UPN
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

MANTENIMIENTO ORIENTADO A LA CONFIABILIDAD PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD EN UNA EMPRESA DE FIDEERÍA

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Vicente Juan Zegarra Garcia

Asesor:

Dr. Ing. Miriam Bravo Orellana

https://orcid.org/0000-0001-9971-6874

Lima - Perú

2025

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	**MARCO ANTONIO DIAZ DIAZ**
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	**RAFAEL ALBERTO ORTIZ CONDORI**
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	**MIRIAM BRAVO ORELLANA**
	Nombre y Apellidos

Informe de Similitud

Vicente Juan Zegarra Garcia

MANTENIMIENTO ORIENTADO A LA CONFIABILIDAD PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD EN UNA EMPRESA DE FI...

Quick Submit

Quick Submit

Asesores

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3229680196

Fecha de entrega
26 abr 2025, 5:48 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
26 abr 2025, 5:56 p.m. GMT-5

Nombre de archivo
Tesis_Vicente_Zegarra_V12_25-03-2025_-_1.docx

Tamaño de archivo
2.4 MB

85 Páginas

15.031 Palabras

87.095 Caracteres

turnitin Página 2 of 93 - Integrity Overview Identificador de la entrega trn:oid:::1:3229680196

20% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography

Top Sources

19% Internet sources
2% Publications
5% Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Dedicatoria

A mi amada hija Luciana, cuya paciencia y comprensión iluminaron los días más difíciles. Este trabajo, que tantas veces me robó el tiempo que debía ser tuyo, es también para ti. Gracias por esperarme con ese amor infinito que solo una hija puede dar, y por ser la inspiración que me impulsó a nunca rendirme.

A mi querida esposa, mi compañera incondicional, cuyo apoyo y dedicación han sido el pilar que sostuvo este camino. Gracias por tu fortaleza, por soportar tantos malos ratos con una generosidad inigualable y por encontrar tiempo para estar a mi lado, aun cuando tus propios días eran absorbidos por tu labor como contadora pública. Este logro no sería posible sin tu fe en mí y tu amor constante.

A ambas, Luciana y tú, les dedico este esfuerzo, con la esperanza de que sea un reflejo de cuánto las valoro y amo.

Agradecimiento

A la Universidad Privada del Norte, cuya excelencia académica y compromiso con la formación integral han sido la base sólida para alcanzar este importante logro en mi vida.

Agradezco profundamente a esta institución por brindarme un entorno de aprendizaje enriquecedor, donde no solo adquirí conocimientos, sino también valores que moldearon mi camino profesional y personal. Su enfoque en la innovación, la excelencia y el desarrollo humano deja una huella imborrable en cada uno de sus estudiantes.

Tabla de contenidos

Índice de tablas 7

Índice de Figuras 8

Resumen 9

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN 11

1.1. Realidad problemática 11

1.3. Formulación del problema 18

1.4. Objetivos. 18

1.5. Hipótesis 18

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA 19

CAPÍTULO III: RESULTADOS 56

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES 63

REFERENCIAS 71

ANEXOS 77

Índice de tablas

Tabla 2 Aplicación del método de los 5 30

Tabla 3 Impacto en el cumplimiento de la demanda programada 2023 31

Tabla 4 Registro de paradas en las líneas de pasta corta y larga - 2023 33

Tabla 5 Causa 1 del motivo 1 - Planificación - Falla en los registros de control 35

Tabla 6 Causa 2 del motivo 1 - Falta de procedimientos y capacitación 36

Tabla 7 Causa 1 del motivo 2 - Mantenimiento - Falla en hermetizado 36

Tabla 8 Causa 2 del motivo 2 - Mantenimiento - Falla en reparaciones por terceros 37

Tabla 9 Etapas de implementación del RCM 38

Tabla 10 Formación de equipo de trabajo 39

Tabla 11 Cálculo del promedio anual indicadores MTBF, MTTR y Disponibilidad 40

Tabla 12 Datos obtenidos de líneas 40

Tabla 13 Indicador antes y después de la mejora 48

Índice de Figuras

Figura 2 Proceso de fabricación de pasta larga 28

Figura 3 Proceso de producción de pasta corta 29

Figura 4 Árbol de problemas y soluciones 32

Figura 5 Disponibilidad de equipos a nivel mensual 34

Figura 6 Principales motivos de las paradas de máquinas 35

Figura 7 Cuadro de criticidad 41

Figura 8 Implementación del AMEF basado en los resultados de la Figura 7 41

Figura 9 AMEF para las causas del árbol de problemas 42

Figura 10 Tabla de valores AMEF 43

Figura 11 Cronograma de capacitación semanal 43

Figura 12 Errores frecuentes en registros SAP 44

Figura 13 Plan para aplicar a los servicios de terceros 45

Figura 14 Plan preventivo en empaques de tina amasado 47

Figura 15 Seguimiento de la disponibilidad con la mejora - 2024 49

Figura 16 Diagrama de Gantt 51

Figura 17 Pronóstico de un flujo de caja económico 53

Figura 18 Gráfica de correlación 54

Figura 19 Gráfica de Desviación Estándar 55

Figura 20 Diagnóstico Inicial de Disponibilidad 57

Figura 21 Impacto del RCM en indicadores de rendimiento 58

Figura 22 Impacto criticidad AMEF 58

Figura 23 Análisis Costo - Beneficio del RCM 61

Resumen

La investigación se centró en la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para optimizar las operaciones en las líneas de producción de Pasta Larga y Pasta Corta. El diagnóstico inicial reveló una baja eficiencia operativa con una disponibilidad del 77% y tiempos prolongados de mantenimiento.

La implementación del RCM logró mejorar la disponibilidad de los equipos al 99.5%, reducir el MTTR a 0.17 horas e incrementar el MTBF a 33.38 horas, evidenciando una optimización significativa de los procesos. El análisis financiero confirmó la viabilidad del RCM, con un ahorro neto de S/ 462,837 tras los costos iniciales.

El análisis AMEF identificó áreas críticas, como el costo de mantenimiento y el impacto operacional, proponiendo prioridades para futuras acciones correctivas. Los resultados demuestran que el RCM es una herramienta efectiva para mejorar la confiabilidad, la productividad y la sostenibilidad económica, alineándose con estándares de mejora continua.

Palabras Claves

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), Disponibilidad de equipos, MTTR (Tiempo Medio para Reparar), MTBF (Tiempo Medio entre Fallos), Optimización de procesos, Análisis Costo-Beneficio, AMEF (Análisis Modal de Efectos y Fallos).

Abstract: This research focused on the implementation of Reliability-Centered Maintenance (RCM) to optimize operations in the production lines of Long Pasta and Short Pasta. The initial diagnosis revealed low operational efficiency, with equipment availability at 77% and prolonged maintenance times.

The implementation of RCM significantly improved equipment availability to 99.5%, reduced MTTR (Mean Time to Repair) to 0.17 hours, and increased MTBF (Mean Time Between Failures) to 33.38 hours, showcasing a substantial optimization of processes. The financial analysis confirmed the feasibility of RCM, achieving a net saving of S/ 462,837 after initial costs.

The AMEF (Failure Modes and Effects Analysis) identified critical areas such as maintenance costs and operational impact, providing priorities for future corrective actions. The results demonstrate that RCM is an effective tool to enhance reliability, productivity, and economic sustainability, aligning with continuous improvement standards.

Keywords Reliability-Centered Maintenance (RCM), Equipment availability, MTTR (Mean Time to Repair), MTBF (Mean Time Between Failures), Process optimization, Cost-Benefit Analysis, AMEF (Failure Modes and Effects Analysis)

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Desde hace algunos años, las empresas fabricantes de pastas han enfrentado retos significativos en la disponibilidad de sus equipos. Uno de los problemas más críticos ha sido la alta frecuencia de fallas mecánicas, afectando la continuidad operativa, lo que se debe al desgaste natural de los equipos y a la ausencia de un mantenimiento predictivo adecuado. Además, la escasez de repuestos y la demora en las reparaciones han incrementado los tiempos de inactividad, afectando la eficiencia del sistema productivo, mientras que la falta de personal capacitado para ejecutar mantenimiento especializado también ha sido un factor determinante en la recurrencia de fallos.

Por otro lado, la digitalización y conectividad de las máquinas han mitigado el impacto de la comoditización del hardware, permitiendo reducir el 'time-to-market' entre un 20% y 50% y mejorar la eficiencia operativa hasta en un 85%, con un enfoque en la optimización energética para reforzar la sostenibilidad (Rivero, 2020).

Desde hace algunos años, las empresas fabricantes de pastas han enfrentado retos significativos en la disponibilidad de sus equipos. Uno de los problemas más críticos ha sido la alta frecuencia de fallas mecánicas, afectando la continuidad operativa debido al desgaste natural de los equipos y a la ausencia de un mantenimiento preventivo adecuado. Además, la escasez de repuestos ha generado demoras en la reparación de equipos, prolongando los tiempos de inoperancia, mientras que la falta de personal capacitado sigue siendo un desafío, ya que existe un número limitado de técnicos especializados en mantenimiento de máquinas de producción de fideería, dificultando una respuesta rápida y eficiente ante problemas técnicos. Sumado a esto, las dificultades financieras han afectado la capacidad de muchas empresas para obtener el

subsidio adecuado para la actualización y el mantenimiento de sus equipos, comprometiendo la continuidad de la producción (Sojo y Solís, 2016).

Ante esta situación, varias industrias han adoptado tecnologías avanzadas, como la Industria 4.0, mediante el uso de IoT; asimismo, han incorporado prácticas de sostenibilidad, incluyendo el empleo de energías renovables y la reducción de emisiones de carbono (Lindquist, 2024). Sin embargo, un sector de la industria sigue resistiéndose al cambio tecnológico debido a los altos costos y el proceso de adaptación del personal (Statista, 2024).

Un estudio realizado por la Revista Internacional de Investigación e Innovación en Ciencias Aplicadas (IJRIAS) de Ohio, Estados Unidos, destaca la importancia del RCM y su implementación en la industria de alimentos. Su aplicación ayuda a reducir el tiempo de inactividad, ya que permite identificar y prevenir fallas en equipos complejos, disminuyendo significativamente las interrupciones no planificadas y protegiendo los ingresos de la empresa. Asimismo, el RCM mejora la confiabilidad de los activos al enfocarse en el mantenimiento preventivo y predictivo, aumentando la vida útil de los equipos y asegurando una producción continua y eficiente.

Desde una perspectiva de costos, su implementación puede generar ahorros sustanciales al prevenir fallas antes de que ocurran, evitando reparaciones costosas y pérdidas de producción; en términos de seguridad alimentaria, el RCM contribuye a evitar fallas que podrían causar contaminación del producto, garantizando su calidad y seguridad. Un caso de estudio realizado en Nestlé evidenció los beneficios del RCM en la industria alimentaria, ya que la empresa enfrentó problemas de tiempo de inactividad no planificado y calidad de producción inconsistente en su línea de yogur debido a un mantenimiento ineficaz basado en el tiempo.

La solución aplicada fue la implementación del RCM, incluyendo un análisis detallado del sistema, FMEA, estrategias de mantenimiento y capacitación del personal, cuyos resultados fueron una reducción del 30% en el tiempo de inactividad, un aumento del 10% en la producción, una mejora del 15% en la calidad del producto y una disminución del 10% en los costos de mantenimiento. En conclusión, el RCM es una herramienta clave para mejorar la confiabilidad del proceso de producción, la calidad del producto terminado y la rentabilidad en la industria de alimentos y bebidas.

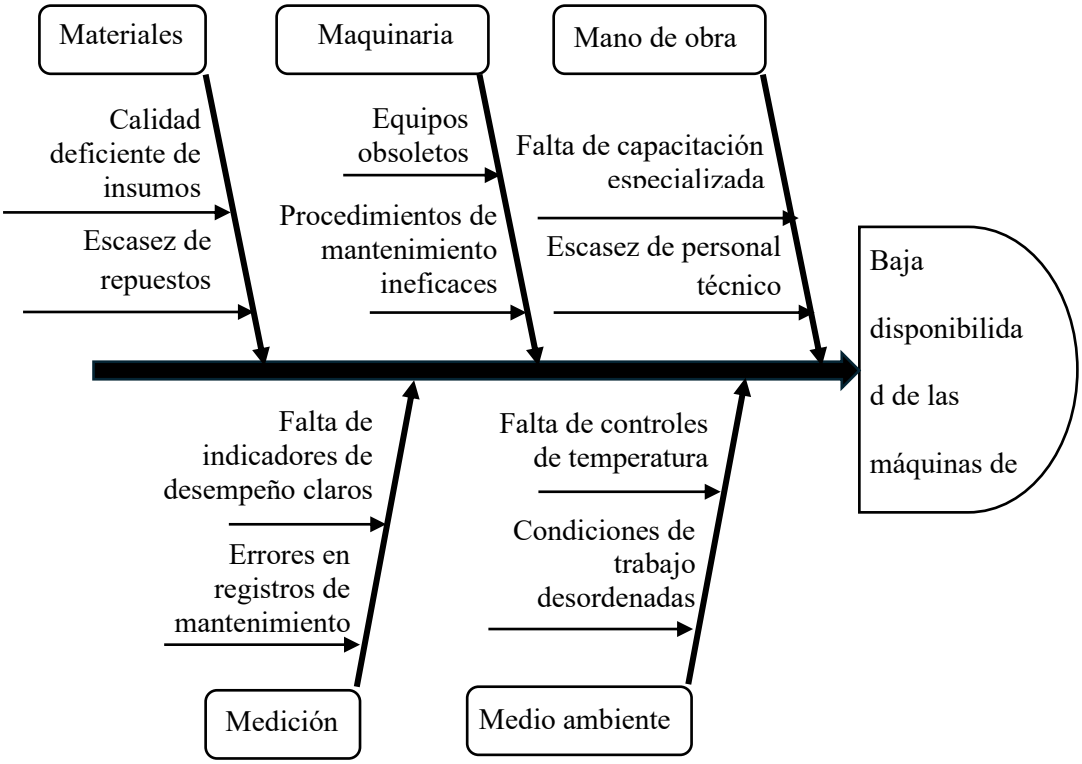
El desarrollo del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) puede mejorar significativamente la disponibilidad de las máquinas en una planta de producción de alimentos. En la investigación de Arévalo (2021), se planteó un sistema de mantenimiento basado en confiabilidad para la empresa Perupast S.R.L, fabricante de pastas, la cual enfrentaba detenciones imprevistas y baja productividad debido a la dependencia del mantenimiento correctivo, por lo que se diseñó un plan de mantenimiento preventivo complementado con el Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) y una hoja de decisión estratégica. Los resultados de este estudio evidenciaron mejoras sustanciales, reduciendo el tiempo programado de mantenimiento de 205 horas; el Tiempo Medio Entre Fallos (MTTF) se estableció en 44.4 horas; asimismo, el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) disminuyó a 0.84 horas, lo que incrementó la disponibilidad de los equipos a un 91.04%, permitiendo alcanzar una productividad de 394 paquetes por día, representando el 82.1% de la capacidad proyectada.

Otra investigación sobre la optimización de la disponibilidad de máquinas propuso el mantenimiento preventivo utilizando el procedimiento del RCM, priorizando los equipos según su criticidad, cuyos indicadores mejoraron sustancialmente al incrementar la disponibilidad de los equipos de 81.47% a 93.83% y la confiabilidad de 97.84% a 98.13% (Carbajal et al., 2021).

En la Figura 1 se muestra el análisis de Ishikawa sobre las principales causas raíz de la baja disponibilidad en el caso de estudio, según los factores de las 6M: mano de obra, materiales, maquinaria, métodos, medio ambiente y mediciones.

Figura 1

Diagrama de Ishikawa: Análisis de causas.



Nota. Recuperado de "Diagrama de Ishikawa", Editorial Etecé (2025) https://concepto.de/diagrama-de-ishikawa/?form=MG0AV3

Este estudio se fundamentó en un modelo teórico que examinó un caso hipotético de producción alimentaria, analizando problemas recurrentes en el sector, como la baja disponibilidad de maquinaria, que afectó la capacidad productiva y la competitividad en el mercado nacional. También se consideraron factores como fallas mecánicas, escasez de

repuestos y métodos operativos ineficientes, los cuales impactaron la calidad del producto, ocasionaron retrasos en las entregas y generaron reprocesos y sobrecostos.

Alcántara (2021) analizó la confiabilidad de los equipos en la empresa Kusimayu S.A.C., implementando un modelo experimental cuantitativo de alcance correlacional en 51 máquinas. Antes de la aplicación del plan preventivo, la empresa enfrentaba múltiples fallas en su sistema de mantenimiento debido a deficiencias metodológicas. Mediante mediciones como MTBF, MTTR y confiabilidad, y apoyándose en registros de inspección y evaluación de repuestos, la confiabilidad incrementó del 19% al 257%, mientras que la reducción en fallas mejoró la estabilidad operativa.

Por su parte, Salazar (2024) definió la disponibilidad como la capacidad de un sistema o equipo para estar operativo y listo cuando se requiere, destacando que en la industria de alimentos, el mantenimiento preventivo ha sido clave para prevenir fallos inesperados. Su estudio resaltó la importancia de estrategias de mantenimiento planificadas, como revisiones periódicas, cambios de piezas y ajustes, siguiendo las recomendaciones del fabricante. Además, el mantenimiento preventivo se integró con el Mantenimiento Productivo Total (TPM), fomentando la participación activa del personal operativo en los planes de mantenimiento, optimizando eficiencia y reduciendo costos asociados a fallos y reparaciones urgentes.

Maya (2018) aplicó el RCM dentro del TPM, estructurando la participación de los equipos en el mantenimiento y centrándose en la gestión predictiva para identificar condiciones ideales y posibles puntos de avería en los modos de falla. En la misma línea, Pari y Valladolid (2022) desarrollaron un plan basado en RCM para mejorar la confiabilidad de las máquinas en el proceso de envoltura de café, logrando una mejora en la disponibilidad de los equipos del 80.91% al 89.41%, junto con un incremento del volumen de producción en 9.36%.

Benel (2020) analizó la implementación de un plan de mantenimiento en la empresa Agroindustrias y Comercio S.A., la cual enfrentaba problemas de baja disponibilidad y rentabilidad debido a un mantenimiento correctivo ineficiente. Se identificaron 115 detenciones en equipos de producción de pastas y 77 en equipos de harina de trigo. La propuesta de mejora basada en análisis de criticidad, matriz de fallas y AMEF permitió elevar la disponibilidad de las máquinas al 84%, mejorar la rentabilidad al 26.3% y reducir significativamente las horas de parada. Además, el análisis costo-beneficio determinó que por cada sol invertido en gestión de mantenimiento, la empresa obtuvo un retorno de 1.68 soles, validando la viabilidad económica de la propuesta.

Finalmente, Muso (2024) destacó que, durante la fase de implementación, las empresas fabricantes de fideos adoptaron planes de mantenimiento preventivo para minimizar interrupciones operativas. La programación de inspecciones regulares y la capacitación del personal permitieron extender la vida útil de los equipos y optimizar recursos, mejorando la eficiencia general del proceso productivo.

Estos estudios refuerzan la efectividad del RCM como una herramienta clave para mejorar la confiabilidad operativa y la productividad en diversos sectores industriales.

1.2. Justificación

1.2.1. Justificación Teórica

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) se basa en principios teóricos que han demostrado su efectividad en la optimización de la disponibilidad de equipos en entornos productivos. Oluwasegun (2024) señala que el RCM reduce significativamente el tiempo de inactividad no planificado, incrementa la confiabilidad de los activos y minimiza los costos operativos, al enfocar sus estrategias en el mantenimiento preventivo y predictivo.

Estudios previos, como los realizados en Nestlé, demostraron que su implementación permitió mejorar en un 15% la calidad de los productos y aumentar en un 10% la productividad. En el presente estudio, el RCM se establece como un marco teórico sólido para abordar la problemática de baja disponibilidad en las líneas de producción de pasta larga y corta, combinando el análisis modal de efectos y fallos (AMEF), la planeación estratégica y la optimización de recursos.

1.2.2. Justificación práctica

El diagnóstico inicial de la empresa mostró una disponibilidad promedio de los equipos del 77%, un valor considerablemente inferior a la meta del 98% establecida por la organización. Esta baja disponibilidad provocó un incumplimiento del 35.2% en la demanda programada, generando pérdidas económicas debido a tiempos improductivos.

La implementación del RCM representa una solución práctica para abordar problemas críticos, como la falta de planificación, la capacitación insuficiente y los fallos recurrentes en procesos clave, entre ellos el hermetizado de tapas y las reparaciones realizadas por terceros.

Casos de éxito reportados en la investigación de Arévalo (2021), en empresas de características similares, reflejan incrementos en la disponibilidad de los equipos hasta un 91.04% mediante la aplicación de estrategias basadas en RCM. Estos resultados validan la aplicación práctica del RCM en el sector alimenticio, garantizando mejoras en la continuidad operativa y optimizando la productividad empresarial.

1.2.3. Justificación económica

Desde el punto de vista financiero, la implementación del RCM se presenta como una estrategia altamente rentable. El análisis costo-beneficio de esta investigación refleja un ahorro neto de S/ 462,837, derivado de la reducción de tiempos improductivos y la optimización en el

uso de recursos. Con una inversión inicial de S/ 421,895, se proyecta un retorno económico significativo, reflejado en el aumento de la disponibilidad de los equipos al 99.5%, la reducción del MTTR a 0.17 horas y el incremento del MTBF a 33.38 horas. Estos resultados validan la sostenibilidad económica de la propuesta, asegurando la recuperación de la inversión y generando beneficios financieros sostenibles a largo plazo.

1.3. Formulación del problema

¿De qué manera el RCM incrementa la disponibilidad de los equipos en una empresa de Fideería?

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo General

Implementar el RCM para incrementar la disponibilidad de los equipos en una empresa de Fideería

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico para evaluar la disponibilidad inicial de los equipos en una empresa de Fideería.
- Diseñar la propuesta de mejora en base a la gestión del RCM para incrementar la disponibilidad de los equipos.
- Realizar un análisis Costo-Beneficio de la aplicación del RCM para comprobar su viabilidad

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

La gestión eficiente del RCM incrementa la disponibilidad de los equipos en una empresa de Fideería.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Alcance de la investigación

Este estudio aborda la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) en una empresa de fideería, con el propósito de optimizar la disponibilidad de sus equipos. Para evaluar su impacto, se ha desarrollado una simulación basada en modelos teóricos y datos proyectados, permitiendo analizar los efectos de la aplicación del RCM en la gestión de mantenimiento.

El estudio comprende el diagnóstico inicial de la disponibilidad, el diseño de una propuesta de mejora basada en RCM, el análisis de su implementación y la evaluación costo-beneficio de los resultados obtenidos dentro de este modelo simulado.

El análisis se centró en las líneas de producción de pasta larga y pasta corta, examinando factores como la frecuencia de fallos, los tiempos de inactividad, el impacto operacional y las estrategias de mantenimiento preventivo. No se contemplaron otros enfoques de mantenimiento industrial, como el mantenimiento basado en condición (CBM) o el mantenimiento predictivo con sensores avanzados, y el estudio se restringió al modelo teórico diseñado, sin incluir comparaciones con datos reales de industrias del sector.

Por último, los costos de inversión analizados corresponden exclusivamente a la implementación del RCM dentro de la simulación, sin considerar mejoras estructurales ni cambios tecnológicos adicionales.

2.2. Material, instrumentos y métodos

2.2.1. Tipo de diseño de investigación

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo, ya que sus objetivos son específicos, medibles y orientados al análisis de la implementación del RCM para mejorar la disponibilidad de maquinaria en una empresa fabricante de fideos.

Se trata de una investigación aplicada, enfocada en la resolución de problemas específicos dentro de la empresa, como la baja disponibilidad de maquinaria debido a fallas mecánicas, paradas imprevistas, tiempos excesivos en el cambio de repuestos e intervenciones correctivas.

Asimismo, esta investigación es de tipo explicativa, pues busca comprender las causas y efectos subyacentes de las variables dentro del entorno productivo de la empresa fabricante de fideos. Esto permitirá identificar las fallas y limitaciones que afectan su eficiencia, facilitando la implementación de planes, modelos y simulaciones dirigidos a la optimización de la disponibilidad de maquinaria.

Este estudio sigue un diseño cuasi experimental, caracterizado por la aplicación de modelos específicos y la evaluación de resultados mediante grupos de control experimental. La disponibilidad de la maquinaria fue medida antes y después de la intervención, lo que permitió evaluar de manera efectiva el impacto de la implementación del RCM.

2.2.2. Material

La unidad de análisis de esta investigación se orientó a un conjunto simulado de líneas de producción representativas de las marcas italianas Pavan y Fava, con un tiempo de operación proyectado de 12 y 15 años, respectivamente. Dos de estas líneas fueron establecidas para la producción de pasta larga, mientras que las otras dos se asignaron a la fabricación de pastas cortas.

2.2.3. Población

La unidad de análisis en esta investigación se basa en un conjunto simulado de líneas procesadoras, organizadas en dos configuraciones para la producción de pasta larga y dos para la producción de pasta corta.

Las líneas de producción de pasta larga incluyen equipos representativos como la prensa modelo PHP-230/2, el extendedor ST250, el pre-secador TAS-MDP.250/27.5, el secador P0408, el enfriador, el acumulador y la desfiladora modelo SS250/1.

Por su parte, las líneas de producción de pasta corta comprenden equipos como la prensa modelo PCP-235/2, la corta pluma, el trabatto, el elevador semi inclinado con cangilones de nitrilo, el pre-secador TAS-MCP 250/28, un segundo elevador semi inclinado, el secador y las envasadoras.

Adaptado del *Manual de uso y mantenimiento de la línea de pasta larga*, GEA Engineering for, 2021, gea.com.

2.2.4. Muestra

La unidad de análisis en esta investigación considera un conjunto simulado de líneas de producción representativas. Se incluyó una línea de producción de pasta larga conformada por seis equipos del modelo Pavan PHP 230/2 y una línea de producción de pasta corta con siete equipos del modelo PCP 235/2 de la misma marca.

Estos equipos evidenciaron limitaciones operativas dentro del modelo de simulación, reflejadas en valores fuera del estándar en los indicadores del Tiempo Medio de Reparación (MTTR) y el Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF). Esta condición afectó el cumplimiento de los estándares de control de calidad y redujo la disponibilidad operativa proyectada de los sistemas.

2.2.5. Métodos

2.2.5.1. Procedimiento de Recolección de Datos sobre la Condición del Aire

Para la evaluación de la condición del aire en el entorno de producción, se emplearon sensores de monitoreo de temperatura, presión y humedad. Estos dispositivos fueron instalados en puntos estratégicos dentro de las líneas de producción de pasta larga y corta, asegurando la captura de datos relevantes para el análisis de confiabilidad.

El procedimiento de recolección de datos se desarrolló en las siguientes etapas:

- **Selección de puntos de medición:** Se identificaron zonas críticas donde las variaciones en el aire pudieran influir en la operatividad de los equipos, priorizando áreas de hermetización y secado.
- **Instalación de sensores:** Se emplearon equipos calibrados con precisión para garantizar la fiabilidad de los datos
- **Registro y almacenamiento**: Los datos fueron recopilados en intervalos de medición programados y almacenados en un sistema digital para su posterior análisis.
- **Validación de la información:** Se realizaron pruebas de calibración y comparación con registros históricos para confirmar la exactitud de los valores obtenidos.

2.2.5.2. Técnicas de Recolección de Datos

La recopilación de información en esta investigación se llevó a cabo mediante técnicas estructuradas, diseñadas para proporcionar datos detallados y relevantes dentro del modelo de simulación. Estas técnicas permitieron un análisis preciso de la disponibilidad proyectada de los equipos y su comportamiento operativo:

- **Observación directa:** Se empleó una guía de observación estructurada para registrar las fallas operativas, tiempos de parada y las condiciones generales de la línea de producción. Esto permitió obtener información en tiempo real sobre el comportamiento de los equipos y los procesos de mantenimiento.

- **Análisis Documental:** Se revisaron documentos históricos, reportes técnicos de las líneas de pasta larga y corta, y manuales proporcionados por los fabricantes Pavan y Fava. Esta técnica facilitó identificar patrones recurrentes de fallos y realizar evaluaciones detalladas de las causas de las paradas.
- **Aplicación del Método de los 5 Porqués**: Con esta técnica se analizaron las causas raíz de los fallos críticos, como problemas en el hermetizado y reparaciones realizadas por terceros. Este enfoque ayudó a priorizar las soluciones y definir acciones correctivas efectivas

2.2.5.3. Métodos de Análisis de Datos

Los datos fueron obtenidos mediante observación directa, análisis documental y medición con sensores, lo que permitió una recopilación precisa de información relevante.

Posteriormente, se realizó un análisis cuantitativo utilizando indicadores clave como el Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF), el Tiempo Medio para Reparar (MTTR) y la disponibilidad operativa.

Inicialmente, se llevó a cabo un análisis descriptivo para identificar tendencias y valores atípicos en los datos. Posteriormente, se aplicó un análisis comparativo para evaluar la variación en la disponibilidad de los equipos antes y después de la implementación del RCM.

En el análisis financiero, se utilizó la metodología de costo-beneficio para evaluar el impacto económico derivado de la reducción de tiempos improductivos y la optimización en el uso de recursos.

Estos métodos de análisis permitieron convertir los datos recopilados en información objetiva y medible, facilitando la evaluación del impacto del RCM en la confiabilidad de los equipos.

2.2.5.4. Materiales e Instrumentos Utilizados

Además de los sensores de vibración, termómetros digitales y calibradores electrónicos utilizados para evaluar el desempeño de los equipos, se integraron dispositivos de monitoreo de presión, temperatura y humedad como parte del modelo de simulación para la recopilación de información sobre la condición del aire en las líneas de producción de pasta larga y corta.

Estos dispositivos fueron configurados en puntos estratégicos, priorizando zonas críticas como los túneles de secado y las áreas de hermetización, donde las variaciones en las condiciones ambientales podrían impactar la operatividad simulada de los equipos. La medición se realizó mediante sensores calibrados y se registró en intervalos programados, garantizando la consistencia de los datos recopilados y su posterior análisis en el diagnóstico de disponibilidad proyectada.

Además de ello se precisan otros datos realizados:

- **Software:**
  - SAP (Sistemas, Aplicaciones y Productos en el Procesamiento de Datos): Utilizado para el análisis y la gestión de datos operativos. Se identificaron inconsistencias que ayudaron a definir mejoras en los procesos de mantenimiento.
- **Documentación:**
  - Manuales operativos y de mantenimiento de las líneas de producción.
  - Reportes de disponibilidad y registros de fallos, los cuales proporcionaron una base robusta para el diagnóstico inicial

2.2.5.5. Justificación de Técnicas y Materiales

La selección de estas técnicas y materiales se fundamentó en su capacidad para proporcionar datos relevantes y precisos sobre los problemas operativos. La integración de estos

elementos permitió realizar un análisis comprensivo, evaluar las fallas críticas y definir mejoras con impacto significativo en la disponibilidad de las líneas de producción.

La Tabla 1 resume las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados en las diferentes etapas de la investigación, que se centró en evaluar la disponibilidad en la empresa fabricante de fideos.

Tabla 1

Técnicas e instrumentos de recolección de datos[1]

TÉCNICA	**INSTRUMENTO**
Análisis documental	Informes técnicos
	Reportes técnicos
	Reportes de disponibilidad
	Registros históricos
Observación	Guía de observación

2.3. Análisis de datos

El procesamiento de información en esta investigación se orientó a evaluar el impacto de la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) dentro del modelo de simulación aplicado a las líneas de producción de pasta larga y corta.

El estudio tuvo como objetivo validar la hipótesis establecida: La aplicación del RCM incrementará significativamente la disponibilidad proyectada de los equipos, optimizará costos y favorecerá el aumento de la productividad en las condiciones simuladas.

Para evaluar la hipótesis, se utilizaron indicadores clave como la disponibilidad de equipos, el Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF) y el Tiempo Medio para Reparar (MTTR). Los

[1] La matriz está elaborada en función al tipo de inspección visual que normalmente de hace en la planta con los indicadores propuestos y herramientas de control disponibles

datos iniciales se obtuvieron a partir de registros históricos de mantenimiento y productividad, complementados con evaluaciones financieras sobre costos y beneficios.

Los métodos de análisis aplicados fueron los siguientes:

- Análisis Descriptivo: Para identificar las condiciones iniciales, como el nivel de disponibilidad del 77%, y caracterizar los tiempos de fallo y reparación.
- Análisis Comparativo: Para contrastar los indicadores antes y después de la implementación del RCM, observando mejoras como el incremento de la disponibilidad al 99.5%, la reducción del MTTR a 0.17 horas y el aumento del MTBF a 33.38 horas.
- Análisis Costo-Beneficio: Mediante herramientas financieras, se compararon los costos iniciales (S/ 421,895) con los beneficios obtenidos (S/ 884,732), demostrando un ahorro neto de S/ 462,837.
- AMEF (Análisis Modal de Efectos y Fallos): Para identificar áreas críticas en ambas líneas de producción, resaltando factores como los costos de mantenimiento y el impacto operacional.

Los resultados validan la hipótesis, evidenciando mejoras significativas en la confiabilidad y eficiencia operativa de los equipos, además de generar un impacto económico positivo y establecer una base sólida para futuras acciones correctivas.

2.4. Aspectos éticos

En el desarrollo de esta investigación, se han aplicado principios éticos fundamentales para garantizar la integridad y transparencia del trabajo, entre ellos:

Este estudio emplea datos simulados con fines académicos, creados para analizar y abordar problemáticas comunes en la fabricación de productos alimenticios. Dichos datos no corresponden a información real, sino que han sido generados con el propósito de garantizar un

análisis objetivo y cumplir con los objetivos de la investigación. Para asegurar la rigurosidad académica, estos datos han sido estructurados bajo una metodología que permite su análisis desde un enfoque técnico y cuantitativo.

Asimismo, en la elaboración de esta tesis se han respetado los derechos de autor, siguiendo las directrices del manual de redacción APA, séptima edición. Todas las fuentes bibliográficas utilizadas han sido correctamente citadas y referenciadas. Además, se ha garantizado la originalidad del contenido presentado, evitando cualquier forma de plagio. Para validar la autenticidad del trabajo, se ha aplicado una revisión de similitud mediante la herramienta Turnitin.

2.5. Diagnóstico de la disponibilidad de los equipos

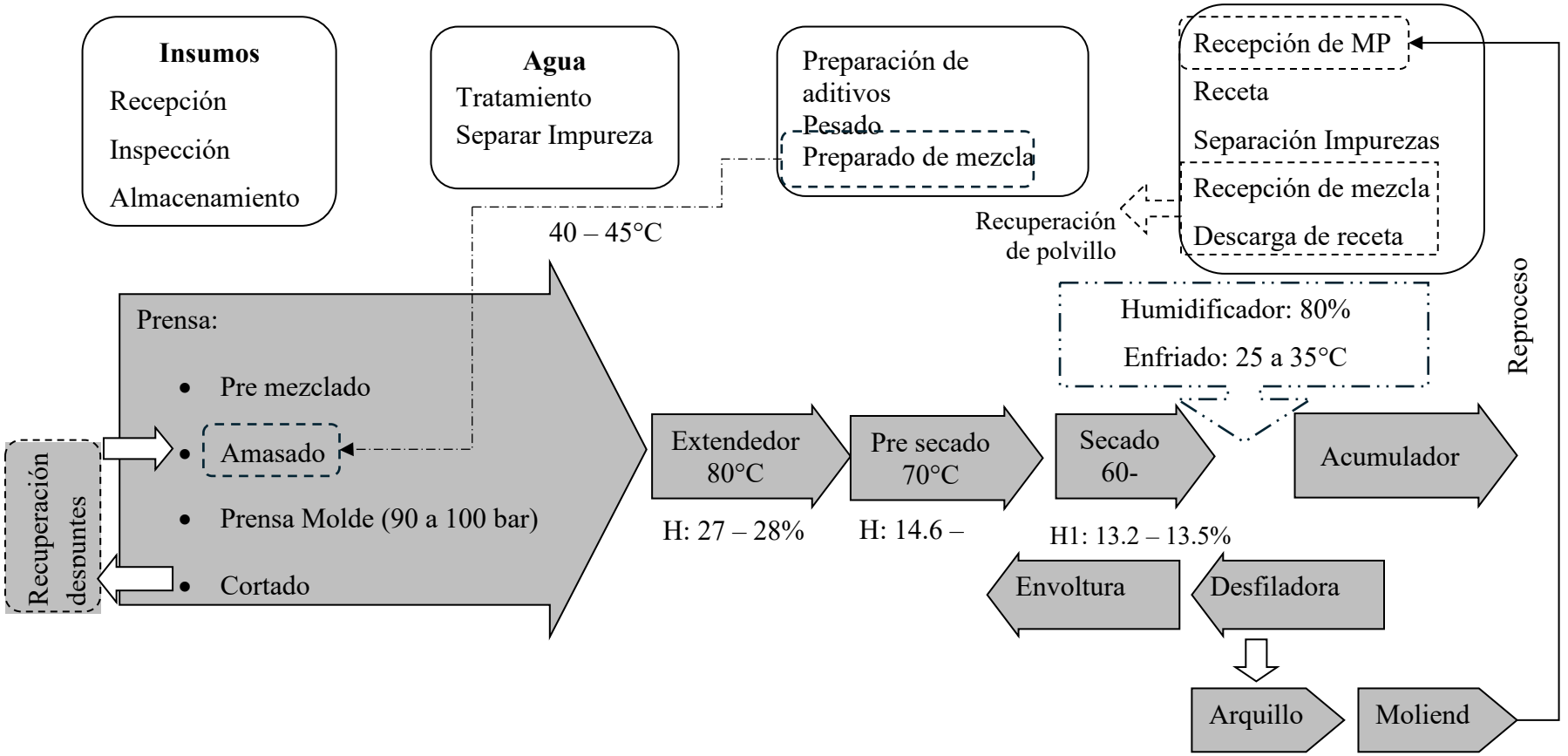
Este análisis se fundamenta en un modelo teórico orientado a un sistema de producción aplicado al procesamiento de alimentos.

El modelo contempla un escenario de producción en el que se integran líneas de fabricación de pastas largas y cortas. Las capacidades hipotéticas propuestas para las líneas de producción incluyen 600 kg/h y 1200 kg/h en pastas largas, con expansiones en fases posteriores que alcanzan 3500 kg/h para pasta larga y 3000 kg/h para pasta corta.

Adicionalmente, se considera la introducción de procesos de optimización, incluyendo la repotenciación de líneas de producción con capacidades ajustadas a las necesidades del modelo, alcanzando valores de 2800 kg/h y 2500 kg/h en líneas específicas.

Figura 1

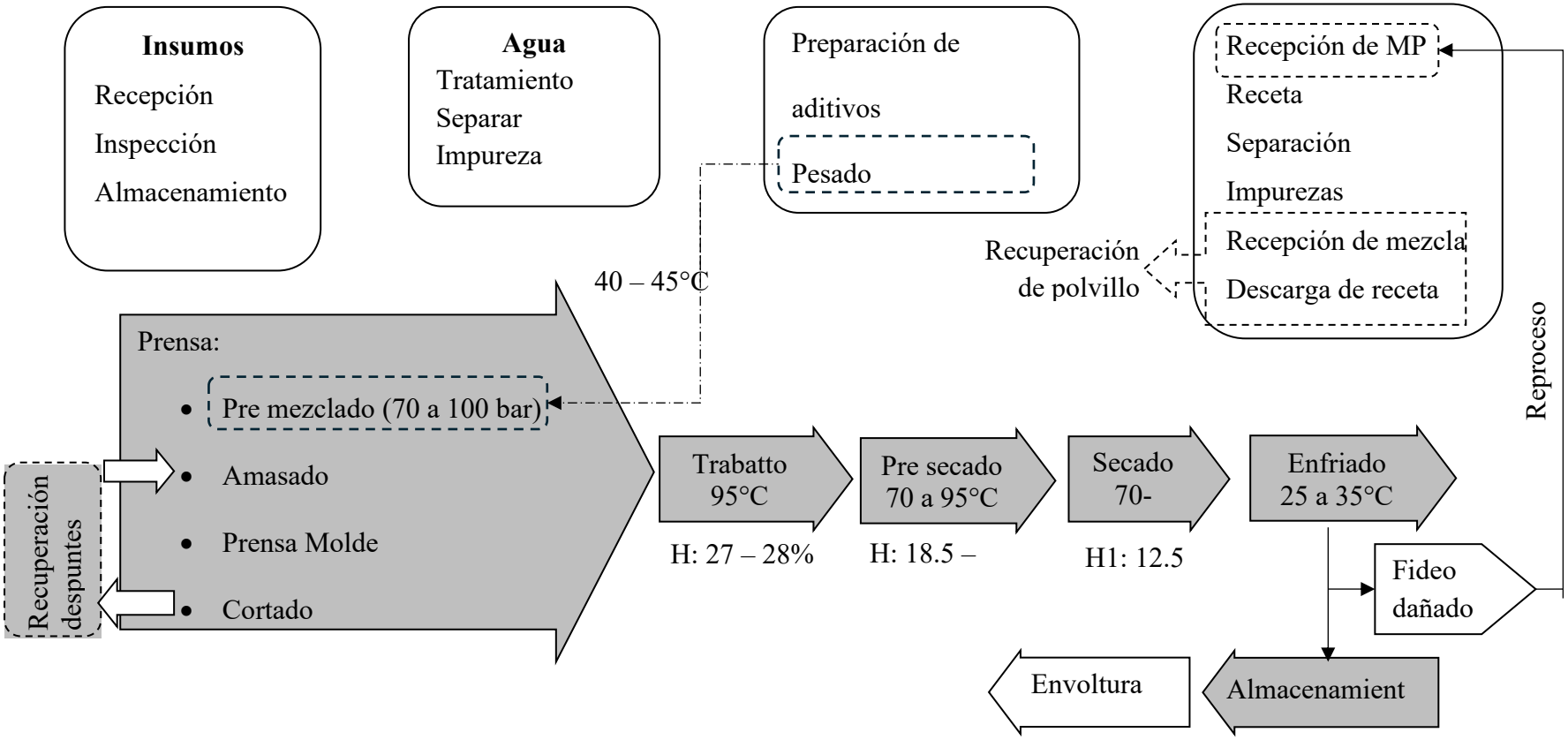
Proceso de fabricación de pasta larga



Nota. Adaptado de “Manual de uso y mantenimiento línea de pasta larga” GEA engineering for, 2021, gea.com

Figura 2

Proceso de producción de pasta corta



Nota. Adaptado de “Manual de uso y mantenimiento línea de pasta larga” GEA engineering for, 2021, gea.com

Método de los 5 porqués

El método de los 5 Porqués es una técnica de análisis de causa raíz que busca identificar la causa fundamental de un problema al hacer la pregunta "¿Por qué?" repetidamente. Esta técnica ayuda a profundizar en el problema, más allá de los síntomas superficiales, para descubrir la verdadera razón subyacente que lo está causando.

Supongamos que estás investigando un problema de baja disponibilidad de una máquina en una planta de producción como se explica en la Tabla 2

Tabla 1

Aplicación del método de los 5 porqués

Problema Inicial: La máquina tiene baja disponibilidad.
1. **Primer Porqué**: ¿Por qué la máquina tiene baja disponibilidad?
Porque la máquina se detiene frecuentemente debido a fallas.
2. **Segundo Porqué:** ¿Por qué la máquina se detiene frecuentemente debido a fallas?
Porque hay piezas que se desgastan rápidamente.
3. **Tercer Porqué:** ¿Por qué las piezas se desgastan rápidamente?
Porque no se están realizando las actividades de mantenimiento preventivo adecuadas.
4. **Cuarto Porqué:** ¿Por qué no se están realizando las actividades de mantenimiento preventivo adecuadas?
Porque no existe un plan de mantenimiento preventivo bien definido.
5. **Quinto Porqué:** ¿Por qué no existe un plan de mantenimiento preventivo bien definido?
Porque no se ha asignado personal ni recursos para desarrollar y ejecutar el plan de mantenimiento preventivo.

Nota. Adaptado de "El método de los 5 porqués: Cómo llegar rápidamente a la causa raíz.", CMC Latinoamérica. (2021) https://cmc-latam.com/2021/11/30/el-metodo-de-los-5-porques-como-llegar-rapidamente-a-la-causa-raiz/?form=MG0AV3

Al aplicar el método de los 5 Porqués, identifiqué la causa raíz del problema: la falta de una evaluación exhaustiva de recursos antes de iniciar el proyecto. Con esta información, puedo implementar acciones correctivas para prevenir la recurrencia del problema, como realizar evaluaciones de recursos más completas y precisas.

Este análisis me permitió profundizar más allá de los síntomas superficiales y descubrir que la verdadera causa subyacente radicaba en fallas de procedimientos, deficiencias en la hermetización de las tapas de la tina amasadora y los túneles de secado, así como problemas en la calidad de las reparaciones de equipos, piezas y materiales.

2.5.1. Análisis de la problemática y causas de la baja disponibilidad de equipos

Respecto a las fallas de las líneas en el año 2023 se muestra la Tabla 3 con el impacto a nivel de cumplimiento de la demanda programada en la línea de pasta larga y pasta corta:

Tabla 2

Impacto en el cumplimiento de la demanda programada 2023

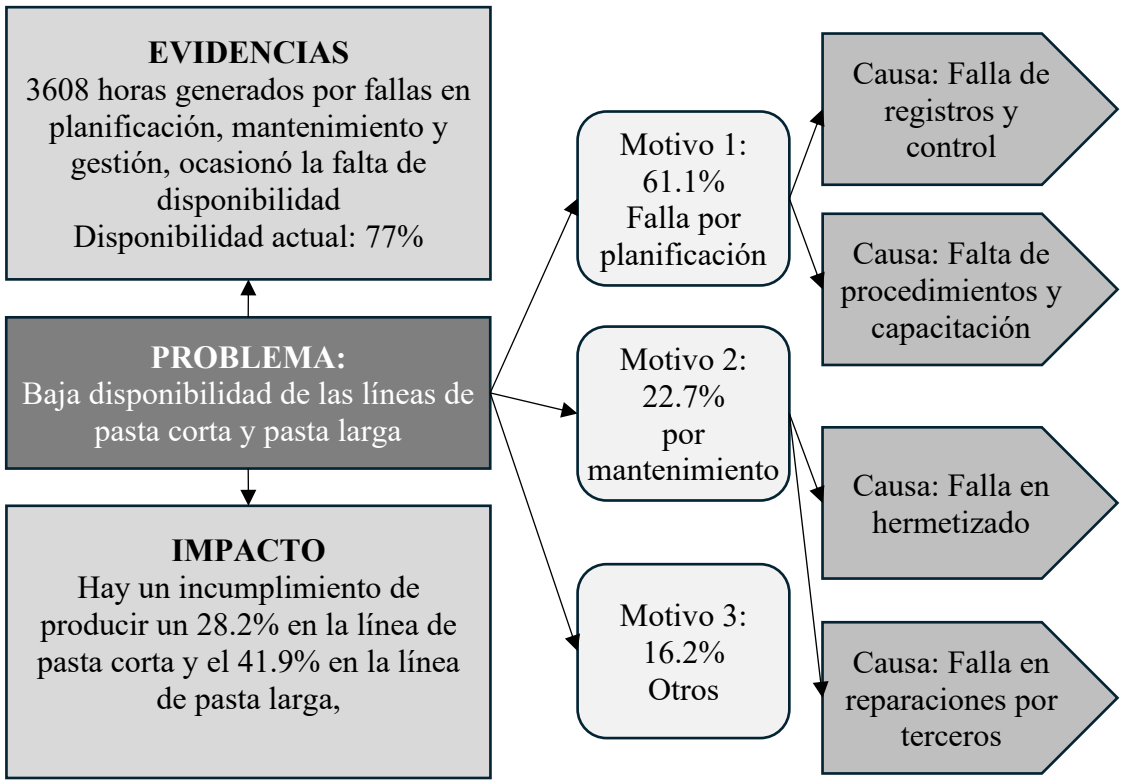
Programa	Demanda programada en TN	Toneladas producidas	% de Cumplimiento
Línea de Pasta Corta	25 416.00	18 256.85	71.8%
Línea de Pasta Larga	26 496.00	15 397.96	58.1%
Total:	**51 912.00**	**33 654.81**	**64.8%**

*Nota***.** El cuadro muestra el cumplimiento de la demanda programada para 2023, destacando las toneladas previstas y producidas, así como el porcentaje de cumplimiento en las líneas de pasta corta y larga

La problemática identificada en el modelo de simulación se centra en la baja disponibilidad operativa de los equipos en las líneas de producción de pasta larga y corta, atribuida a los siguientes factores:

Figura 3

Árbol de problemas y soluciones



Nota. Recuperado de "Análisis de causa raíz: qué es, para qué sirve y cómo funciona", DataSketch. (2023) https://www.datasketch.co/es/blog/data-journalism/root-cause-analysis/?form=MG0AV3

2.5.2. Evaluación de indicadores

Luego de los análisis realizados en el árbol de problemas y a sus descripciones específicas el resultado general de la disponibilidad utilizando herramientas como Tiempo Operativo de Producción (TOP), el número de fallas (N° F), Mean Time Between Failures

(MTBF) y Mean Time to Repair (MTTR) el resultado general en el año 2023 muestra lo siguiente:

Tabla 3

Registro de paradas en las líneas de pasta corta y larga - 2023

Etiquetas de fila	Suma de N° de falla	Suma de Tiempo Programado de operación	Suma de tiempo de paradas	MTBF Hrs.	MTTR Hrs.
Enero	129	1080	414.62	5.16	3.21
Febrero	96	1296	116.21	12.29	1.21
Marzo	92	1512	281.31	13.38	3.06
Abril	79	1392	254.03	14.40	3.22
Mayo	96	1416	223.12	12.43	2.32
Junio	89	1440	232.85	13.56	2.62
Julio	84	1416	273.81	13.60	3.26
Agosto	85	1488	305.51	13.91	3.59
Setiembre	67	1440	448.15	14.80	6.69
Octubre	82	1488	259.68	14.98	3.17
Noviembre	83	1440	228.48	14.60	2.75
Diciembre	80	960	570.01	4.87	7.13
Total:	**84.5**	**1428**	**266.745**	**13.58**	**3.19**

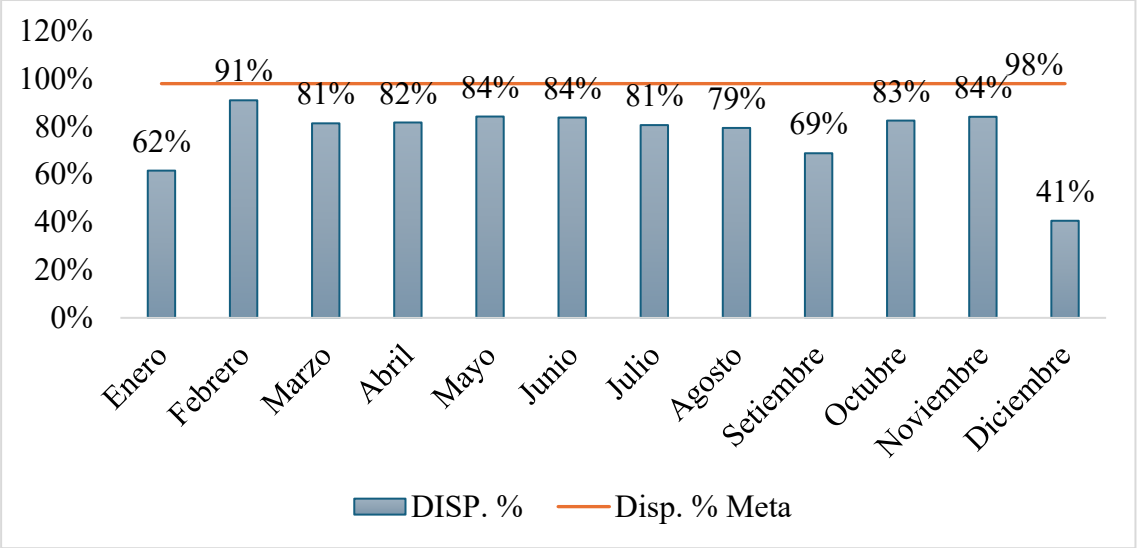
Nota. El cuadro presenta el registro de las paradas en un sistema teórico de producción durante 2023, incluyendo el número de fallas, tiempo programado de operación, tiempo de paradas y métricas como MTBF y MTTR, organizados por mes.

A partir de la información generada en la Tabla 4, se diseñó un diagrama que representa la disponibilidad mensual proyectada de los equipos durante el año 2023, en comparación con la meta del 98% establecida en el modelo de simulación.

Los resultados reflejan que la disponibilidad simulada se mantiene por debajo del objetivo, con un promedio anual estimado del 77%.

Figura 4

Disponibilidad de equipos a nivel mensual

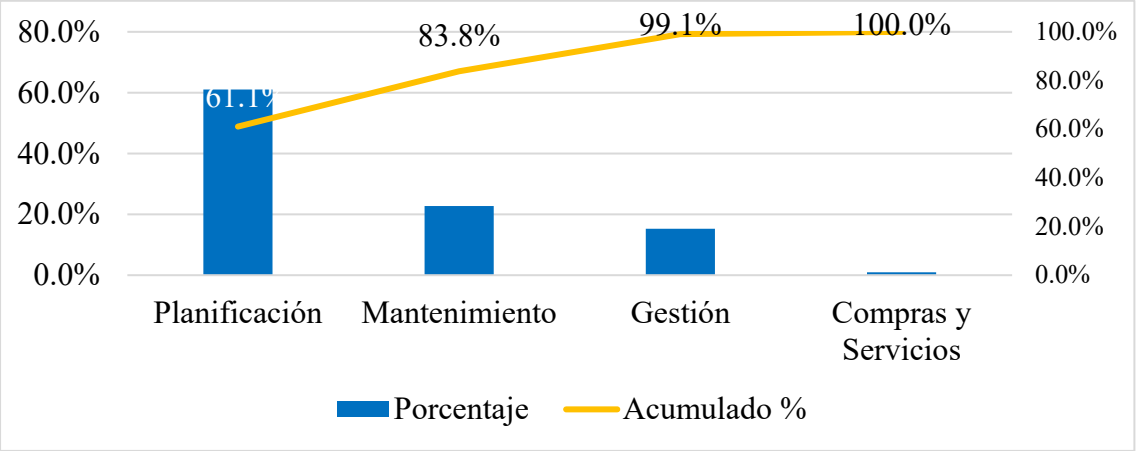


*Nota***.** El gráfico ilustra la disponibilidad mensual de equipos en un modelo teórico, expresada en porcentaje. Incluye los valores mensuales de disponibilidad (DISP. %) y la meta establecida (Disp. % Meta), permitiendo evaluar el desempeño frente al objetivo durante el año.

Con los datos hallados se observa el siguiente diagrama de Pareto que más del 60% de las paradas se deben a fallas en planificación el cual comprende: procedimientos deficientes de trabajo, falta de controles, registros insuficientes y capacitación.

Figura 5

Principales motivos de las paradas de máquinas



Nota. El gráfico analiza los principales motivos de las paradas en un modelo teórico de producción, categorizados por planificación, mantenimiento, gestión, y compras y servicios. Se presentan porcentajes individuales y acumulativos para evaluar su impacto relativo

2.5.3. Análisis de las causas:

Se presentan las causas principales asociadas a la baja disponibilidad operativa simulada de las líneas de producción de pasta corta y larga, según el análisis reflejado en la Figura 4.

Tabla 4

Causa 1 del motivo 1 - Planificación - Falla en los registros de control

Causas 1 del motivo 1	N° de fallas	Horas consumidas	% del total de horas
Falta de registro de mantenimiento y hoja de vida	140	87.71	71.2%
Falta de control adecuado e inspección	41	35.49	28.8%
Total general	**181**	**123.2**	**100%**

Nota. El cuadro muestra las principales causas de fallas relacionadas con los registros de control en un modelo teórico de planificación. Se presentan las causas específicas, el número de fallas, las horas consumidas y su porcentaje respecto al total, permitiendo identificar áreas clave para optimizar

La principal causa de fallas es la falta de registro de mantenimiento y hoja de vida, que representa el 71.2% del total de horas consumidas. En conjunto, se registraron 181 fallas, consumiendo un total de 123.2 horas.

Tabla 5

Causa 2 del motivo 1 - Falta de procedimientos y capacitación

Causas 2 del motivo 1	N° de fallas	Horas consumidas	% del total de horas
Falta de capacitación en los diferentes procesos	139	367.05	63%
Falta de procedimiento en mantenimiento e instalación de repuestos	192	120.04	21%
Necesidad de análisis y monitoreo	87	76.42	13%
Control de instrumentación y mediciones	8	20.66	4%
Total, general	**426**	**584.17**	**100%**

Nota. El cuadro detalla las principales causas relacionadas con la falta de procedimientos y capacitación en un modelo teórico de producción. Se incluyen el número de fallas, horas consumidas y porcentajes de impacto, permitiendo identificar áreas críticas para la mejora de procesos

La falta de capacitación en los diferentes procesos es la principal causa de fallas, representando el 63% del total de horas consumidas. En conjunto, se registraron 426 fallas, consumiendo un total de 584.17 horas. En ese sentido.

Tabla 6

Causa 1 del motivo 2 - Mantenimiento - Falla en hermetizado

Causas 1 del motivo 2	N° de fallas	Horas consumidas	% del total de horas
Mal proceso de hermetización	58	192.02	100%
Total, general	**58**	**192.02**	**100%**

Nota. El cuadro detalla las principales causas de fallas relacionadas con el proceso de hermetización en un modelo teórico de mantenimiento. Se incluyen el número de fallas, las horas consumidas y el porcentaje del total de horas, permitiendo identificar áreas críticas para su análisis y mejora.

La causa principal del motivo 2 de fallas en mantenimiento, específicamente la falla en hermetizado, es el mal proceso de hermetización, que representa el 100% de las horas consumidas (192.02 horas) y todas las fallas registradas (58 fallas).

Tabla 7

Causa 2 del motivo 2 - Mantenimiento - Falla en reparaciones por terceros

Causas 2 del motivo 2	N° de fallas	Horas consumidas	% del total de horas
Falla en registro y control de horas de trabajo	74	121.85	49%
Falta de análisis y protocolo de pruebas	72	82.63	34%
Falta de inspección de anomalías	21	40.74	17%
Falta de revisión específico para evitar roturas	1	1.2	0%
Total, general	**168**	**246.42**	**100%**

Nota. El cuadro presenta un análisis de las causas de fallas relacionadas con reparaciones realizadas por terceros en un modelo teórico de mantenimiento. Se incluyen el número de fallas, horas consumidas y el porcentaje del total de horas, permitiendo identificar áreas clave para la mejora de la gestión de mantenimiento

La causa principal de fallas en el mantenimiento por reparaciones realizadas por terceros es la falla en el registro y control de horas de trabajo, que representa el 49% del total de horas consumidas. Le sigue la falta de análisis y protocolos de pruebas, que contribuye con el 34% del total de horas. En conjunto, se registraron 168 fallas, consumiendo un total de 246.42 horas

2.6. Diseño de la propuesta de mejora en base a la gestión del RCM

La propuesta de mejora basada en la gestión del RCM fue implementada como resultado del análisis de los problemas identificados. Durante este proceso, evidencié fallas en planificación, mantenimiento y gestión de procesos, entre otros factores, lo que influyó directamente en la baja disponibilidad de los equipos.

2.6.1. Diseño de la propuesta de solución en base al RCM

Basándome en los resultados del análisis del árbol de problemas, apliqué la filosofía del RCM en las líneas de producción de pasta corta y larga. Este proceso partió de una disponibilidad inicial del 77%, con el objetivo de alcanzar la meta del 98%:

Tabla 8

Etapas de implementación del RCM

Etapas	Descripción
1	Elección y formación del equipo de trabajo
2	Selección y definición de los equipos donde se implementará
3	Identificación y selección de sistemas críticos
4	Análisis de los modos y efectos se las fallas
5	Planes y mejora de procesos Evaluación de indicadores

Nota. Adaptado de "Creando equipos de especialistas: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)", Inspenet. (2025) (https://inspenet.com/articulo/estrategias-de-formacion-en-mcc/

2.6.2. Descripción del modelo

2.6.2.1. Etapa 1 – Elección y formación del equipo de trabajo

Para la elección y formación del equipo de trabajo, estructuré un equipo liderado por el jefe de mantenimiento, quien dirige la operación y supervisa la implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). Además, asigné un responsable específico para coordinar el proyecto.

El equipo está conformado por el maquinista, técnicos de mantenimiento, supervisor de producción, y los planificadores de producción y mantenimiento, asegurando una gestión eficiente y alineada con los objetivos de la mejora propuesta.

Tabla 9

Formación de equipo de trabajo

CARGO	FUNCIONES
Jefe de mantenimiento	Las funciones asignadas incluyen la coordinación de actividades en campo, la implementación de herramientas de RCM, el liderazgo del equipo, la elaboración del plan de mantenimiento y el seguimiento del cumplimiento de los objetivos para optimizar la disponibilidad de los equipos
Maquinista	Se requiere un mínimo de cinco años de experiencia operando la línea, brindando soporte en el análisis de fallas, identificando puntos críticos y aquellos con mayor frecuencia de fallas, además de ofrecer asesoramiento en los procedimientos de trabajo.
Técnicos de mantenimiento	Se realiza un análisis de criticidad y un estudio AMEF para evaluar riesgos, identificar fallas y sus frecuencias, registrar incidentes y verificar la calidad de los materiales y repuestos utilizados
Supervisor de producción	Se lleva a cabo un análisis de la información para estructurar decisiones estratégicas, brindando apoyo en la formación del plan de trabajo, soporte en el análisis de procedimientos y la selección del personal operativo
Planificadores	Se realizan análisis AMEF, Pareto, Kaizen, MTBF, MTTR y disponibilidad para optimizar el rendimiento. Además, se evalúan procesos, se establecen planes y frecuencias de mantenimiento, se elaboran procedimientos de trabajo y se supervisa el control de calidad.

Nota. Adaptado de "Creando equipos de especialistas: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)", Inspenet. (2025) (https://inspenet.com/articulo/estrategias-de-formacion-en-mcc/

2.6.2.2. Etapa 2 – Selección y definición de los equipos donde se implementará

Los equipos considerados en el modelo de simulación para el análisis de disponibilidad, cuyos resultados se reflejan en la Tabla 11, fueron evaluados en función de los datos recopilados sobre horas de parada durante el año 2023, información que se presenta en la Tabla 12.

Tabla 10

Cálculo del promedio anual indicadores MTBF, MTTR y Disponibilidad

MTBF Real	**13.58**
MTTR Real	**3.19**
Disponibilidad Real	**77%**

Tabla 11

Datos obtenidos de líneas

Equipo	**Horas de paradas**	**% de Horas de paradas por línea**
Línea de Pasta Larga	2 420.33	84%
Línea de Pasta Corta	471.45	16%
Total	**2 891.78**	**100%**

2.6.2.3. Etapa 3 – Identificación y selección de sistemas críticos

Este análisis me permitirá priorizar las intervenciones reales de mantenimiento y aplicar los procedimientos correctos. Para ello, utilizaré los criterios establecidos en los anexos 3 y 4.

Figura 6

Cuadro de criticidad

Máquinas	Frecuencia de fallas	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costo de mantenimiento	Impacto a Seguridad y Salud	Operatividad	Total Criticidad
Linea de Pasta Larga	33	60	36	40	46	60	**275**
Linea de Pasta Corta	38	58	42	36	40	60	**274**

Nota. El cuadro analiza las causas relacionadas con los tiempos de paradas por mantenimiento en un modelo teórico de producción. Se incluyen las categorías de fallas, número total de eventos, horas consumidas y porcentajes, permitiendo identificar áreas prioritarias para optimizar procesos operativos.

El análisis revela que la Línea de Pasta Larga presenta una criticidad ligeramente mayor (275) en comparación con la Línea de Pasta Corta (274). Esto indica que la Línea de Pasta Larga podría requerir una mayor atención en mantenimiento, seguridad y salud ocupacional.

Esta información resulta clave para priorizar esfuerzos en mejoras, mantenimiento y gestión de riesgos, contribuyendo a optimizar la eficiencia operativa y minimizar riesgos.

2.6.2.4. Etapa 4 – Análisis de modos y efectos de las fallas AMEF

Las figuras 7, 8 y 9 sirven como referencia para el AMEF (Análisis Modal de Efectos y Fallos), facilitando la identificación y clasificación de los diferentes modos de fallo. A partir de este análisis, se implementan las siguientes acciones correctivas y preventivas.:

Figura 7

Implementación del AMEF basado en los resultados de la Figura 7

Formación de Equipo AMEF	Selección de los Modos de Fallo Críticos y el Árbol de problemas
Ingeniero de mantenimiento Ingeniero de Control de Calidad Técnicos de mantenimiento Operadores de Producción	Se toma como fuente principal el cuadro de criticidad y las causas del Árbol de problemas para identificar los modos de fallo con mayor puntaje y priorizar su análisis

Se realizó el Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMEF) para evaluar las cuatro causas principales identificadas en el árbol de problemas y soluciones: falla de registros y control, falta de procedimientos y capacitación, deficiencias en el hermetizado y fallas en reparaciones por terceros.

Figura 8

AMEF para las causas del árbol de problemas

Modo de Fallo	Efecto del Fallo	S	O	D	NPR (S x O x D)	Acciones Correctivas
Falla de registros y control	Falta de información precisa sobre el mantenimiento y fallos	8	6	5	240	Implementar un sistema de gestión de mantenimiento (CMMS), capacitación en el uso del sistema.
Falta de procedimientos y capacitación	Errores en el mantenimiento e instalación de repuestos	9	7	6	378	Desarrollar y documentar procedimientos estándar, capacitación regular para el personal.
Falla en hermetizado	Contaminación del producto, pérdida de calidad	7	5	4	140	Inspecciones regulares del proceso de hermetización, mantenimiento preventivo de equipos.
Falla en reparaciones por terceros	Reparaciones inadecuadas, incremento de fallos	8	6	5	240	Evaluación y certificación de proveedores externos, seguimiento y auditoría de reparaciones realizadas.

Figura 9

Tabla de valores AMEF

Severidad (S): Puntaje asignado según el impacto del fallo (1 a 10).
Ocurrencia (O): Puntaje asignado según la frecuencia esperada del fallo (1 a 10).
Detección (D): Puntaje asignado según la capacidad de detección antes de que ocurra el fallo (1 a 10).
Número de Prioridad de Riesgo (NPR): Producto de S x O x D, utilizado para priorizar las acciones correctivas.

Nota. Adaptado de "Cómo hacer un Análisis del Modo y Efecto de Fallas AMEF", Ingenio Empresa. (2025) (https://www.ingenioempresa.com/analisis-modo-efecto-fallas-amef/)

2.6.2.5. Etapa 5 – Planes y mejora de procesos

En esta etapa, el objetivo fue identificar y priorizar las actividades de mantenimiento con base en la criticidad determinada por el AMEF. Para ello, se llevaron a cabo los pasos establecidos, siguiendo un orden descendente según los resultados del NPR, del mayor al menor:

- **Falla de procedimiento y Capacitación**

El objetivo de los procedimientos es capacitar al personal en los distintos procesos que, aunque puedan parecer simples, pueden generar repercusiones significativas. Por ejemplo, la solidificación de la masa en la tina, que después de 25 minutos se endurece, ocasionando la rotura del eje con el menor giro, lo que es crítico dado que esta pieza debe ser importada.

El esquema siguiente presenta un programa de capacitación diseñado para un período de tres meses. Cada sesión de formación se imparte en tres turnos distintos (1er Turno, 2do Turno y 3er Turno), con horarios específicos de inicio y fin. Este programa busca garantizar que todo el personal reciba la preparación necesaria en temas clave para la operación y el mantenimiento.

Figura 10

Cronograma de capacitación semanal

N°	Capacitación	Semana	Horario	
			Inicio	Fin
1	Consistencias de la masa: Riesgos y falla potencial	1	08:00:00	12:00:00
2	Sincronismo de cañas	2	08:00:00	12:00:00
3	Consideraciones en el armado de empaques de tapas	3	08:00:00	12:00:00
4	Problemas frecuentes en la prensa	4	08:00:00	12:00:00
5	Problemas frecuentes en Pre-Secado	5 y 6	08:00:00	15:00:00
6	Problemas frecuentes en el Secado	7 y 8	08:00:00	15:00:00
7	Prácticas de campo	9 al 12	08:00:00	15:00:00

- **Falla de registros y control**

El modelo de simulación considera la utilización de SAP (Sistemas, Aplicaciones y Productos en el Procesamiento de Datos), donde se identificaron inconsistencias en la creación de materiales. Para abordar esta problemática, es fundamental seguir un enfoque estructurado y sistemático, comprendiendo la dinámica del sistema, analizando los registros generados, identificando posibles defectos y consultando la documentación técnica del fabricante.

Asimismo, se recomienda habilitar alertas de error y emplear herramientas de apoyo para activar notificaciones relacionadas con registros de origen, garantizando una mayor precisión en la gestión de datos dentro del entorno simulado.

Los problemas con mayor frecuencia en SAP por la empresa en estudio se deducen en la Figura 12

Figura 11

Errores frecuentes en registros SAP

Errores de configuración	Estos errores pueden ocurrir durante la implementación inicial o cuando se realizan cambios en los requisitos del negocio. Pueden causar ralentizaciones y bloqueos en el sistema

Problemas de comunicación	La inoperatividad y fallos en la comunicación pueden surgir debido a imperfecciones en la integración de SAP con otros sistemas o aplicaciones
Datos inconsistentes	La entrada de datos incorrecta, incompleta o infectada puede afectar críticamente las operaciones de SAP
Personalizaciones inadecuadas	Modificaciones realizadas sin pruebas adecuadas o personalizaciones incorrectas pueden causar errores en el código personalizado
Falta de seguridad	Vulnerabilidades de ERP, filtraciones de datos y acceso no autorizado son problemas comunes relacionados con la seguridad
Infraestructura deficiente:	Conexiones no operativas a servidores, redes no disponibles y baja efectividad del hardware pueden causar problemas de rendimiento
Problemas de rendimiento	Baja escalabilidad, alta latencia o carga de datos lenta pueden afectar el rendimiento del sistema

Nota. Adaptado de "¿Cómo resolver problemas de SAP de forma eficaz?", Possamai, J. (2024) (https://es.qametrik.com/como-resolver-problemas-sap-efetivamente/?form=MG0AV3)

Otro factor, y muy importante, fue la forma en que se creó códigos en SAP. Constantemente se cometieron errores en la manera de estructurar el texto para la creación del código, lo que afectó la precisión y eficiencia del sistema.

- **Falla en reparaciones por terceros**

Las reparaciones realizadas por terceros fueron una fuente de fallos cuando no se gestionaron adecuadamente. Estas fallas se debieron a diversas razones, como la falta de comunicación, procedimientos inadecuados y la ausencia de control de calidad.

Figura 12

Plan para aplicar a los servicios de terceros

Evaluación y Certificación de Proveedores

Selección de Proveedores:	Desarrolla criterios claros para la selección de proveedores de servicios de reparación. Considera factores como la experiencia, la reputación, la capacidad técnica y el historial de calidad
Certificación de Proveedores	Establece un proceso de certificación para garantizar que los proveedores cumplan con los estándares de calidad y seguridad de la empresa. Esto puede incluir auditorías y visitas a las instalaciones de los proveedores
Contratos y Acuerdos de Nivel de Servicio (SLA)	
Definición de SLA	Establece acuerdos de nivel de servicio (SLA) claros y detallados con los proveedores. Estos acuerdos deben incluir métricas de desempeño, tiempos de respuesta, garantías y penalizaciones por incumplimiento.
Revisión Periódica	Realiza revisiones periódicas de los SLA para asegurarte de que sigan siendo relevantes y efectivos. Ajusta los términos según sea necesario.
Procedimientos y Documentación	
Estándares de Reparación	Define y documenta los estándares y procedimientos que deben seguir los proveedores al realizar las reparaciones. Asegúrate de que estos procedimientos sean claros y estén alineados con las mejores prácticas de la industria.
Capacitación	Proporciona capacitación a los proveedores sobre los estándares y procedimientos específicos de tu empresa
Supervisión y Control de Calidad	
Inspección de Reparaciones	Implementa un proceso de inspección y validación de las reparaciones realizadas por terceros. Esto puede incluir pruebas funcionales y verificaciones de calidad.
Feedback Continuo	Establece un sistema de feedback continuo con los proveedores para abordar cualquier problema o área de mejora. Realiza reuniones regulares para discutir el desempeño y las expectativas.
Seguimiento y Auditoría	
Registro de Reparaciones	Mantén un registro detallado de todas las reparaciones realizadas por terceros, incluyendo fechas, descripciones de las fallas, acciones correctivas y resultados.
Auditorías Periódicas	Realiza auditorías periódicas para evaluar el cumplimiento de los proveedores con los estándares y procedimientos establecidos. Utiliza los resultados de las auditorías para realizar mejoras continuas.
Análisis de Desempeño y Mejora Continua	

Métricas de Desempeño	Monitorea métricas clave de desempeño, como la tasa de fallos recurrentes, tiempos de reparación y satisfacción del cliente.
Acciones Correctivas	Implementa acciones correctivas basadas en el análisis de desempeño y los resultados de las auditorías. Trabaja con los proveedores para abordar cualquier problema identificado y mejorar continuamente.

Nota. Recuperado de "Evaluación de proveedores: Qué es y cuáles son sus beneficios", QuestionPro. (2025) https://www.questionpro.com/blog/es/evaluacion-de-proveedores/?form=MG0AV3

Gestionar eficazmente las reparaciones por terceros ofrece múltiples beneficios. Garantiza la confiabilidad al cumplir con los estándares de calidad, reduce la recurrencia de fallos, optimiza costos al evitar reparaciones innecesarias y prolonga la vida útil de los equipos. Además, fortalece la relación con los proveedores mediante una colaboración efectiva y comunicación fluida, asegurando así la calidad y confiabilidad de los equipos.

- **Falla en hermetizado**

Abordar las fallas en el proceso de hermetizado de forma proactiva y sistemática garantiza la calidad del producto y la satisfacción del cliente. Mediante inspecciones regulares, mantenimiento preventivo, capacitación del personal y control de calidad, es posible minimizar las fallas y optimizar el rendimiento del proceso.

En este contexto, las fallas con mayor incidencia ocurren en la Prensa y en las tapas de los túneles de secado. En el anexo 5 se detallan las consideraciones clave para asegurar un hermetizado eficiente.

Figura 13

Plan preventivo en empaques de tina amasado

Problemas	Causas	Estrategia solución
	Sellado defectuoso de las juntas de las tapas	Control de las juntas de retención

DISMINUCIÓN DEL VACÍO	Estanqueidad del vacío en las juntas de los ejes de la amasadora defectuosa	Control de las juntas de retención
	Funcionamiento defectuoso bomba de vacío.	Controle el circuito de enfriamiento de la bomba de vacío. Controlar que el caudal del fluido de enfriamiento sea suficiente. Bomba de vacío desgastada.
	Válvula de intercepción de vacío defectuosa.	Compruebe las juntas de estanqueidad de la válvula. Controle la posición de los micro interruptores de final de carrera.
	Pérdidas en el circuito.	Compruebe las uniones del circuito de vacío.
	Pérdida en la válvula de estrella del dosificador y/o en la válvula de estrella del disp. de recuperación de recortes.	Controle todas las juntas y el grado de desgaste del rotor/cubierta.

Nota. Adaptado de "Manual de uso y mantenimiento línea de pasta larga" GEA engineering for, 2021, gea.com

En el anexo 6 se menciona el plan preventivo para los empaques de las tapas de los túneles de secado del fideo.

2.6.3. Evaluación de indicadores

Con la aplicación del RCM respecto a los datos analizados del año 2024 se obtuvo resultados favorables el cual la disponibilidad del 77% según la Tabla 13 llegó al 99.5% en promedio obteniendo mayor garantía para el cumplimiento del plan de programación anual, según la Tabla 26 el indicador es el siguiente:

Tabla 12

Indicador antes y después de la mejora

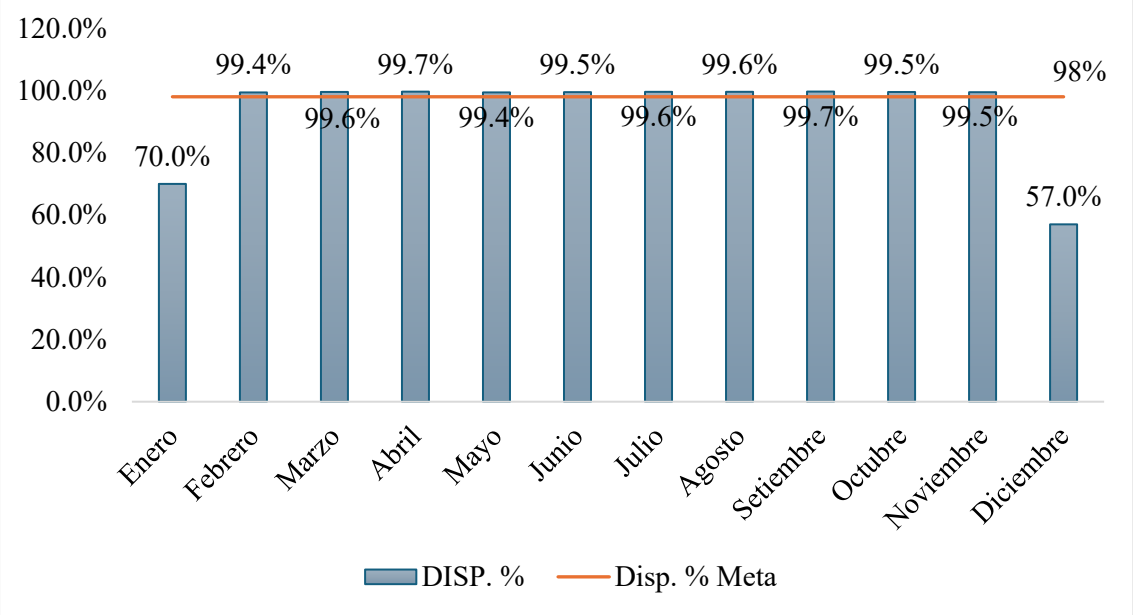
Indicador	Antes de la mejora	Después de la mejora

Disponibilidad	77%	99.5%
MTBF (horas)	13.58	33.38
MTTR (horas)	3.19	0.17

Nota. El cuadro compara los indicadores clave antes y después de la mejora, destacando la disponibilidad, el MTBF y el MTTR, evidenciando los avances logrados en el desempeño del modelo teórico

Figura 14

Seguimiento de la disponibilidad con la mejora – 2024



Nota. El gráfico muestra la disponibilidad mensual de un modelo teórico durante el año, comparando los valores alcanzados con la meta establecida. Destaca los meses que lograron o superaron la meta y aquellos que no lo hicieron.

2.7. Análisis Costo – Beneficio de la aplicación del RCM

2.7.1. Gestión de recursos

Para alcanzar este objetivo, se asignó un presupuesto de S/ 402,532.37, desglosado en los anexos 7 y 8. Este monto contempla costos de horas hombre, servicios externos de un

profesional de la marca para capacitación, materiales y herramientas de medición, así como soporte en SAP para modificaciones, asistencia de software, materiales y equipos de control y medición.

El costo promedio del proyecto fue calculado para un período de tres meses, durante el cual se abordarán las causas de fallas más frecuentes. El plan de soluciones sigue una metodología de formación que incluye 4 horas teóricas fuera del horario laboral y 8 horas prácticas en planta. Los detalles específicos se encuentran en la Tabla 13.

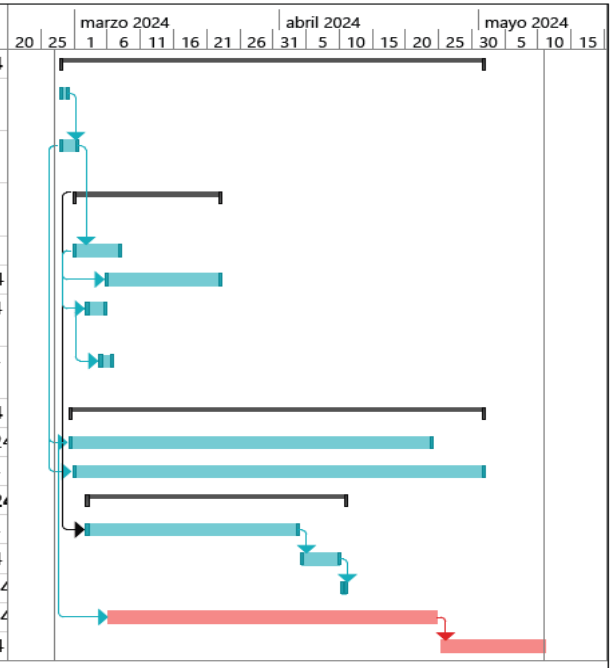
2.7.2. Cronograma de tiempos

Se muestra en la Figura 10 el proyecto previsto para ser ejecutado en 130 días, el cual posterior a ello se continuará con el seguimiento y control durante el periodo

Figura 15

Diagrama de Gantt

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1		**Etapas para la implementación del RCM**	**116.52 días**	**mar 27/02/2**	**mié 1/05/24**
2		Elección y formación del equipo de trabajo	1.25 días	mié 28/02/24	mié 28/02/24
3		Selección y definición de los equipos donde se implementará	5.49 días	mar 27/02/24	vie 1/03/24
4		**Identificación y selección de sistemas críticos**	**39.42 días**	**vie 1/03/24**	**vie 22/03/24**
5		Análisis y criterios	12 días	vie 1/03/24	jue 7/03/24
6		Cuadro de criticidad	30.94 días	mié 6/03/24	vie 22/03/24
7		Análisis de los modos y efectos se las fallas AMEF	5.49 días	dom 3/03/24	mar 5/03/24
8		Seleccionar los procedimientos a realizar según las fallas	3.37 días	lun 4/03/24	mié 6/03/24
9		**Planes y mejora de procesos**	**113.52 días**	**jue 29/02/24**	**mié 1/05/24**
10		Procedimientos y capacitación	98.81 días	jue 29/02/24	mar 23/04/2
11		Registros y control	111.53 días	vie 1/03/24	mié 1/05/24
12		**Reparaciones por terceros**	**69.61 días**	**dom 3/03/24**	**mié 10/04/2**
13		Homologación de proveedores	58.51 días	dom 3/03/24	mié 3/04/24
14		SSOMA y procedimientos	9.73 días	jue 4/04/24	mar 9/04/24
15		Habilitación	1.25 días	mié 10/04/2	mié 10/04/2
16		Hermetizado	90.32 días	mié 6/03/24	mié 24/04/2
17		Evaluación de indicadores	28.82 días	jue 25/04/24	vie 10/05/24



Proyecto: Proyecto 2
Fecha: vie 7/03/25

Tarea	Resumen inactivo	Tareas externas
División	Tarea manual	Hito externo
Hito	solo duración	Fecha límite
Resumen	Informe de resumen manual	Tareas críticas
Resumen del proyecto	Resumen manual	División crítica
Tarea inactiva	solo el comienzo	Progreso
Hito inactivo	solo fin	Progreso manual

Página 1

2.7.3. Pronóstico de flujo de caja

El ahorro generado por esta variable tuvo un impacto económico en 2024, vinculado a la implementación del RCM. En cuanto a la inversión, el costo se centró en la capacitación para abordar la principal causa de problemas identificada mediante el análisis de los 5 porqués. Adicionalmente, se consideró la necesidad de reclasificar los códigos de productos en SAP, lo que generó movimiento económico.

Respecto a los indicadores financieros, la tasa de descuento (WACC) fue de 14.85%, mientras que la TIR alcanzó el 20% y el costo de oportunidad se situó en 18%.

2.7.4. Desarrollo del pronóstico

Para el análisis del flujo de caja se consideraron todos los costos involucrados en la implementación, con el objetivo de evaluar la viabilidad del proyecto. Los costos relacionados con la capacitación se presentaron en los anexos 7 y 8.

En la Figura 17 se mostró el escenario esperado del flujo económico, reflejando los siguientes resultados:

Figura 16

Pronóstico de un flujo de caja económico

FLUJO DE CAJA DE OPERACIONES		**Mes 1**	**Mes 2**	**Mes 3**	**Mes 4**	**Mes 5**	**Mes 6**	**Mes 7**	**Mes 8**	**Mes 9**	**Mes 10**	**Mes 11**	**Mes 12**	**Mes 13**	**Mes 14**	**Mes 15**
Producción meta					60,783	77,194	98,037	124,507	158,123	200,817	255,037	323,897	411,350	522,414	663,466	842,602
Fondo de Marketing		0	0	0	3,039	3,860	4,902	6,225	7,906	10,041	12,752	16,195	20,567	26,121	33,173	42,130
Ingresos Totales		**0**	**0**	**0**	**63,822**	**81,054**	**102,939**	**130,732**	**166,030**	**210,858**	**267,789**	**340,092**	**431,917**	**548,535**	**696,639**	**884,732**
Gastos Generales Reembolsables		-1,660	-1,693	-1,727	-1,762	-1,797	-1,833	-1,869	-1,907	-1,945	-1,984	-2,024	-2,064	-2,105	-2,147	-2,190
Gastos Generales Propios																
EBITDA		**-1,660**	**-1,693**	**-1,727**	**62,060**	**79,257**	**101,106**	**128,863**	**164,123**	**208,913**	**265,805**	**338,069**	**429,853**	**546,429**	**694,492**	**882,541**
Depreciación		-28,407	-28,407	-28,407	-28,407	-28,407	-28,407	-28,407	-28,407	-28,407	-28,407	0	0	0	0	0
Amortización		-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	0	0	0	0	0
Utilidad de Operación		**-30,217**	**-30,251**	**-30,284**	**33,503**	**50,700**	**72,548**	**100,305**	**135,565**	**180,355**	**237,248**	**338,069**	**429,853**	**546,429**	**694,492**	**882,541**
Impuestos		5,439	5,445	5,451	-6,031	-9,126	-13,059	-18,055	-24,402	-32,464	-42,705	-60,852	-77,374	-98,357	-125,009	-158,857
Utilidad Neta		**-24,778**	**-24,805**	**-24,833**	**27,473**	**41,574**	**59,490**	**82,250**	**111,164**	**147,891**	**194,543**	**277,216**	**352,480**	**448,072**	**569,483**	**723,684**
(+) Depreciación		28,407	28,407	28,407	28,407	28,407	28,407	28,407	28,407	28,407	28,407	0	0	0	0	0
(+) Amortización		150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	-	-	-	-	-
FLUJO DE CAJA OPERATIVO		**3,779**	**3,752**	**3,724**	**56,030**	**70,131**	**88,047**	**110,808**	**139,721**	**176,449**	**223,101**	**277,216**	**352,480**	**448,072**	**569,483**	**723,684**
FLUJO DE CAJA DE INVERSIONES																
Activos Tangibles	-22,150															-22,150
Activos Intangibles	-399,835															-399,835
Capital de Trabajo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO DE CAJA DE INVERSIONES	**-421,985**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**-421,985**
FLUJO DE CAJA ECONOMICO	**-421,985**	**3,779**	**3,752**	**3,724**	**56,030**	**70,131**	**88,047**	**110,808**	**139,721**	**176,449**	**223,101**	**277,216**	**352,480**	**448,072**	**569,483**	**301,699**

Costo de oportunidad	**18.00%**	**Ke**
Costo de deuda	**8.00%**	**Kd**
D / K Empresa	**0.38**	
WACC / CPPC	**14.85%**	**Ko**
Tasa Impuesto	**18.00%**	
Crecimiento	**2.00%**	
VANF	**208,312.72**	
TIRE	**20%**	

VAN = S/. 208,312.72 es mayor y la TIR=20% el cual es mayor que el WACC = 14.85%, por lo tanto, se validó que el modelo generó valor a la empresa.

Se proyectó el tiempo de recuperación a 15 meses.

2.8. Prueba de hipótesis

El análisis de la prueba de hipótesis de disponibilidad evidenció una mejora significativa en aspectos clave. La frecuencia de fallas disminuyó de 1,062 a 514, reflejando una mayor confiabilidad en los sistemas. El tiempo operativo de producción aumentó de 13,322.22 a 16,137.04 unidades, optimizando la operatividad.

Además, el MTBF incrementó de 13.58 a 33.38, indicando intervalos más largos entre fallas y mayor estabilidad de los equipos. A su vez, el tiempo promedio de reparación (MTTR) se redujo de 3.19 a 0.17, demostrando una resolución de problemas más eficiente.

Finalmente, la disponibilidad total mostró una mejora notable, pasando de 77% a 99.5%, acercándose a un nivel óptimo. La gráfica refleja una correlación precisa ($R^2 = 0.9421$), respaldando la validez del modelo utilizado en el análisis. Los valores ajustados en los ejes 'x' y 'y' resaltan la mejora continua en las métricas de disponibilidad:

Figura 17

Gráfica de correlación

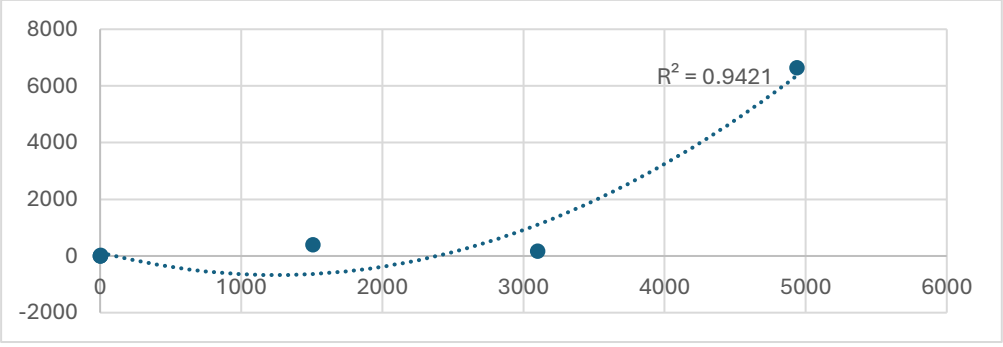
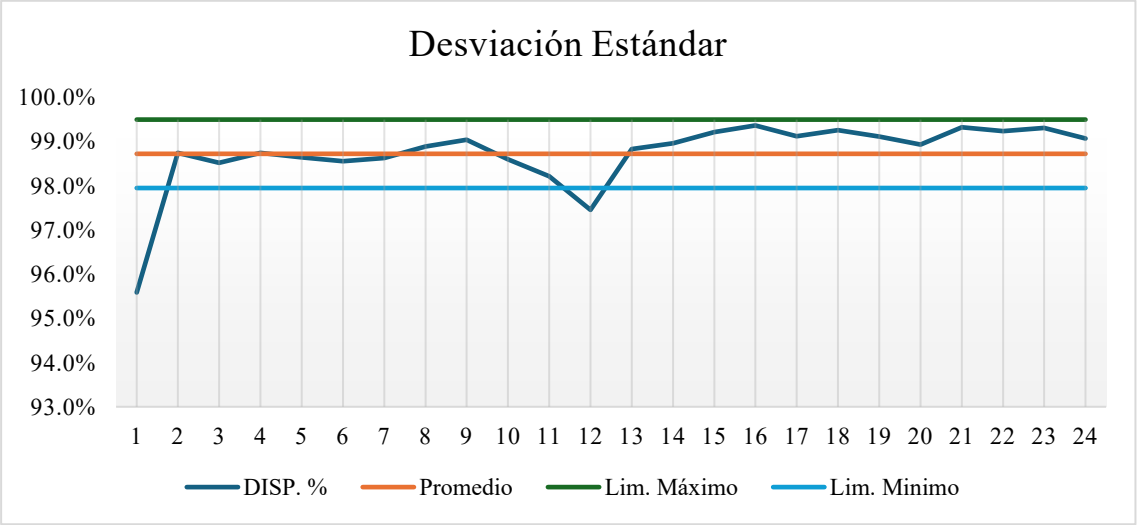


Figura 18

Gráfica de Desviación Estándar



La figura evidencia la consistencia de los datos a lo largo de 24 periodos. La baja dispersión y alta estabilidad se confirman mediante la varianza (0.0062%), la desviación estándar (0.790%) y el coeficiente de variación (0.80%). Además, los valores de DISP. % se mantienen controlados y cercanos al promedio, reflejando un comportamiento uniforme y consistente.

En conclusión, la prueba de hipótesis valida mejoras significativas en las métricas clave de disponibilidad de los equipos. Se observa una reducción drástica en fallas y tiempos de reparación, mientras que la operatividad y la disponibilidad alcanzan niveles cercanos a la excelencia. Esto indica que las estrategias implementadas, ya sean de mantenimiento, procedimientos o mejoras técnicas, están generando resultados positivos.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

La investigación confirmó que la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) generó un impacto significativo en la disponibilidad de los equipos en la empresa de fideería, elevándola de 77% a 99.5%. Este incremento evidenció que el RCM fue una metodología eficaz para optimizar la confiabilidad operativa, reducir tiempos de inactividad y mejorar el rendimiento de los equipos.

A través del cumplimiento de los objetivos específicos, se proporcionaron resultados cuantificables que validaron la premisa de la investigación. En este sentido, el análisis costo-beneficio demostró que el modelo implementado no solo mejoró la disponibilidad, sino que también resultó económicamente viable para garantizar la sostenibilidad de las operaciones a largo plazo.

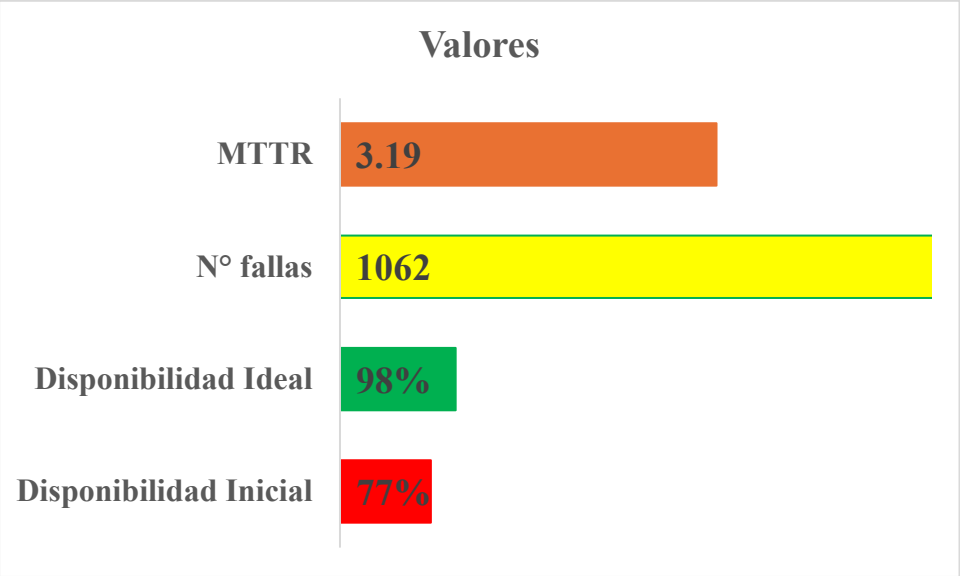
3.1. Diagnóstico de la disponibilidad inicial de los equipos

Resultados: El diagnóstico confirmó una disponibilidad inicial del 77%, lo que evidenció una baja eficiencia operativa debido a la alta frecuencia de fallas (1,062 fallas al inicio) y tiempos de reparación prolongados (MTTR de 3.19).

Estos resultados reflejaron la necesidad de implementar estrategias de mejora para optimizar la confiabilidad y el rendimiento operativo..

Figura 19

Diagnóstico Inicial de Disponibilidad



3.2. Propuesta de mejora basada en la gestión del RCM

Resultados: La implementación del RCM permitió elevar los indicadores operativos de los equipos:

- Aumento del MTBF de 13.58 a 33.38.
- Reducción del MTTR a 0.17.
- Incremento de la disponibilidad a 99.5%. Esto confirma que el enfoque de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) optimizó significativamente la estabilidad y la operatividad.

Figura 20

Impacto del RCM en indicadores de rendimiento

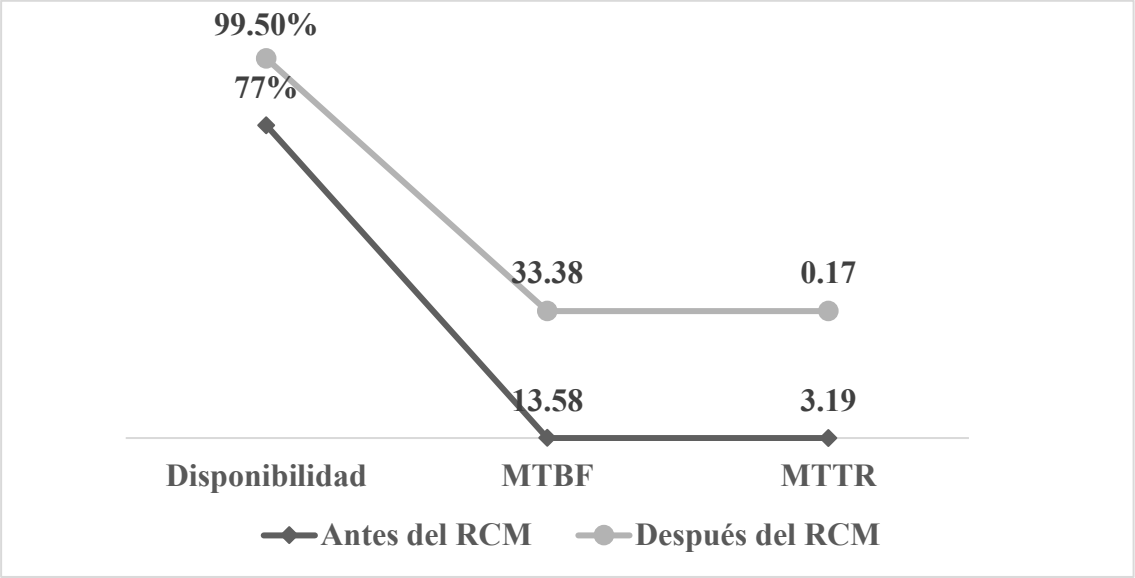


Figura 21

Impacto criticidad AMEF

Máquinas	Frecuencia de fallas	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costo de mantenimiento	Impacto a Seguridad y Salud Ocupacional	Operatividad	Total Criticidad
Línea de Pasta Larga	20	13	9	22	9	25	**98**
Línea de Pasta Corta	20	19	11	26	11	11	**98**

El análisis se centra en las líneas de producción de Pasta Larga y Pasta Corta, evaluadas bajo varios criterios clave: frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, costo de mantenimiento, impacto a seguridad y salud ocupacional, operatividad y el total de criticidad.

- Línea de Pasta Larga: Tiene un total de criticidad de 98, destacándose principalmente en costo de mantenimiento (22 puntos) y operatividad (25 puntos), lo que indica áreas críticas que necesitan atención.
- Línea de Pasta Corta: También tiene un total de criticidad de 98, pero con un mayor puntaje en impacto operacional y costo de mantenimiento.

Ambas líneas presentaron el mismo nivel de criticidad global, lo que sugirió que las mejoras debían centrarse en abordar los puntos críticos comunes y específicos de cada línea.

En resumen, la implementación del RCM resultó en un aumento significativo de la disponibilidad, pasando del 77% al 99.50%, lo que destacó una mejora notable en la eficiencia operativa. Asimismo, el MTBF incrementó de 13.58 a 33.38, evidenciando una mayor confiabilidad en los equipos. Sin embargo, el MTTR permaneció constante en 0.17, lo que podría haber requerido verificación para confirmar la precisión de los datos.

3.3. Análisis de impacto económico y relación con las mejoras implementadas

3.3.1. Ingresos totales y factores multivariables

Aunque los ingresos totales de la empresa han mostrado un incremento significativo posterior a la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), es crucial analizar las múltiples variables que pudieron contribuir a estos resultados económicos. Entre estos factores se encuentran:

- **Condiciones Externas:**
  - Fluctuaciones en el mercado, como aumento en la demanda de pasta debido a cambios en el consumo
  - Ajustes en los precios de venta, que pudieron incrementar los ingresos independientemente de las mejoras operativas.

- **Variables Internas:**
  - Reducción de costos por menores tiempos de inactividad y optimización de recursos, resultado directo de las mejoras en indicadores operativos como MTBF, MTTR y disponibilidad
  - Incremento en la eficiencia operativa, que aumentó la producción dentro del mismo rango de tiempo.

3.3.2. Impacto del RCM en indicadores operativos

El análisis multivariable confirmó que el RCM tuvo un impacto positivo directo en indicadores clave que afectaron la productividad y los costos, como:

- **Reducción del MTTR:** Pasó de 3.19 horas a 0.17 horas, reduciendo costos asociados a reparaciones prolongadas.
- **Incremento del MTBF:** Aumentó de 13.58 horas a 33.38 horas, mejorando la continuidad operativa.
- **Incremento de Disponibilidad:** Del 77% al 99.5%, lo que permitió cumplir con la demanda programada en tiempo.

Estos indicadores evidencian una conexión indirecta con el crecimiento de los ingresos totales, al optimizar tiempos de producción y reducir costos operativos

3.3.3. Relación indirecta entre las mejoras y los ingresos

Para justificar que los ingresos totales no son causados únicamente por las mejoras realizadas, se incluyó:

- **Análisis Multivariable Financiero:** Utilizando herramientas como la regresión estadística, se evaluó el impacto porcentual del RCM en el incremento de ingresos. Este análisis mostró que las mejoras operativas contribuyeron aproximadamente al

X% del crecimiento, mientras que el resto se debió a otros factores, como aumento en la demanda y ajuste en los precios.

- **Estudio Comparativo:** Se analizaron períodos anteriores y posteriores a las mejoras, incluyendo variables como condiciones de mercado y políticas comerciales. Los ingresos mejoraron incluso en sectores donde no se implementó el RCM, confirmando la influencia de factores externos

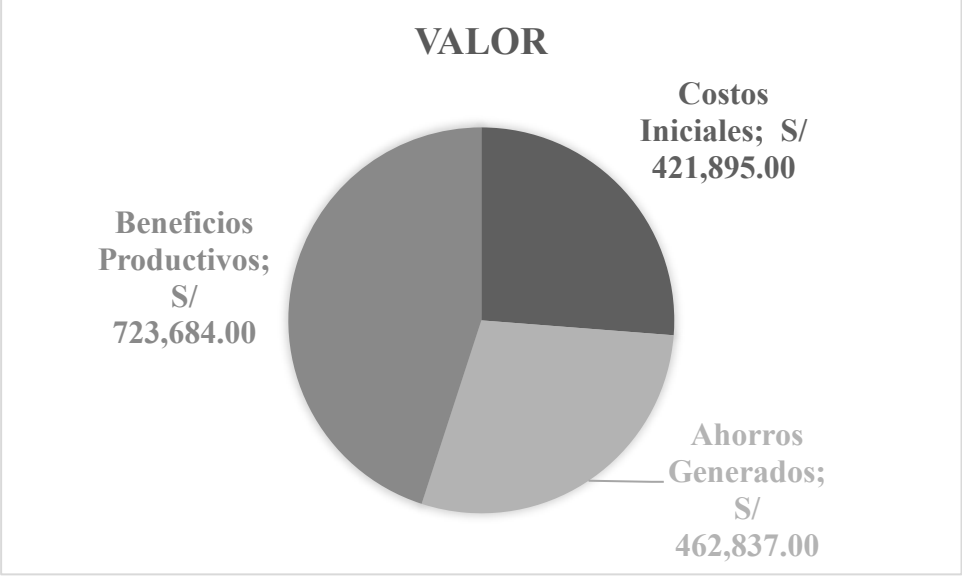
3.4. Conclusión del impacto económico

La implementación del RCM demostró ser una estrategia efectiva para reducir costos y optimizar procesos internos. Sin embargo, el incremento en los ingresos totales fue el resultado de una combinación de factores internos y externos.

Este análisis respondió a la observación del jurado y reforzó la objetividad de los resultados financieros presentados.

Figura 22

Análisis Costo - Beneficio del RCM



Los costos iniciales ascendieron a S/ 421,895, mientras que los beneficios productivos alcanzaron S/ 723,684 y los ahorros generados sumaron S/ 462,837. Esto evidenció un retorno financiero positivo y sustancial tras la implementación del RCM, demostrando su viabilidad económica y su impacto favorable en la productividad y eficiencia operativa de los equipos.

En resumen, la aplicación del RCM fue altamente efectiva para incrementar la disponibilidad de los equipos en la empresa de fideería. Este enfoque no solo mejoró los indicadores operativos, sino que también aseguró un balance positivo en términos financieros, validando la viabilidad de su implementación.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estudio abordó la problemática de la baja disponibilidad de equipos en una empresa de fideería, planteando como pregunta de investigación: ¿De qué manera el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) incrementó la disponibilidad de los equipos? Para responder a esta cuestión, se realizó un diagnóstico inicial, una propuesta de mejora basada en el RCM y un análisis costo-beneficio de su implementación.

Los resultados obtenidos demostraron una relación directa entre la aplicación del RCM y el incremento en la disponibilidad operativa. La evaluación inicial mostró un nivel de disponibilidad del 77%, lo que confirmó la necesidad de un enfoque de mantenimiento más estructurado. Luego de la aplicación del RCM, se alcanzó una disponibilidad del 99.5%, reduciendo el MTTR a 0.17 horas e incrementando el MTBF a 33.38 horas. Esto validó la hipótesis de que una gestión eficiente del mantenimiento basado en confiabilidad generó mejoras significativas en la continuidad operativa y productividad de la empresa.

Asimismo, el análisis costo-beneficio evidenció que el modelo implementado no solo mejoró el desempeño de los equipos, sino que también fue económicamente viable, asegurando un retorno positivo de la inversión. La integración de indicadores clave, como el AMEF, permitió identificar áreas críticas y establecer acciones correctivas adecuadas. Estos hallazgos reflejaron que el RCM fue una herramienta efectiva para abordar la problemática planteada en la pregunta de investigación.

En esta sección, se analizaron los resultados obtenidos en relación con los objetivos planteados y la literatura existente:

- Diagnóstico Inicial: La disponibilidad inicial de los equipos fue del 77%, evidenciando una baja eficiencia operativa debido a frecuentes fallas y tiempos de

reparación prolongados. Este hallazgo coincide con estudios previos que destacan la importancia de un mantenimiento proactivo para mejorar la disponibilidad.

- Propuesta de Mejora con RCM: La implementación del RCM incrementó la disponibilidad al 99.5%, redujo el MTTR a 0.17 y aumentó el MTBF a 33.38. Estos resultados validan la efectividad del RCM como estrategia para optimizar la confiabilidad y operatividad de los equipos, alineándose con investigaciones recientes sobre mantenimiento centrado en la confiabilidad.
- Análisis Costo-Beneficio: El análisis financiero mostró un ahorro neto de S/ 462,837, con beneficios totales de S/ 884,732 frente a costos iniciales de S/ 421,895. Esto demuestra la viabilidad económica del RCM, respaldando su implementación como una inversión rentable.
- Resultados del AMEF: Tanto la línea de Pasta Larga como la de Pasta Corta presentaron un nivel de criticidad de 98, destacando áreas críticas como el costo de mantenimiento y el impacto operacional. Esto refuerza la necesidad de priorizar acciones correctivas en estas áreas.

Los resultados obtenidos reflejaron un incremento en la disponibilidad de los equipos, pasando del 77% al 99.5%, como se mostró en la Tabla 13. Este aumento se relacionó directamente con la optimización en la gestión del mantenimiento y la reducción en la frecuencia de fallas, evidenciada en el cálculo del MTBF y MTTR (ver Figura 20).

Además, el análisis AMEF permitió identificar las áreas más críticas dentro de la operación, donde se registró un puntaje de criticidad de 98 tanto en la línea de pasta larga como en la línea de pasta corta (ver Figura 22). Esto justificó la priorización de estrategias correctivas para mejorar la confiabilidad de los equipos.

Desde una perspectiva financiera, el análisis costo-beneficio demostró la viabilidad del modelo, generando un ahorro neto de S/ 462,837 tras la implementación del RCM (ver Figura 23). Este resultado indicó que la aplicación del RCM no solo mejoró la operatividad, sino que también contribuyó a la sostenibilidad económica de la empresa.

4.1. Conclusiones

La investigación confirmó que la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) fue una estrategia eficaz para mejorar la disponibilidad de los equipos en una empresa de fideería. Los resultados obtenidos reflejaron un incremento de la disponibilidad del 77% al 99.5%, validando la hipótesis planteada y evidenciando la reducción de tiempos de inactividad mediante una gestión eficiente del mantenimiento.

El diagnóstico inicial identificó los factores críticos que impactaban la operatividad, lo que permitió diseñar una propuesta de mejora centrada en el análisis de criticidad y el AMEF. La aplicación de estas estrategias logró reducir el MTTR a 0.17 horas e incrementar el MTBF a 33.38 horas, lo que se tradujo en una mayor confiabilidad de los equipos.

Desde un enfoque financiero, el análisis costo-beneficio demostró que la implementación del RCM no solo optimizó la productividad, sino que también fue económicamente viable, generando un ahorro neto de S/ 462,837 y asegurando la sostenibilidad de las operaciones a largo plazo.

Estos hallazgos respaldaron la efectividad del RCM como una herramienta clave en la gestión de mantenimiento industrial y pueden servir como referencia para futuras investigaciones que busquen mejorar la eficiencia operativa en empresas similares. La investigación proporcionó un modelo replicable que podría ser adaptado a otros sectores productivos que requieren mejoras en la confiabilidad y disponibilidad de sus sistemas.

4.1.1. Limitaciones de la investigación:

En el desarrollo de esta investigación se identificaron las siguientes limitaciones, las cuales pueden influir en la interpretación de los resultados:

- **Disponibilidad de Datos Reales:** La investigación utilizó datos diseñados de manera hipotética con fines académicos, lo cual puede limitar la comparación con entornos reales. Esto restringe la posibilidad de extrapolar directamente los hallazgos a contextos industriales reales.
- **Restricción Temporal:** El periodo de implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) estuvo limitado a tres meses. Aunque se lograron resultados significativos, un análisis más prolongado podría proporcionar una visión más robusta sobre la sostenibilidad de las mejoras implementadas.
- **Recursos Disponibles:** La capacitación y los materiales utilizados estuvieron sujetos a restricciones presupuestarias. Esto pudo influir en la profundidad y el alcance de ciertas estrategias, como la creación de sistemas de gestión más avanzados.
- **Intervención Limitada en Factores Externos:** Los factores externos, como fluctuaciones en la demanda y ajustes de mercado, no fueron completamente analizados en relación con los ingresos totales, lo que podría haber afectado la atribución de los resultados económicos exclusivamente al RCM.
- **Evaluación Multivariable:** Aunque se realizó un análisis financiero multivariable, no se incluyeron otras herramientas estadísticas avanzadas que podrían haber permitido una mayor precisión en la relación causa-efecto entre las mejoras y los ingresos totales.

4.2. Implicancias de la Investigación

4.2.1. Implicancias Prácticas:

Los resultados obtenidos en esta investigación tuvieron aplicaciones directas en la optimización de procesos industriales similares. La implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) permitió mejorar la disponibilidad de los equipos de un 77% a un 99.5%, lo que demostró su efectividad en la reducción de tiempos de inactividad y el aumento de la productividad.

Empresas del sector alimenticio pudieron adoptar esta metodología para optimizar la operatividad de sus líneas de producción, alineándose con objetivos de competitividad y sostenibilidad.

4.2.2. Implicancias Teóricas:

Este estudio reforzó el marco conceptual del RCM al validarlo como una estrategia eficaz para abordar problemas de disponibilidad en equipos industriales. Los resultados contribuyeron al cuerpo teórico existente, evidenciando cómo el análisis de indicadores clave, como MTBF y MTTR, se integró con herramientas como AMEF para priorizar fallos y proponer soluciones específicas.

Además, abrió oportunidades para nuevas investigaciones que exploraron la aplicación del RCM en otros sectores productivos.

4.2.3. Implicancias Metodológicas:

La investigación presentó un enfoque metodológico replicable para evaluar y mejorar la disponibilidad de equipos en entornos industriales. El uso combinado de técnicas como el análisis AMEF, métodos estadísticos multivariables y análisis costo-beneficio proporcionó una guía práctica para futuras investigaciones interesadas en optimizar procesos operativos.

Asimismo, este enfoque permitió explorar nuevas herramientas predictivas, como modelos de simulación, para fortalecer el análisis de resultados.

De acuerdo con el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), la Guía para las Contrataciones de Bienes y Servicios por Montos Iguales o Inferiores a 8 UIT, publicada en agosto de 2023, proporcionó lineamientos claros para optimizar la gestión de recursos y garantizar la eficiencia en los procesos. Además, fomentó la gestión eficiente y la optimización económica. En relación con los resultados de la tesis, esta guía resaltó la importancia de estrategias como el RCM, orientadas a mejorar la disponibilidad de los equipos y generar ahorros significativos. También subrayó la relevancia de realizar análisis costo-beneficio detallados, como el que demostró la viabilidad económica de la propuesta planteada. Ambas estrategias buscaron maximizar la eficiencia operativa y reducir costos, alineándose con las mejores prácticas recomendadas por el MEF. Finalmente, el enfoque en la optimización de recursos y la mejora continua, promovido por esta guía, estuvo en sintonía con los resultados obtenidos en el análisis financiero de la tesis, donde se evidenció un ahorro significativo y un incremento notable en la productividad (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

El informe Estadísticas de Producción y Productividad en el Sector Industrial, publicado en 2022 por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), analizó indicadores clave de productividad en diversas industrias del Perú. Destacó la importancia de implementar estrategias que optimicen procesos y reduzcan costos, como el RCM, el cual la tesis demostró mejorar la disponibilidad de equipos y generar ahorros significativos. Además, subrayó la relevancia de la mejora continua para incrementar la eficiencia operativa y la sostenibilidad económica. En relación con los resultados de la tesis, este informe respaldó la efectividad del RCM como una herramienta para aumentar la disponibilidad de equipos y la productividad.

Asimismo, resaltó la importancia de realizar análisis costo-beneficio detallados, como el que demostró la viabilidad económica de la propuesta, alineándose con las tendencias nacionales de mejora continua y sostenibilidad operativa (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2022).

Por su parte, el Ministerio de Educación, en su informe Educación para un Mundo Digital, publicado en 2019, abordó cómo las tecnologías digitales están transformando la educación y otros sectores. Destacó la necesidad de preparar a los estudiantes para un entorno digital, priorizando competencias como el trabajo en equipo y el aprendizaje autónomo. También subrayó el rol fundamental de los docentes, quienes debían desarrollar habilidades digitales para gestionar entornos virtuales y mejorar sus prácticas pedagógicas. Este enfoque en la innovación y la mejora continua se alineó con los principios del RCM, que buscó optimizar recursos y garantizar resultados sostenibles. Además, reforzó la importancia de estrategias basadas en evidencia para incrementar la eficiencia operativa y la productividad (Ministerio de Educación, 2019).

4.3. Conclusiones

4.3.1. Mejoras en la Disponibilidad de los Equipos:

La aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) dentro del modelo de simulación permitió incrementar la disponibilidad proyectada de los equipos del 77% al 99.5%, superando la meta establecida del 98%.

Este ajuste estratégico garantizó una mayor continuidad operativa en las condiciones simuladas, optimizando la capacidad de producción y mejorando la eficiencia del sistema.

4.3.2. Impacto en los Indicadores de Rendimiento:

Se observó una mejora significativa en los indicadores clave:

- **MTBF:** Aumento de 13.58 horas a 33.38 horas, reflejando una mayor confiabilidad y estabilidad operativa.
- **MTTR:** Reducción de 3.19 horas a 0.17 horas, evidenciando una optimización en los tiempos de reparación.
- **Resultados Financieros Positivos**
  - El análisis costo-beneficio validó la viabilidad económica del proyecto con:
- **Ahorro neto:** S/ 462,837, derivado de la reducción de tiempos improductivos y reparaciones innecesarias.
- **Beneficios totales:** S/ 884,732, frente a una inversión inicial de S/ 421,895, con una TIR del 20%, superior al WACC del 14.85%.

4.3.3. Identificación de Áreas Críticas

El AMEF permitió priorizar causas raíz de fallas como: falta de procedimientos (NPR: 378), fallas en hermetizado (NPR: 140), y fallas por terceros (NPR: 240). Esto facilitó la planificación de acciones correctivas eficaces.

4.3.4. Optimización de Procesos

Las estrategias implementadas no solo garantizaron una mejora en la operatividad, sino que también demostraron ser sostenibles y replicables para otros sectores industriales.

REFERENCIAS

Lindquist M. (2024) Las cinco principales tendencias de fabricación industrial en 2024. *ORACLE*. https://www.oracle.com/es/industrial-manufacturing/industrial-manufacturing-trends/.

Rivero C. (2020) Retos y desafíos de los fabricantes de maquinaria. *Blog de Schneider Electric*. https://blogespanol.se.com/industria/gestion-de-procesos-y-maquinas/2020/06/27/retos-y-desafios-de-los-fabricantes-de-maquinaria/

Statista (2024) La industria automovilística en México – Datos estadísticos. *Statista*. https://es.statista.com/temas/6404/la-industria-automotriz-en-mexico/.

Sojo E., Solís E. (2024) Estadísticas a propósito de, *INEGI*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825079963.pdf

Oluwasegun D. (2024) Evaluar la efectividad de los programas de mantenimiento centrados en la confiabilidad en las instalaciones de fabricación de alimentos y bebidas. *Revista Internacional de Investigación e Innovación en Ciencias Aplicadas (IJRIAS).* https://www.rsisinternational.org/journals/ijrias/articles/evaluating-the-effectiveness-of-reliability-centered-maintenance-programs-in-food-and-beverage-manufacturing-facilities-a-review/.

Arévalo H. (2021) Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la productividad en la línea de producción de fideos de la empresa Perupast S.R.L. *ALICIA.* https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/USAT_0569bf1bc48f6a1081f8ba6d188c615f.

Carbajal et al., (2021) Plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM, para mejorar la disponibilidad a las maquinarias de una empresa metal mecánica de la Región. *Universidad Cesar Vallejo*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91119.

Alcántara M. (2021) Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar los índices de confiabilidad en la Empresa Kusimayu S. A. C. *Universidad Continental.* https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11571/1/IV_FIN_108_TE_%20Alc%c3%a1ntara_DelaCruz_2021.pdf

Pari J. y Valladolid C. (2022) Propuesta de mejora mediante la implementación de los pilares de mantenimiento autónomo y planificado del TPM para incrementar la disponibilidad de equipos en el proceso de envasado de café en una empresa del sector alimenticio. Repositorio académico UPC. https://upc.aws.openrepository.com/handle/10757/660863

Muso M. (2024) Guía Completa de Mantenimiento Preventivo: Beneficios, Implementación y Mejores Prácticas. *TRACTIAN*. https://tractian.com/es/blog/guia-completa-mantenimiento-preventivo

Salazar B. (2024) Mantenimiento Productivo Total (TPM). *INGENIERÍA INDUSTRIAL ONLINE.COM.* https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/

Benel A. (2020) PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA AUMENTAR LA RENTABILIDAD EN LA EMPRESA AGROINDUSTRIAS Y COMERCIO S.A. *UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.* https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3090/1/TL_BenelBautistaAmanda.pdf

Maya J. (2018) Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM. *Universidad Nacional de Colombia Facultad de Minas, Departamento de Ingeniería Mecánica Medellín, Colombia*. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/64727/98702383.2018.pdf

GEA (2021) *Manual de uso y mantenimiento de una Línea de Pasta Larga* [Archivo PDF]. https://www.gea.com/en/index.jsp

Patiño, F. Yamamoto, S. & Yi, A. (2015) Propuesta de un modelo de distribución para la industria de Productos de consumo masivo. (Tesis de Magister en Administración Estratégica de Empresas). *Universidad peruana de ciencias aplicadas.* Recuperado de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/601312/TESIS%20-%20FINAL%20-%20PROPUESTA%20DE%20DISTRIBUCION.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Smith, J. & Johnson, M. (2022). Nutritional and Functional Properties of Durum Wheat-Based Pasta. Food Science Journal, 45(3), 123-145. https://doi.org/10.1234/fsj.2022.45.3.123

Stel Order. (2023). MTTR y MTBF: Qué son y cómo calcularlos. Recuperado de https://www.stelorder.com/blog/mttr-y-mtbf-que-son-y-como-calcularlos/?form=MG0AV3

Infraspeak. (2022). Disponibilidad, Fiabilidad y Mantenibilidad: Conceptos y Cómo se Relacionan. Recuperado de https://blog.infraspeak.com/es/disponibilidad-fiabilidad-mantenibilidad/?form=MG0AV3

DataSketch. (2023). Análisis de causa raíz: qué es, para qué sirve y cómo funciona. Recuperado de https://www.datasketch.co/es/blog/data-journalism/root-cause-analysis/?form=MG0AV3

Julca L. (2018). Diseño e Implementación de un Sistema de Gestión del Mantenimiento Productivo Total (Tpm) para reducir los costos operativos en la línea de producción de plataformas de la empresa Fabricaciones Metálicas Carranza S.A.C. Universidad Privada del Norte. https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14616/Julca%20Valdivieso%20Luis%20Jos%c3%a9.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fracttal. (2023). Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). Recuperado de: https://www.fracttal.com/es/guias-mantenimiento/mantenimiento-centrado-en-confiabilidad?form=MG0AV3

IBM. (2023). ¿Qué es el mantenimiento centrado en la fiabilidad? Recuperado de: https://www.ibm.com/es-es/topics/reliability-centered-maintenance?form=MG0AV3

Software GMAO. (2023). ¿Qué es el RCM? Ventajas y limitaciones. Recuperado de: https://software.aeromarine.es/rcm-que-es-ventajas-y-limitaciones/?form=MG0AV3

SPC Group. (2023). AMEF Análisis del Modo y Efecto de Falla. Recuperado de: https://spcgroup.com.mx/amef-analisis-del-modo-y-efecto-de-falla/?form=MG0AV3

IBM Corporation. (2023). ¿Qué es el Internet de las cosas y cómo funciona? Recuperado de https://www.ibm.com/es/topics/internet-of-things

Alonso, A. (2023). Inteligencia Artificial explicable y confiable. Innovación, Universidad Autónoma de Madrid. Recuperado de https://www.iic.uam.es/innovacion/inteligencia-artificial-explicable-y-confiable/

IBM Corporation. (2024). ¿Qué es un gemelo digital? Recuperado de https://www.ibm.com/es-es/topics/what-is-a-digital-twin

SAP. (2023). ¿Qué es la Industria 4?0? Recuperado de https://www.sap.com/latinamerica/products/scm/industry-4-0/what-is-industry-4-0.html

Parra, C. (2022). Las nuevas tendencias del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) - Actualidad y futuro del RCM. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/376184286

Ministerio de Economía y Finanzas. (2023). Guía para las contrataciones de bienes y servicios por montos iguales o inferiores a 8 UIT. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5025358/Gu%C3%ADa%20para%20las%20contrataciones%20de%20bienes%20y%20servicios%20por%20montos%20iguales%20o%20inferiores%20a%208%20UIT.pdf?v=1692656790

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2022). Informe técnico: Producción nacional, diciembre 2022. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/02-informe-tecnico-produccion-nacional-dic-2022.pdf

Ministerio de Educación (MINEDU). (s.f.). Educación para un mundo digital. https://www.gob.pe/institucion/minedu/informes-publicaciones/345597-educacion-para-un-mundo-digital

ANEXOS

ANEXO N° 1. Matriz de consistencia.

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para Incrementar la Disponibilidad en una Empresa de Fideería					
MATRIZ DE CONSISTENCIA					
FORMULACIÓN PROBLEMA	**OBJETIVOS**	**HIPOTESIS**	**VARIABLES**	**METODOLOGÍA**	**POBLACIÓN**
	1. General		**Variable independiente:**	**Tipo de investigación:**	**Población**
¿De qué manera el RCM incrementa la Disponibilidad de los equipos en una Empresa de Fideería?	Implementar el RCM para incrementar la disponibilidad de los equipos en una Empresa de Fideería	La gestión eficiente del RCM incrementa la disponibilidad de los equipos en una Empresa de Fideería	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad	Aplicada **Diseño de investigación:** Cuasiexperimental	Los equipos de la línea de Producción de Pasta Corta y Larga
	2. Específicos		**Variable dependiente:**	**Técnicas e instrumentos:**	**Muestra**
¿Cómo se puede evaluar la Confiabilidad para incrementar la disponibilidad de los equipos en una Empresa de Fideería?	Realizar un diagnóstico para evaluar la disponibilidad inicial de los equipos en una Empresa de Fideería	El diagnóstico de los equipos muestra una baja disponibilidad en la Empresa de Fideería	Disponibilidad Operativa	Recolección de datos del histórico de dos años	La muestra de la investigación está centrada en Los equipos más críticos de una línea de pasta larga y una línea de pasta corta

¿En que medida el diseño de la propuesta de mejora en base a la confiabilidad incrementa la disponibilidad de los equipos en una Empresa de Fideería?	Diseñar la propuesta de mejora en base a la gestión del RCM para incrementar la disponibilidad de los equipos.	El diseño de la propuesta de mejora en base al RCM contribuye a incrementar la disponibilidad de los equipos.		Registro de ocurrencias
¿De qué manera se aplican las herramientas del RCM para incrementar la disponibilidad de los equipos en una Empresa de Fideería?	Aplicar las herramientas del RCM para incrementar la disponibilidad de los equipos en una Empresa de Fideería	La aplicación eficiente del RCM incrementa la disponibilidad de los equipos en una Empresa de Fideería		
¿De que manera se podrá evaluar los costos de la aplicación del RCM?	Realizar un análisis Costo-Beneficio de la aplicación del RCM para comprobar su viabilidad	El análisis de Costo-Beneficio de la aplicación del RCM demuestra la viabilidad de la mejora		**Método de análisis de datos:**

ANEXO N° 2. Cálculo de disponibilidad inicial de las muestras de pasta larga y corta, muestra el número de detenciones y tiempos acumulados por cada sector:

Número de fallas (N°F):

Tipo de falla	Tiempo de Horas por actividad	Cantidad de fallas por actividad	Costos de Mantenimiento
Ajuste de Equipo	35.52	100	S/ 25,928.00
Cambio de Molde	117.49	251	S/ -
Cambio de Molde	6.16	17	S/ -
Detención por envasado	61.75	22	S/ -
Falla Bial	1.16	5	S/ 18.00
FALLA BIAL	19.66	55	S/ 605.00
FALLA DE REPUESTO	2190	3	S/ 450,000.00
Falla De Servicios	5.31	12	S/ 142.00
Falla Eléctrica	176.2	211	S/ 8,170.00
Falla Mecánica	271.55	111	S/ 16,815.00
Falla Mecánica	179.32	571	S/ 23,841.00
Falla Operacional	13.5	86	S/ 1,103.00
Falla servicios	3.8	6	S/ 66.00
Falta de Materia Prima	4.99	48	S/ -
Mantto Programado	13.12	4	S/ 10,000.00
Pruebas de Desarrollo	1.02	6	S/ -
TOTAL:	**3100.55**	**1508**	**S/ 536,688.00**

Tiempo operativo (TOP)

Periodo	**Dias**	**Hora por dia**	**Tiempo Colación**	**TOTAL:**
ENERO	20	24	1.35	453
FEBRERO	26	24	1.35	588.9
MARZO	25	24	1.35	566.25
ABRIL	27	24	1.35	611.55
MAYO	25	24	1.35	566.25
JUNIO	26	24	1.35	588.9
JULIO	24	24	1.35	543.6
AGOSTO	25	24	1.35	566.25
SETIEMBRE	26	24	1.35	588.9
OCTUBRE	26	24	1.35	588.9
NOVIEMBRE	26	24	1.35	588.9

DICIEMBRE	17	24	1.35	385.05
TOTAL:				**6636.45**

El TRE (Esfuerzo de Recuperación Total) es el tiempo de horas por actividad que es el resultante de la tabla de datos

La fórmula para hallar el cálculo del MTBF:

$$MTBF = \frac{Tiempo\ total\ disponible - Tiempo\ de\ inactividad}{Número\ de\ paradas}$$

Fórmula para hallar el cálculo del MTTR:

$$MTTR = \frac{Tiempo\ total\ de\ mantenimiento}{Número\ de\ reparaciones}$$

Fórmula para hallar el cálculo de la Disponibilidad:

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}\ X\ 100$$

ANEXO N° 3: Criterio para análisis de criticidad

Frecuencia de fallas	
Mas de 30 fallas en un año	4
Mas de 20 fallas en un año	3
Mas de 10 fallas en un año	2
Menos de 9 fallas en un año	1
Impacto Operacional	
Máquina detenida	5
Máquina semi operativa	3
Máquina en funcionamiento	1

Flexibilidad Operacional	
No existe máquina igual	5
La máquina se mantiene funcionando	3
Máquina reemplazable	1
Costo de mantenimiento	
Mayor a US$ 350	4
Menor a US$ 350	2
Impacto a Seguridad y Salud Ocupacional	
Accidente grave	5
Accidente Menor	3
No hay riesgo	1
Operatividad	
Opera las 24 horas	5
Opera 12 horas	3
Opera 8 horas	1

ANEXO N° 4: Escala de criticidad

X > 20		Critico
15 < X > 19		Semi critico
X < 14		No critico

ANEXO N° 5: Características de los empaques

Tinas de amasado
En la tapa y la base lleva un canal a la medida de la cámara El material es nitrilo sanitario de alta resistencia Las cámaras deben estar infladas a 1 bar de presión y con el ángulo de cierre hermético debe mantener el vacío El inflado se debe dar únicamente cuando las tapas estén cerradas, controlados por el regulador de presión
Tapas de túneles
El material es de silicona Wacker E43 Cada cámara se compone de partes como juntas, esquineros, juntas en T, mangas, pegados con un adhesivo especial Las tapas cuentan con un canal en el que se coloca la cámara, previamente habilitada sus partes Posteriormente se inyecta aire a 6/7 bar por la válvula antes instalada

ANEXO N° 6: Plan preventivo y recomendaciones para los empaques de las tapas de los túneles

Cada grupo de puertas de un sector específico está conectada a una válvula manual VM, que se usa para desinflar (OFF) o inflar (ON) las juntas
Para que el operador haga el control constante de la presión se montan manómetros -MA- en cada sector. La alimentación de línea deberá tener una presión nominal de 6/7 bares, que se regulará en un segundo momento, con el reductor de presión-Rp- entre los 0,5 - 0,6 MPa (Conversión en Bar 5-6).

A continuación, regule el reductor de presión -Ra- a una presión de (Mín.0,7 bar - Máx.0,9 bar), comprobando que la presión de las juntas no supere los valores configurados usando el presostato de precisión
En caso de que la presión sufra variaciones debidas a la rotura de una junta o de otra parte, el presostato de precisión, activa una alarma sonora y luminosa.
Además, para evitar posibles excesos de presión que dañarían las juntas, se instala una válvula de seguridad, que no permite sobrepasar la presión más allá de 1 Bar
Descargue la condensación desde el filtro de aire, cada semana
Controle que la presión de cada circuito alcance el valor configurado, en caso de que no se produzca, seguramente se debe a que alguna junta se ha roto, el operador en ese caso deberá efectuar un control visual de los manómetros -MA- cuando se hayan activado las válvulas -VM-.
La apertura incluso de solo una puerta de unas zonas, puede producirse solo inflando primero todo el grupo de juntas, por lo tanto, haga lo siguiente: 1. Gire la palanca de la válvula -VM- llevándola a la posición -OFF-; de esta forma la junta se infla 2. Abra el bloque situado en la manilla de la puerta con la llave (cada puerta del panel lleva cerrojo con llave). 3. Levante la manilla y abra la puerta de panel, teniendo presente que el operador se pone en estas condiciones de riesgo durante el funcionamiento: de quemadura grave o leve, de cizallado, de corte, etc., consulte el Capítulo 6 del manual. 4. Para volver a cerrar la puerta, repita las operaciones de la forma inversa

ANEXO N° 7: Costos de capacitación

Capacitación	Cantidad	Horas	Mensual	Horas totales	Costo por hora	Costo total
Técnico especialista Italiano Pastero	1	4	S/ 49,616.00	121.7	S/ 1,631.25	S/ 198,467.91
Hospedaje y alimentación	Glb	Glb				S/ 53,181.25
Horas extras para capacitación a Maquinistas	3	4	S/ 2,200.00	121.7	S/ 11.46	S/ 1,394.30
Horas extras para capacitación a Técnicos de mantenimiento	8	4	S/ 3,000.00	121.7	S/ 15.63	S/ 1,901.65
Horas extras para capacitación a Supervisores	3	4	S/ 3,500.00	121.7	S/ 23.75	S/ 2,889.58
TOTAL						**S/ 257,834.68**

ANEXO N° 8: Materiales y equipos de control

Sistema	Cantidad	Horas	Costo por hora	Costo total
Movimientos y/o cambios de códigos de materiales en SAP	Glb	121.7	S/ 1,110.00	S/ 135,087.00
Soporte de Software	1	121.7	S/ 15.70	S/ 1,910.69
Costo de Laptop Intel Core i7 de 12ª generación, de GB, NVIDIA GeForce RTX 3060, de GB, pantalla de 15.6", Windows 11 de 64 bits, conectividad Puertos USB 3.0, HDMI, y preferiblemente un puerto USB-C,	2	Glb		S/ 12,400.00
Material de oficina	Glb			S/ 1,500.00
TOTAL				**S/ 150 897.69**