas eléctricas (8.68%), y fallas mecánicas (6.75%). Estas interrupciones recurrentes resultaron en un tiempo de paro total de 155.5 horas durante el mes analizado. Es importante señalar que debido a la falta de espacio en bodega, el inicio efectivo de la molienda se retrasó hasta el día 18 del mes.

2. Rendimiento (66%)

Este indicador refleja una discrepancia significativa entre la capacidad nominal y la producción real. Durante el mes analizado, la planta tenía una capacidad nominal de 4,400,000 kg, pero alcanzó una producción real de solo 2,910,335.36 kg, lo que representa una pérdida de más de 1,489,664 kg. Factores como los atoramientos en las líneas de aspiración (4.18% del tiempo de paro) y otros problemas, como el cambio de fórmulas y tolvas llenas, afectaron el flujo continuo de producción. Por ejemplo, se registraron múltiples atoramientos en los molinos T3, T4G, C5 y D1, que requirieron paradas para limpieza y acondicionamiento.

3. Calidad (95%)

Este es el pilar más fuerte del proceso, indicando que la mayoría del producto cumple con los estándares requeridos. Sin embargo, cualquier interrupción en los otros dos pilares podría comprometer este nivel de calidad a largo plazo, especialmente si las fallas mecánicas o los paros afectan los parámetros de molienda y procesamiento.

5.1. Modelo del Proceso de Molienda

Como parte del análisis, se modeló el proceso de molienda utilizando la herramienta BPMN (Business Process Model and Notation) para identificar los flujos de materiales, las interacciones entre equipos y los puntos críticos que generan pérdidas de eficiencia.

El modelo del proceso incluye las siguientes etapas clave:

1. **Recepción y almacenamiento:** El trigo es recibido y almacenado en silos.
2. **Limpieza de trigo:** Se eliminan impurezas para garantizar la calidad inicial del material.
3. **Acondicionamiento del trigo:** Se ajustan los niveles de humedad para optimizar la molienda.
4. **Molienda:** Proceso central donde el trigo se transforma en harina. Aquí se observan varios puntos críticos, como los atoramientos en las líneas de aspiración y fallas en equipos específicos.
5. **Cernido:** Verificación de calidad del producto. Si no cumple, se regresa al proceso de molienda.
6. **Dosificación de aditivos:** Mejora del producto final mediante aditivos específicos.
7. **Empaque y almacenamiento:** Producto final listo para distribución.

El diagrama BPMN adjunto ilustra claramente el flujo de actividades y destaca áreas críticas como la falta de espacio en bodega y los atoramientos en las líneas de aspiración.

5.2. Detalles de Causas de Paros

El análisis de las causas de paro durante el mes permitió identificar las siguientes actividades recurrentes:

- **Tolvas llenas y falta de espacio en bodega:** Esta fue la causa principal de paros prolongados, agravada por la falta de coordinación en las áreas de empaque.
- **Atoramientos en los molinos:** Eventos como los atoramientos en los molinos T3, T4G, C5 y D1 afectaron el flujo continuo, lo que requirió intervenciones para desatorar las líneas.
- **Problemas mecánicos y eléctricos:** Incluyen fallas en motores de aspiración, cambios de bandas y ajustes en cepilladoras.
- **Limpieza y preparación de equipos:** La limpieza de filtros de mangas y el acondicionamiento de la planta para iniciar operaciones también contribuyeron a las pérdidas de tiempo.

5.3. Impacto en la Producción

El análisis mostró que los paros acumulados generaron un impacto significativo en la producción real, que se mantuvo en un 66% respecto a la capacidad nominal. Esto representa un margen considerable de mejora, ya que se podrían recuperar más de 1,400,000 kg si se optimizan las causas de paro identificadas.

En conclusión, los datos resaltan la importancia de abordar las pérdidas de disponibilidad y rendimiento a través de estrategias como la optimización de espacios, la mejora en las líneas de aspiración y la planificación más efectiva de actividades rutinarias. Este enfoque permitirá a HARINISA S.A. alcanzar niveles más altos de eficiencia operativa y mantener la calidad del producto.

En el proceso de evaluación y diagnóstico de las áreas críticas en la producción de harina de trigo en HARINISA S.A., se analizaron las principales causas de los paros operativos en las etapas de acondicionamiento y molienda, utilizando el diagrama de Pareto como herramienta de priorización. Este análisis permitió identificar los factores que contribuyen significativamente a las interrupciones y generar un enfoque estratégico para la implementación de mejoras.

5.4. Acondicionamiento del Trigo

El análisis del diagrama de Pareto en el acondicionamiento del trigo reveló que el **80% de los problemas está relacionado con tres causas principales:**

1. **Exceso de agua durante el humedecimiento (44%).**
2. **Olores inadecuados del grano (24%).**
3. **Defecto del grano de trigo (16%).**

Estas tres categorías representan el **84% de las causas acumuladas**, lo que subraya su impacto en la eficiencia de esta etapa. La presencia de exceso de agua durante el humedecimiento puede estar relacionada con un control inadecuado en el sistema de dosificación, mientras que los olores inadecuados del grano y defectos en el mismo se asocian con problemas en la calidad de la materia prima y la logística de almacenamiento.

Otros factores identificados, como las fallas en el sistema de dosificación de agua y la insuficiencia en el tiempo de reposo del grano, también contribuyen a la ineficiencia operativa, aunque en menor medida.

5.5. Molienda y Cernido

En el caso de la molienda, el diagrama de Pareto indicó que las principales causas de los paros operativos se concentran en:

1. **Atascamiento del producto en la báscula de pesaje del molino (36%).**

2. **Fallas en el sistema de aspiración de molinos** (26%).
3. **Desajustes en los parámetros de molienda** (14%).

Estos tres factores acumulan un **76% de las causas totales**, evidenciando que el principal problema radica en la incapacidad de los sistemas actuales para manejar eficientemente el flujo de materiales durante el proceso. El atascamiento en la báscula de pesaje está relacionado con la saturación de producto, lo que impacta directamente en la continuidad del flujo de producción. Asimismo, las fallas en el sistema de aspiración limitan la capacidad de eliminar residuos, generando interrupciones frecuentes.

Otros factores, como el desgaste en los tamices del cernidor y la sobrecarga en las tolvas de almacenamiento intermedio, también se identificaron como áreas de mejora, aunque con menor incidencia en los paros operativos.

5.6. Integración de Resultados

La combinación de los resultados obtenidos en ambas etapas del proceso permite establecer una visión integral de las áreas críticas en HARINISA S.A. El exceso de agua durante el acondicionamiento y los atascamientos en la molienda destacan como los factores más relevantes que afectan la eficiencia operativa. Ambos problemas están interrelacionados, ya que una humedad inadecuada en el grano puede influir directamente en los atascamientos durante la molienda.

Además, las fallas en los sistemas de dosificación y aspiración apuntan a la necesidad de optimizar los equipos y los parámetros operativos. La implementación de controles más estrictos y la revisión de las capacidades de los sistemas actuales serán esenciales para reducir los tiempos de inactividad y mejorar el desempeño general.

5.7. Propuesta de Mejora

Con base en este análisis, se recomienda:

1. **Optimizar el sistema de dosificación de agua**, implementando sensores y controles automáticos que garanticen niveles óptimos de humedad en el grano.
2. **Ampliar la capacidad del sistema de aspiración en los molinos**, lo que permitirá manejar de manera eficiente el flujo de materiales y evitar atascamientos.
3. **Establecer un programa de mantenimiento preventivo** para garantizar el correcto funcionamiento de los tamices y las tolvas.
4. **Capacitar al personal operativo** en el monitoreo y ajuste de los parámetros de molienda y acondicionamiento, asegurando una respuesta rápida ante desviaciones.

El análisis de resultados destaca la importancia de abordar los problemas críticos en las etapas de acondicionamiento y molienda para mejorar la eficiencia en la producción de harina de trigo. La implementación de las propuestas planteadas no solo permitirá reducir los paros operativos, sino también optimizará la calidad del producto final, asegurando un mejor aprovechamiento de los recursos y fortaleciendo la competitividad de HARINISA S.A. en el mercado.

CONCLUSIÓN

El análisis realizado permitió cumplir con los objetivos planteados y proponer mejoras efectivas para optimizar el proceso de molienda en HARINISA S.A., utilizando herramientas metodológicas que abordan integralmente los problemas identificados.

El diagnóstico situacional integral evidenció limitaciones clave, como la insuficiencia en la capacidad de los silos de almacenamiento y los frecuentes atascos en las líneas de aspiración, los cuales provocan paros recurrentes y reducen la eficiencia operativa de la planta.

A través de la metodología BPMN, se modelaron gráficamente los flujos de materiales y las interacciones entre los equipos, identificando puntos críticos como cuellos de botella y áreas susceptibles a retrasos, lo que permitió priorizar soluciones específicas.

La evaluación de la eficiencia mediante el indicador OEE reveló un desempeño del 45%, significativamente inferior al estándar del sector (85%). Este análisis subrayó las principales pérdidas en tiempo, rendimiento y calidad, destacando la necesidad de mejoras en mantenimiento preventivo y en la coordinación de procesos internos.

Por otro lado, la simulación de un proceso optimizado demostró que incrementar la capacidad de almacenamiento, mejorar la planificación de inventarios y fortalecer la coordinación interdepartamental, junto con ajustes en las líneas de aspiración, puede elevar la eficiencia operativa de la planta. Estas estrategias permitirían a HARINISA S.A. acercarse al estándar de eficiencia del sector, reducir pérdidas de producción y fortalecer su competitividad en el mercado.

En definitiva, al abordar de manera integral las limitaciones identificadas y optimizar los flujos internos, HARINISA S.A. estará en una posición estratégica para incrementar su productividad y consolidarse como una operación industrial más eficiente, sostenible y competitiva en el sector de molienda y producción de harina de trigo.

RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos y las principales limitaciones identificadas en el proceso de molienda de HARINISA S.A., se proponen las siguientes recomendaciones para optimizar la eficiencia operativa y garantizar la sostenibilidad del sistema productivo:

1. Optimización del Flujo de Tolvas

- **Implementar monitoreo en tiempo real del nivel de llenado de las tolvas:** Utilizar sensores de nivel que envíen alertas automáticas cuando las tolvas se encuentren cerca de su capacidad máxima. Este monitoreo deberá estar vinculado al sistema de control de producción para evitar la saturación.
- **Planificación y sincronización del empaque:** Priorizar la salida constante del producto terminado para evitar que las tolvas alcancen su capacidad máxima. Además, optimizar la logística del empaque de harina destinada al MINED, ajustando los horarios de despacho y distribución según los picos de producción.
- **Capacidad de almacenamiento temporal:** Considerar la instalación de tolvas adicionales o silos móviles para manejar excedentes de producción durante períodos de alta demanda.

2. Reducción de Tiempos en Cambios de Fórmula

- **Aplicar la metodología SMED (Single – Minute Exchange of Die):** Analizar y documentar el proceso de cambio entre fórmulas para identificar tareas que puedan realizarse sin detener la producción. Esto permitirá estandarizar procedimientos y reducir los tiempos de cambio.
- **Programar cambios en horarios de menor impacto:** Ajustar la planificación para que los cambios de fórmula se lleven a cabo en períodos de menor demanda o cuando las tolvas no estén saturadas, disminuyendo interrupciones en el flujo productivo.

3. Automatización y Capacitación en Empaque

- **Mejorar la eficiencia del área de empaque:** Capacitar al personal en la operación eficiente de los equipos de empaque, con el fin de minimizar tiempos muertos y errores operativos. Considerar la automatización parcial de los procesos de empaque y despacho para reducir la dependencia de la mano de obra manual.
- **Aumentar la disponibilidad de montacargas:** Realizar un análisis detallado sobre el uso de montacargas para evaluar la adquisición de equipos adicionales o la implementación de un programa de mantenimiento preventivo. Priorizar el uso eficiente de estos equipos para evitar cuellos de botella en el movimiento de tolvas y productos.

4. Mejora en la Gestión de Paros Programados

- **Optimización de paros dominicales:** Aprovechar los paros programados durante los días domingo para realizar tareas de mantenimiento preventivo y limpieza profunda de los equipos, minimizando paros imprevistos entre semana.
- **Flexibilización de la producción:** Evaluar la viabilidad de implementar una producción continua o semi – continua con turnos rotativos, permitiendo reducir los tiempos de paro programado y aumentar la disponibilidad operativa de los equipos.

Tabla 36

Presupuesto

Presupuesto del proyecto de graduación

#	Rubro	Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario	Total COR	Total DOL
1	Viático de Alimentación	Almuerzos universidad	C/U	24	C\$ 80.00	C\$ 1,920.00	\$52.46
2	Transporte	Asistencia a la Universidad por Tutorías	C/U	24	C\$ 100.00	C\$ 2,400.00	\$65.57
3	Transporte	Visitas a la empresa Harinisa	C/U	8	C\$ 120.00	C\$ 960.00	\$26.23
4	Papelería	Impresión de Tesis	Global	1	C\$ 500.00	C\$ 500.00	\$13.66
5	Arancel Tutoría	Pago por asesoría técnica y metodológica en UCC	C/U	2	C\$ 21,960.00	C\$ 43,920.00	\$1,200.00
6	Equipos Informáticos	Depreciación de Computadora 6 meses Depreciación = (valor inicial – valor residual) / vida útil en años	UND	6	C\$ 292.80	C\$ 1,756.80	\$48.00
7	Software Especializado	Bizagi Modeler	C/U	1	C\$ -	C\$ -	\$0.00
Total						C\$ 51,456.80	\$1,405.92

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Tabla 37

Cronograma de actividades

Cronograma de Actividades																					
Actividades	Duración																				
	Meses	Sept				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero			
	Semanas	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
Introducción al curso y delimitación del tema																					
Capítulo I: Planteamiento del proyecto Objetivos, Antecedentes y contexto del problema, Justificación, Alcances y Limitaciones																					
Capítulo II: Marco Referencial Marco histórico, Marco conceptual, Teorías asumidas, Marco teórico, Marco legal, Marco contextual, Marco institucional																					
Capítulo III: Diseño Metodológico Tipo de proyecto, Área de estudio, Unidad de análisis, Técnicas e instrumentos de recolección de datos, Confiabilidad y validez de los instrumentos, Procesamiento y plan de análisis de la información																					
Capítulo IV: Diagnóstico Situacional Diagnóstico, Macro y Micro localización, Aspecto económico, Descripción del proceso productivo, Identificación de riesgos, Herramientas de análisis																					
Capítulo V: Estudios de Ingeniería																					
Capítulo VI: Análisis de Resultados																					
Redacción de Introducción, Dedicatoria, Agradecimientos																					
Redacción de Conclusión y Recomendaciones																					
Elaboración de Presentación en Power Point																					
Pre-defensa del proyecto																					
Defensa final del proyecto																					

Fuente: Elaboración propia de las autoras

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Avila Miramontes, J. A., Avila Salazar, J. M., Rivas Santoyo, F. J., & Martínez Heredia, D. (Septiembre de 2014). El cultivo del trigo, Sistemas de producción en el noroeste de México. Obtenido de Agricultura unisom.mx: <https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DE%20TRIGO.pdf>

Cardós, M. J., Campaña, L. E., & Abbate, P. E. (Octubre de 2017). ResearchGate. Obtenido de Calidad, molienda y panificación del trigo pan: https://www.researchgate.net/publication/320465314_Calidad_molienda_y_panificacion_del_trigo_pan

Cardós, M., Campaña, L., & Abbate, P. E. (Octubre de 2017). Calidad de molienda y panificación del trigo pan. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/320465314_Calidad_molienda_y_panificacion_del_trigo_pan

Dixon, M. (2001).

Equipo editorial, Etecé. (18 de Febrero de 2023). Marco de referencia. Obtenido de concepto: <https://concepto.de/marco-de-referencia/>

Fortón, A. (Octubre de 2022). Análisis y mejora del proceso productivo en la línea de harinas industriales de una planta de molinos aplicando herramientas de Lean Manufacturing. Obtenido de Repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú: <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/>

HARINISA S.A. (s.f.). Desarrollo sostenible. Obtenido de Desarrollo sostenible.

Hurtado, V., Santoro, F., Gómez, J., & Almarza, Á. (Octubre de 2023). Propuesta para el rediseño de sistemas de aspiración por extracción localizada. Obtenido de

Research

Gate:

https://www.researchgate.net/publication/374374738_Propuesta_para_el_rediseño_de_sistemas_de_aspiración_por_extracción_localizada

Iglesias, L., & Paz, E. (Julio de 2014). Caracterización del comportamiento agronómico y económico del cultivo de trigo (*Triticum aestivum*) "Jutapeco", La Concordia, Jinotega. Obtenido de Repositorio Institucional UNAN - LEÓN: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/6416/1/226188.pdf>

INETER. (Febrero de 2024). Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales . Obtenido de ineter.gob.ni: <https://www.ineter.gob.ni/>

INIDE. (Marzo de 2023). León en cifras. Obtenido de inide.gob.ni: <https://www.inide.gob.ni/>

JP consultoría de investigación. (2024). Validez y confiabilidad de instrumentos en una tesis. Obtenido de jpconsultoriatesis.com: <https://jpconsultoriatesis.com/validez-y-confiabilidad-de-instrumentos-en-una-tesis/>

López, H., Ramirez, K., & Sáenz, M. (Marzo de 2017). Elaboración de Galleta utilizando una mezcla de harina de trigo y harina de plátano. Obtenido de Repositorio institucional UNAN - LEÓN: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/6809/1/240041.pdf>

MARENA. (Febrero de 2024). Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales . Obtenido de [marena.gob.no](https://www.marena.gob.ni): <https://www.marena.gob.ni/>

Martel, F., & López, J. (Diciembre de 2020). Análisis, diagnóstico y propuesta de mejora del planeamiento y control de la producción en una empresa dedicada a la producción de harinas de trigo. Obtenido de Repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/17690/MARTEL_

KUAN__FRANCO_AN%c3%81LISIS_DIAGN%c3%93STICO_PROPUESTA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. (2024). Los ODS en acción. Obtenido de Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo : [https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals#:~:text=Los%20Objetivos%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20\(ODS\)%2C%20tambi%C3%A9n%20conocidos%20como,disfruten%20de%20paz%20y%20prosperidad.](https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals#:~:text=Los%20Objetivos%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20(ODS)%2C%20tambi%C3%A9n%20conocidos%20como,disfruten%20de%20paz%20y%20prosperidad.)

Rodriguez, V. (enero-abril de 2023). "Propuesta para el rediseño de sistemas de aspiración por extracción localizada". Obtenido de Revista Ingeniería UC, Vol. 30, Nro. 1.

Ruiz, A. (Noviembre de 2007). Implementación de controles de calidad para materia prima, producto en proceso y producto en empaque, en una industria harinera. Obtenido de Repositorio de la Universidad de San Carlos de Guatemala: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/>

Santiago. (4 de Agosto de 2008). Nicaragua: Relieve e hifrografía. Obtenido de geografia.laguia2000: <https://geografia.laguia2000.com/relieve/nicaragua-relieve-e-hidrografia>

Sierras y equipos, L. e. (15 de Julio de 2021). Aspiración de partículas en entornos industriales . Obtenido de Sierras y equipos Los especialistas: <https://sierrasyequipos.com/uncategorized/aspiracion-de-particulas-en-entornos-industriales/>

SINAPRED. (Febrero de 2020). Plan de Gestión de Riesgos. Obtenido de [sinapred.gob.ni](https://www.sinapred.gob.ni/): https://www.sinapred.gob.ni/images/aprendamos_de_preencion/plan_de_gestion_de_riesgos_leon.pdf

Softplan. (3 de enero de 2024). BPMN: Modelado de procesos para la eficiencia operativa. Obtenido de Softplan Sector Público :
<https://sectorpublico.softplan.com.br/blog/bpmn/>


Tesis y Másters. (13 de septiembre de 2022). Conoce las mejores técnicas e instrumentos de recolección de datos . Obtenido de tesisy masters.mx:
<https://tesisymasters.mx/instrumentos-de-recoleccion-de-datos/>

UCC. (2024). UCC Misión, Visión y Valores . Obtenido de ucc.edu.ni: <https://ucc.edu.ni/>

ANEXOS

Anexo 1


Registros de Producción

		Registro de Producción				Calidad (%)	
						95%	
DIA	HARINAS	REPASO DE HARINA	MILLRUN	TOTAL HNA + MILLRUN	RENDIMIENTO HARINA	CAPACIDAD USADA	
1	135,263.52	4,853.52	42,094.08	172,504.08	●	86%	
2	153,861.12	8,845.20	41,549.76	186,565.68	●	93%	
4	94,844.00	11,612.16	44,452.80	127,684.64	●	64%	
5	155,040.48	10,625.58	47,355.84	191,770.74	●	96%	
6	137,304.72	11,430.72	40,824.00	166,698.00	●	83%	
11	4,445.28	4,445.28	0.00	4,445.28	●	2%	
12	102,649.68	8,981.28	44,815.68	138,484.08	●	69%	
13	159,848.64	6,985.44	46,811.52	199,674.72	●	100%	
14	125,284.32	4,989.60	48,807.36	169,102.08	●	85%	
15	142,248.88	6,316.38	40,461.12	176,393.62	●	88%	
16	125,760.60	6,804.00	39,553.92	158,510.52	●	79%	
18	14,651.28	4,082.40	0.00	10,568.88	●	5%	
19	99,519.84	5,624.64	32,840.64	126,735.84	●	63%	
20	140,117.04	6,305.04	45,904.32	179,716.32	●	90%	
21	105,144.48	6,486.48	36,650.88	135,308.88	●	68%	
22	117,164.88	4,445.28	33,929.28	146,648.88	●	73%	
23	84,369.60	2,857.68	13,245.12	94,757.04	●	47%	
26	3,129.84	3,129.84	0.00	3,129.84	●	2%	
27	85,140.72	2,812.32	40,461.12	122,789.52	●	61%	
28	127,416.24	6,214.32	32,477.76	153,679.68	●	77%	
29	100,744.56	952.56	39,372.48	139,164.48	●	70%	
30	86,316.32	3,538.08	23,224.32	106,002.56	●	53%	
Total	2,300,266.04	132,337.80	734,832.00	2,910,335.36			

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Anexo 2

Disponibilidad



Disponibilidad-> 71%

DIA	HRS/PARO	HORAS TRABAJADAS	%DISPONIBILIDAD
1	3	21	88%
2	4	20	83%
4	3.5	20.5	85%
5	4	20	83%
6	5	19	79%
11	24	0	0%
12	3	21	88%
13	2	22	92%
14	2	22	92%
15	4.5	19.5	81%
16	4.5	19.5	81%
18	24	0	0%
19	4.5	19.5	81%
20	2	22	92%
21	7	17	71%
22	7	17	71%
23	1	23	96%
26	24	0	0%
27	3	21	88%
28	6	18	75%
29	5	19	79%
30	12.5	11.5	48%
Total general	155.5	160	71%

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Anexo 3

Registros de Paros

Registro de Paros

DIA	HR/INICIO	HR/FINAL	JUSTIFICACIÓN DE LOS PAROS	HRS/PARO	CAUSA
1	09:10 a. m.	10:40 a. m.	Revisión de conexiones de motor de aspiración principal.	1.5	Fallas eléctricas
1	10:45 a. m.	11:45 a. m.	Atoramientos del sistema.	1	Atoramientos
1	12:50 a. m.	01:20 a. m.	Paro de motor T4F.	0.5	Fallas eléctricas
2	03:00 a. m.	07:00 a. m.	Paro de planta por día domingo.	4	Rutinario
3	07:00 a. m.	07:00 a. m.	Paro por día domingo.	24	Día domingo
4	07:00 a. m.	08:00 a. m.	Permiso de personal de asistir a mitin sindical.	1	Mitin
4	08:00 a. m.	09:30 a. m.	Limpieza de filtro de 96 mangas.	1.5	Atoramientos
4	12:50 p. m.	01:50 p. m.	Paro de motor de 180 HP, se realizó cambio de pulsador.	1	Fallas eléctricas
5	07:00 a. m.	11:00 a. m.	Cambio de empacadora de harina.	4	Fallas mecánicas
6	07:00 a. m.	08:30 a. m.	Paro de motor de cepilladora vertical molino T3, se encontró perno atorado.	1.5	Fallas mecánicas
6	03:30 a. m.	07:00 a. m.	Paro de planta.	3.5	Rutinario
7	07:00 a. m.	07:00 a. m.	Se le brindó permiso al personal día a cuenta de vacaciones.	24	Permiso a personal
8	07:00 a. m.	07:00 a. m.	Se paro planta debido a día feriado, inventarios disponibles en bodega de harina para no afectar despachos.	24	Feriado
9	07:00 a. m.	07:00 a. m.	Se le brindó permiso a personal a cuenta de vacaciones.	24	Permiso a personal
10	07:00 a. m.	07:00 a. m.	Paro de planta por día domingo.	24	Día domingo
11	07:00 a. m.	07:00 a. m.	Debido a disponibilidad de inventarios para despacho, se arrancó acondicionado de trigo hasta el día 11	24	Disponibilidad de espacios en bodega
12	07:00 a. m.	08:30 a. m.	Acondicionar planta para inicio de molienda.	1.5	Arranque de planta
12	03:00 p. m.	04:30 p. m.	Cambio de bandas de cepilladora vertical del molino T4G. Cambio de braker de cepilladora Horizontal Slvdo.	1.5	Fallas mecánicas
13	03:35 p. m.	05:35 p. m.	Corte de energía en generador biomasa.	2	Fallas eléctricas
14	08:00 p. m.	10:00 p. m.	Tolvas llenas, personal nuevo en empaque de harina.	2	Rutinario
15	08:20 a. m.	11:20 a. m.	Vaciar tolva de harina, cambio de formula a formula de Pizza.	3	Rutinario
15	05:30 p. m.	06:30 p. m.	Atoramiento de molino C5.	1	Atoramientos
15	09:30 p. m.	10:00 p. m.	Tolvas de harina llenas.	0.5	Rutinario
16	07:00 p. m.	09:30 p. m.	Paro de cepilladora molino T4G. Tolvas de harina llenas.	2.5	Fallas mecánicas
16	05:00 a. m.	07:00 a. m.	Paro de planta.	2	Rutinario
17	07:00 a. m.	07:00 a. m.	Paro de planta por día domingo.	24	Día domingo
18	07:00 a. m.	07:00 a. m.	Debido a disponibilidad de espacio se inicio acondicionado hasta el día 18	24	Disponibilidad de espacios en bodega
19	07:00 a. m.	08:30 a. m.	Limpieza de filtro de 96 mangas.	1.5	Limpieza de equipos
19	03:00 p. m.	05:00 p. m.	Paro de motor de aspiración principal.	2	Fallas eléctricas
19	06:00 p. m.	07:00 p. m.	Atoramiento de molino D1 y T3.	1	Atoramientos
20	09:30 a. m.	10:00 a. m.	Atoramiento de molino T3 y T4G.	0.5	Atoramientos
20	02:00 p. m.	02:30 p. m.	Tolvas de empaque llenas.	0.5	Rutinario
20	03:30 p. m.	04:30 p. m.	Reparación de cadena de transportador de harina.	1	Fallas mecánicas
21	05:45 p. m.	12:45 a. m.	Tolvas de harina llenas, empaque de harina MINED. Disponibilidad de montacargas.	7	Rutinario
22	07:00 a. m.	01:30 p. m.	Empaque de harina del MINED, tolvas llenas.	6.5	Rutinario
22	06:15 p. m.	06:45 p. m.	Atoramiento de molino T4G.	0.5	Atoramientos
23	07:00 a. m.	08:00 a. m.	Tolvas de harina llenas.	1	Rutinario
23	02:30 p. m.	07:00 a. m.	Permiso a personal a cuenta de vacaciones.	16.5	Permiso a personal
24	07:00 a. m.	07:00 a. m.	Paro de planta por día domingo.	24	Día domingo
25	07:00 a. m.	07:00 a. m.	Paro de planta, por día feriado.	24	Feriado
26	07:00 a. m.	07:00 a. m.	Paro de planta, inicio de acondicionado, disponibilidad de inventario para despacho en bodega.	24	Disponibilidad de espacios en bodega
27	07:00 a. m.	09:30 a. m.	Brindar el tiempo adecuado al trigo a reposo a molienda.	2.5	Limpieza de equipos
27	12:00 p. m.	12:30 p. m.	Atoramiento de molino T3.	0.5	Atoramientos
28	12:00 p. m.	02:00 p. m.	Tolvas llenas, cambio de harina de Ricarina a Suave.	2	Rutinario
28	02:00 p. m.	03:00 p. m.	Limpieza de molinos cambio de molienda Ricarina a suave.	1	Limpieza de equipos
28	08:00 p. m.	09:00 p. m.	Limpieza de molinos cambio de molienda suave a Ricarina.	1	Limpieza de equipos
28	09:00 p. m.	10:30 p. m.	Se realizo set off por tolva B, realizando empaque de harina en tolva A, tolva de set off llena.	1.5	Rutinario
28	01:15 p. m.	02:15 p. m.	Atoramiento en retentor de ciclón de tolva de repaso.	0.5	Atoramientos
29	06:20 p. m.	11:20 p. m.	Tolvas llenas, empaque de harina MINED.	5	Rutinario
30	08:30 a. m.	02:30 p. m.	Paro por tolvas llenas, empaque de harina del MINED.	6	Rutinario
30	07:00 p. m.	01:30 a. m.	Cambio de motor de PCC.	6.5	Fallas eléctricas
31	07:00 a. m.	07:00 a. m.	Paro de planta por día domingo.	24	Día domingo

Fuente: Elaboración propia de las autoras

Anexo 4

Piso 6: Acondicionamiento de trigo



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Anexo 5

Piso 5: Acondicionamiento de trigo



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Anexo 6

Piso 4, Nivel A: Limpieza de trigo



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Anexo 7

Piso 4, Nivel B: Área de dosificadores y filtros



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Anexo 8

DMI



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Anexo 9

Silos de acondicionamiento



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Anexo 10

Área de dosificadores y filtros



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Anexo 11

Piso 3: Área de aspiración



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Anexo 12

Cernidores



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Anexo 13

Triaverjone



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Anexo 14

Tolva de segundo repaso



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Anexo 15

Piso 1: Área de molienda



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Anexo 16

Empaque de harina y afrecho



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Anexo 17

Visita de campo a planta HARINISA



Fuente: Elaboración propia de las autoras

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad
¡Somos la universidad para la gente que triunfa!*

Anexo 18

Visita de campo a planta HARINISA



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Anexo 19

Visita de campo a planta HARINISA



Fuente: Elaboración propia de las autoras

Anexo 20

Encuesta con el personal operativo de planta



Fuente: Elaboración propia de las autoras