Maestría en Gestión Financiera Y Riesgo
Proyecto Integrador Caso de Negocio

Título de la propuesta o iniciativa: Desarrollo de un modelo de implementación de la metodología TPM (Mantenimiento Productivo Total) en la empresa ST y análisis de su impacto en los costos de producción

Autores: Armijos Vizueta Nicole Stefania, Ruiz Palencia María Fernanda

Facultad: Postgrados

Maestría: Gestión Financiera y Riesgos

Fecha de culminación: 21 de junio del 2025

Resumen

El presente proyecto se desarrolla con el objetivo de analizar el decrecimiento en la rentabilidad de la compañía ST, empresa líder en el sector acuícola especializada en la producción de balanceado para camarones. Al realizar un estudio detallado de los rubros que componen el estado financiero, se constató el peso estratégico de la materia prima dentro de los costos de producción, así como la relevancia de aquellos elementos derivados de su uso, tales como las mermas, desviaciones en la absorción de los ingredientes y la ineficiencia operacional, los cuales incrementan las varianzas en la producción. Considerando las diferentes raíces del problema identificado y, a través de investigaciones y casos de estudio previos, se determinó que la alternativa óptima es la implementación del modelo de Mantenimiento Productivo Total, el cual es un sistema de mejora continua que maximiza la efectividad de la

maquinaria, permitiendo a su vez, la reducción de mermas y reprocesos por fallas y averías. Además, promueve una cultura de mantenimientos preventivos, lo que se solventa la problemática causada por la incorrecta dosificación de materia prima. Este sistema responde a los diversos objetivos establecidos por la compañía, medibles a través de indicadores como el porcentaje de mermas y productividad material. En general, su adecuada implementación representa una importante reducción en los costos operativos de la compañía, de manera sostenible a largo plazo, asegurando el uso eficiente de materia prima sin comprometer la calidad del producto terminado.

Abstract

This project has been developed with the objective of analyzing the decline in profitability of the company ST, a leading enterprise in the aquaculture sector, specialized in the production of shrimp feed. A detailed study of the components of the financial statement confirmed the strategic importance of raw materials within production costs, as well as the relevance of elements derived from their use, such as waste, deviations in ingredient absorption, and operational inefficiencies, all of which increase production variances. Considering the various root causes of the identified problem and through previous research and case studies, it was determined that the optimal solution is the implementation of the Total Productive Maintenance (TPM) model. This is a continuous improvement system that maximizes machinery effectiveness, thereby reducing waste and reprocessing due to failures and breakdowns.

In addition, it promotes a culture of preventive maintenance, which helps address issues caused by incorrect raw material dosing. This system aligns with the company's various established objectives, measurable through indicators such as waste percentage and material productivity. Overall, its proper implementation represents a significant reduction in the company's operating costs, in a sustainable manner over the long term, ensuring efficient use of raw materials without compromising the quality of the final product.

Keywords: profitability, raw materials, operational inefficiencies, production costs, machinery effectiveness, preventive maintenance.

Armijos Vizueta Nicole Stefania[a] y María Fernanda Ruiz Palencia[b] bajo la dirección de Diana Vanessa Naula Merizalde[c].

a Licenciada en Contabilidad y Auditoría email: nicole.armijos@uees.edu.ec

b Licenciada en Contabilidad y Auditoría email: maria.ruiz@uees.edu.ec

c Ing. en Administración de Empresas email: diana.naula@uees.edu.ec

SÍNTESIS	La Empresa ST, líder en soluciones nutricionales para la industria acuícola, enfrenta desafíos operativos críticos relacionados con la dosificación incorrecta de materia prima, un factor que afecta directamente la eficiencia productiva, los costos y la percepción del cliente. Este problema impacta de forma significativa en la rentabilidad del negocio, al generar desperdicios, reprocesos y mermas, comprometiendo la calidad del producto final. En este contexto, se identifican oportunidades de mejora asociadas a la optimización de procesos productivos, tales como la revisión de fórmulas, mantenimiento de maquinaria, automatización de líneas y control del inventario en proceso. Estas acciones buscan mejorar la precisión en la formulación, reducir pérdidas, incrementar la productividad y garantizar un uso eficiente de los recursos. La implementación de estrategias correctivas y preventivas se convierte en una prioridad para lograr sostenibilidad operativa, fortalecer la confianza del cliente y cumplir con los objetivos financieros y comerciales de la organización.
DESCRIPCIÓN	La propuesta busca corregir la dosificación incorrecta de materia prima en la Empresa ST, que genera mermas, reprocesos y pérdida de eficiencia. A través de acciones como el mantenimiento preventivo, control del inventario en proceso y capacitación del personal, se pretende

	optimizar el uso de recursos, reducir desperdicios y asegurar la calidad del producto final, impactando positivamente en los resultados operativos y financieros.
DEFINICIÓN DE LA OPORTUNIDAD	La dosificación incorrecta de materia prima representa una oportunidad clave para optimizar los procesos productivos en la Empresa ST. Al implementar controles efectivos y mejoras técnicas, es posible reducir mermas, evitar reprocesos y elevar la calidad del producto final. Esta mejora impactará directamente en la eficiencia operativa, el ahorro de costos y la satisfacción del cliente, fortaleciendo así la competitividad de la empresa en el sector.
OBJETIVO RELEVANTE DEL NEGOCIO	Optimizar el uso de materia prima mediante una dosificación precisa, con el fin de reducir mermas, mejorar la calidad del producto y aumentar la eficiencia operativa. Esto permitirá fortalecer la rentabilidad, asegurar el cumplimiento de pedidos y elevar la satisfacción del cliente, consolidando una base sólida para la sostenibilidad y competitividad de la Empresa ST.
ALTERNATIVAS DE ANÁLISIS ELEGIDA	Se ha optado por una estrategia integral que combine automatización del sistema de dosificación, mantenimiento preventivo, capacitación al personal operativo y controles aleatorios en el proceso. Esta combinación permite reducir mermas, mejorar la eficiencia

	operativa y asegurar la calidad del producto, abordando el problema desde el enfoque técnico, humano y de control. La elección se fundamenta en su alto impacto, viabilidad de implementación y sostenibilidad en el tiempo.

1. Oportunidad o problema

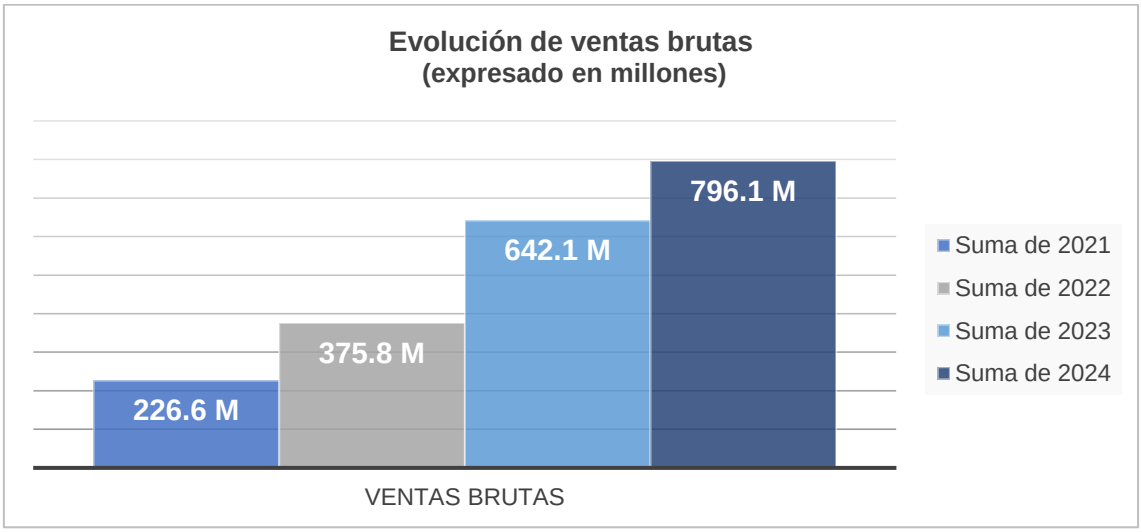
1.1. Identificar la oportunidad/problema

La empresa ST, en adelante la empresa, fue fundada en el año 1993 con el objetivo de producir alimento balanceado para camarones cuyo abastecimiento, inicialmente, sería solo de forma local. Esta compañía nace con una planta en las afueras de Guayaquil y su crecimiento ha sido paulatino a lo largo de los años. Pese a que la empresa fue formada con la aportación de sus socios que, eran familias acaudaladas del Ecuador, por diferentes factores sociales y económicos, fue vista a nivel mundial como una oportunidad de inversión, por lo que, años más tarde, una multinacional adquiere gran parte de sus acciones, convirtiéndose en su participación societaria principal.

La inversión extranjera, a partir de 2016, trajo consigo una serie de beneficios que permitieron un crecimiento acelerado. La primera inyección de capital se atribuyó a la creación de una nueva planta, completamente automatizada, donde se produciría otro tipo de alimento balanceado, un alimento de mejor absorción y que representaba un ciclo de crecimiento más rápido para los camarones. Con ello, también se logró la expansión de la cartera de productos, atendiendo necesidades de otros animales como peces e inclusive, del sector agrícola, caballos, por ejemplo. La creación de esta planta marcó un hito para la empresa puesto que su participación en el mercado, sobre todo en el sector acuícola, se elevó de manera importante. El portafolio de clientes, la demanda de productos, la introducción de un alimento que, no era producido por sus competidores, era mejor aceptado por los animales y, por ende, era beneficioso para los camaroneros, creció de, tal manera que, en cierto punto de la curva de crecimiento, se volvió insostenible.

De forma inicial, no se contaba con un plan estratégico de crecimiento donde se establecieran, al menos las principales aristas que la empresa debía considerar para obtener mejores resultados. Sin embargo, dado que, al final del año, las ventas incrementaban históricamente y, por consiguiente, las utilidades, la empresa no sentía la necesidad de analizar más de cerca la composición de las cifras que se escondían detrás del resultado. Lo importante, en ese momento, era simplemente cumplir con los indicadores requeridos.

Tabla 1 Evolución de Ventas

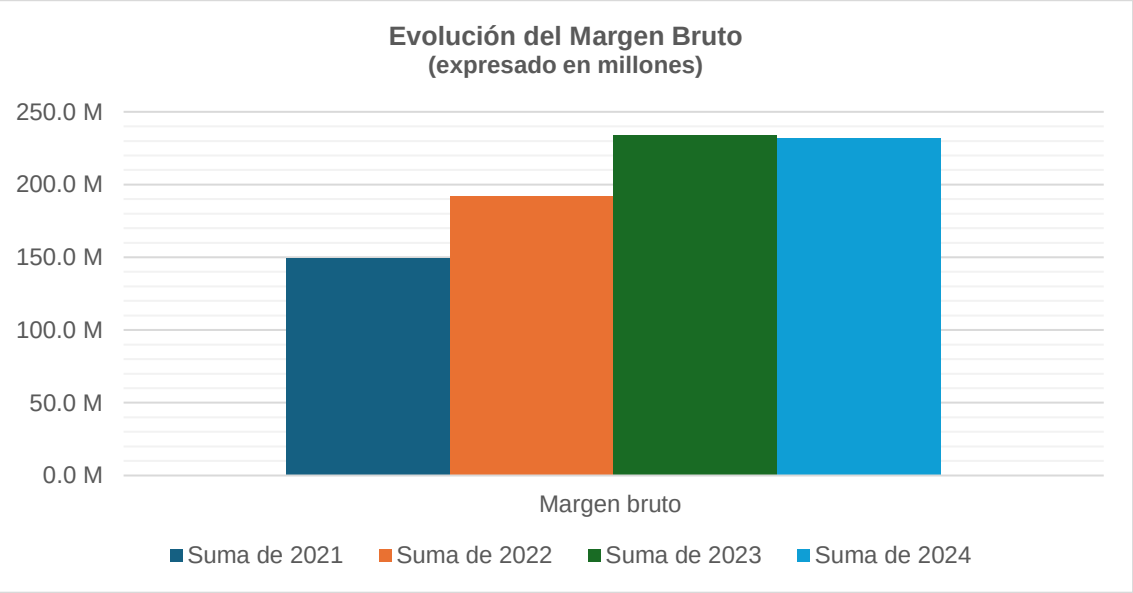


Nota: Fuente – El Autor

Como se puede apreciar en el gráfico de evolución de ventas netas, la empresa crecía cada año. La tendencia entre 2021 y 2023 fue de un incremento anual promedio del 68%, no obstante, para el año 2024, el crecimiento no presenta la misma magnitud de años anteriores puesto que se eleva solo un 23% respecto al ejercicio económico anterior. Esta fue la primera señal de alerta para los directivos de la organización.

A pesar de que el indicador de crecimiento en ventas no se logró en su totalidad, la empresa seguía reportando utilidades como se puede apreciar en la imagen a continuación.

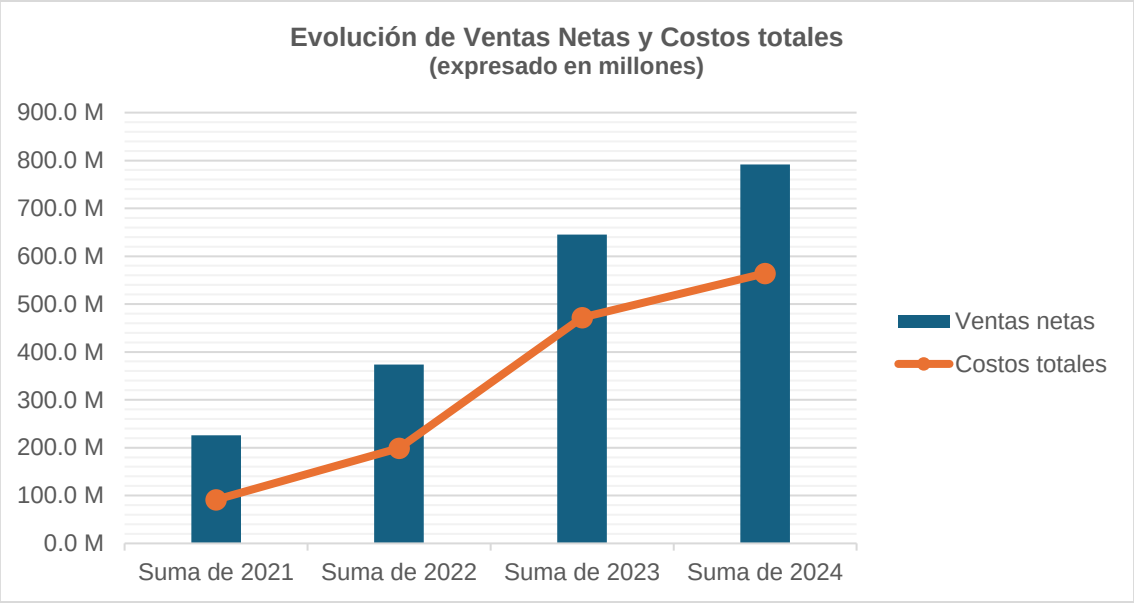
Tabla 2 Evolución del Margen Bruto



Nota: Fuente – El Autor

Con base a los resultados del margen bruto, la empresa venía creciendo, en promedio, un 25% anual, sin embargo, la variación entre 2024 y 2023 representó un decremento del 2%. Esto, de la mano, con la evaluación de ventas y costo de ventas conforme se visualiza en el siguiente gráfico:

Tabla 3 Evolución de Ventas y Costos



Nota: Fuente – El Autor

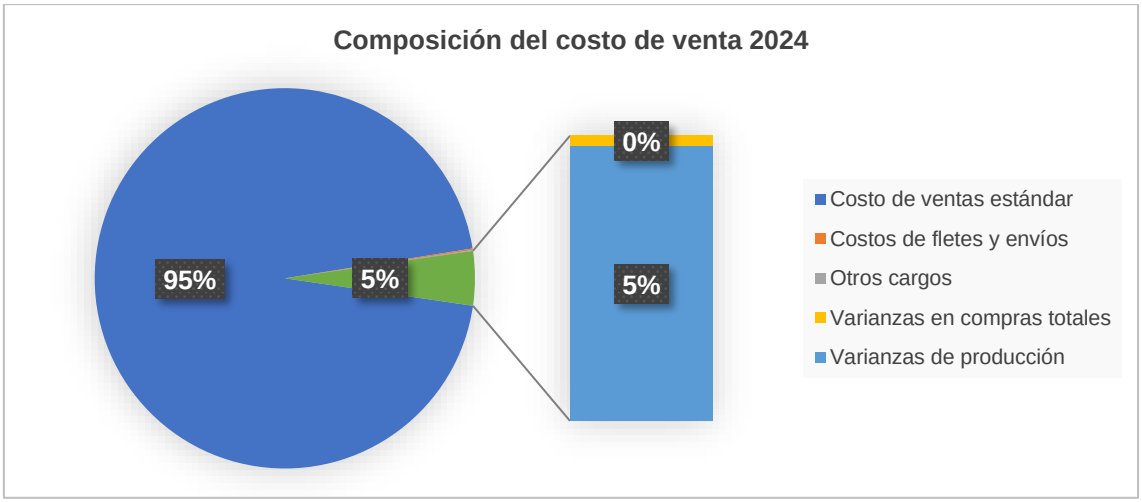
Dado a que se trata de una empresa del sector productivo, el resultado del negocio depende, mayormente, de las ventas y el costo. De acuerdo con Balanda (2005), “Costos no solo es Contabilidad que registra, mide y da cifras cuantitativas sobre el uso racional de los recursos económicos en las actividades de creación de bienes y servicios, sino que debe apuntar a la gestión, para que a través de información actualizada y confiable pueda el directivo analizar integralmente la marcha de los negocios, planificar el futuro, corregir desviaciones en la toma de decisiones y control permanente de la actividad empresarial.”. De ello, es posible destacar su importancia y su aporte en los resultados de las compañías.

De manera general, el costo de ventas comprende todos los gastos necesarios para transformar la materia prima en producto terminado. En este sentido, Rincón (2019) menciona que los costos de producción “son las inversiones que se destinan a la realización de un producto (este producto puede ser un bien o

servicio), que se tiene para la venta en el giro ordinario del negocio de la empresa. Los costos de producción están divididos en cuatro componentes: materiales directos, personal directo, servicios directos y costos indirectos de fabricación".

En 2024, el costo total ascendió a $564 millones, de los cuales aproximadamente $537 millones corresponden al costo estándar de producción, el cual comprende la operación normal: materia prima, material de empaque y otros costos directamente relacionados con la producción, mientras que, $25 de los $27 millones restantes, corresponden a varianzas de producción, representando el 5% del total del costo de venta de la empresa, lo que demuestra su peso estratégico dentro de la estructura financiera del negocio.

Ilustración 1 Composición del Costo de Venta 2024



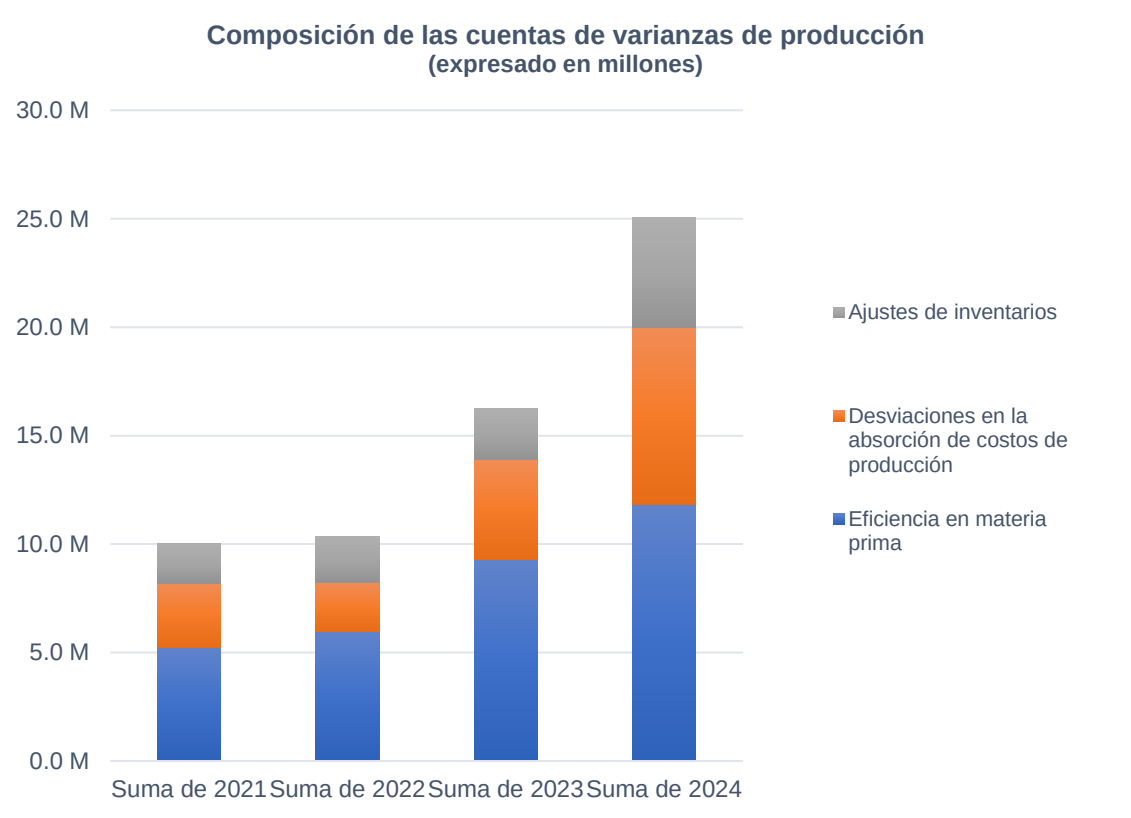
Nota: Fuente – El Autor

Este desglose permite evidenciar que una optimización en la dosificación y del proceso productivo impacta no solo en el consumo directo de insumos, sino también en ajustes posteriores que terminan afectando el estado de resultados. Por tanto, mejorar el control del uso de materia prima y reducir las desviaciones

en producción se convierte en una acción clave para fortalecer el margen bruto y la rentabilidad.

Ahora bien, respecto a los rubros que comprenden las varianzas de producción, están clasificados por los ajustes de inventarios, desviaciones en la absorción de los costos de producción y la eficiencia en la utilización de la materia prima. De estas tres cuentas, es posible apreciar en el gráfico a continuación cuál es la significancia del eficiente uso de la materia prima en la producción.

Tabla 4 Composición de las Cuentas de Varianza

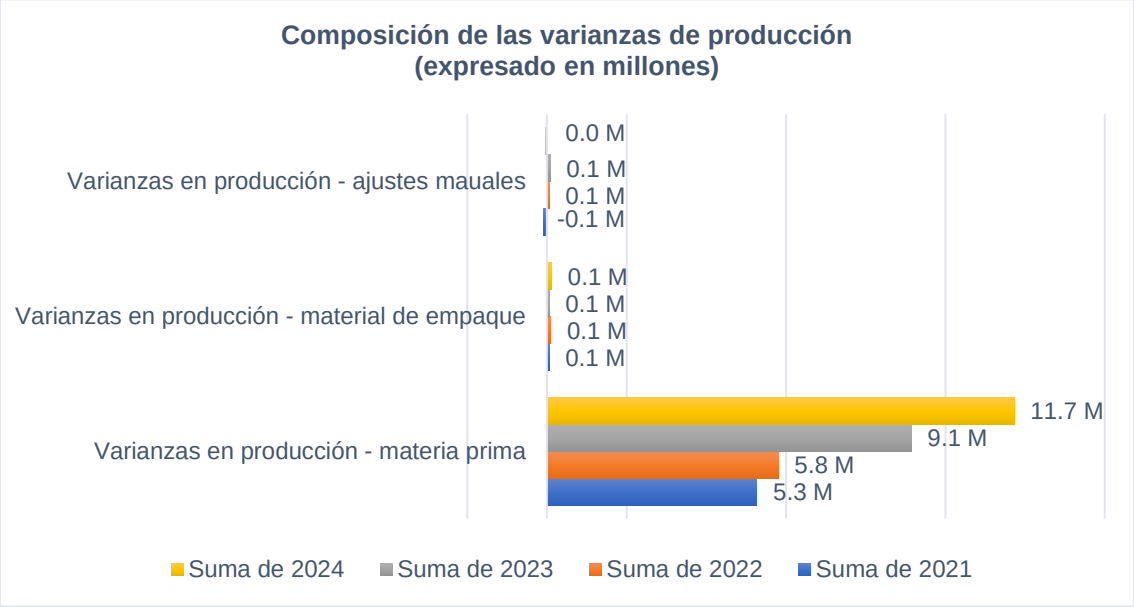


Nota: Fuente – El Autor

Tomando como punto principal la cuenta de 'Eficiencia en materia prima', la cual recoge los costos asociados al uso de insumos, se ha analizado su comportamiento a lo largo de los ejercicios económicos, siendo este $5.2

millones en 2021, $5.9 millones en 2022, $9.2 millones en 2023 y $11.8 millones en 2024. El incremento acumulado es del 96% en apenas cuatro años, lo cual refleja que, pese al crecimiento de la producción, también han aumentado los costos relacionados con ineficiencias en la dosificación o el uso excesivo de materias primas.

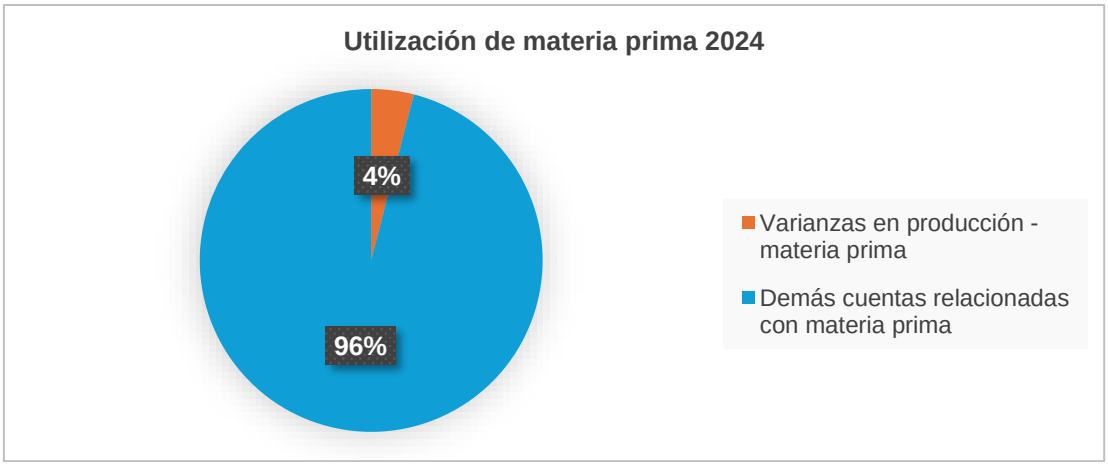
Tabla 5 Composición de las Varianzas



Nota: Fuente – El Autor

Además, el valor registrado en 2024 representa más del 4% del costo total del componente de materia prima, lo cual es crítico considerando los márgenes ajustados con los que opera la industria acuícola. Por lo tanto, reducir estos niveles de ineficiencia podría liberar recursos financieros importantes, que pueden ser reinvertidos en tecnología, expansión o reducción de precios para ganar competitividad.

Ilustración 2 Utilización de Materia Prima 2024



Nota: Fuente – El Autor

Frente a este escenario, se vuelve indispensable establecer controles automatizados de dosificación, ejecutar mantenimientos preventivos de forma sistemática, y aplicar un sistema de análisis de eficiencia por lote que permita detectar rápidamente desviaciones. La capacitación del personal y el rediseño de procesos también jugarán un rol clave para lograr una producción más limpia, eficiente y rentable.

Con base a este diagnóstico, se utilizaron dos herramientas visuales para profundizar en la identificación de causas y acciones de mejora. La primera, el diagrama de Ishikawa, permitió agrupar las causas del problema según tecnología, personas, métodos y recursos. La segunda, un mapa mental, detalla acciones concretas para corregir la dosificación incorrecta de materia prima y mejorar el control del proceso productivo.

Ilustración 3 Diagrama de ISHIKAWA



Figura 1. Diagrama de Ishikawa sobre dosificación incorrecta de materia prima.

Ilustración 4 MAPA MENTAL

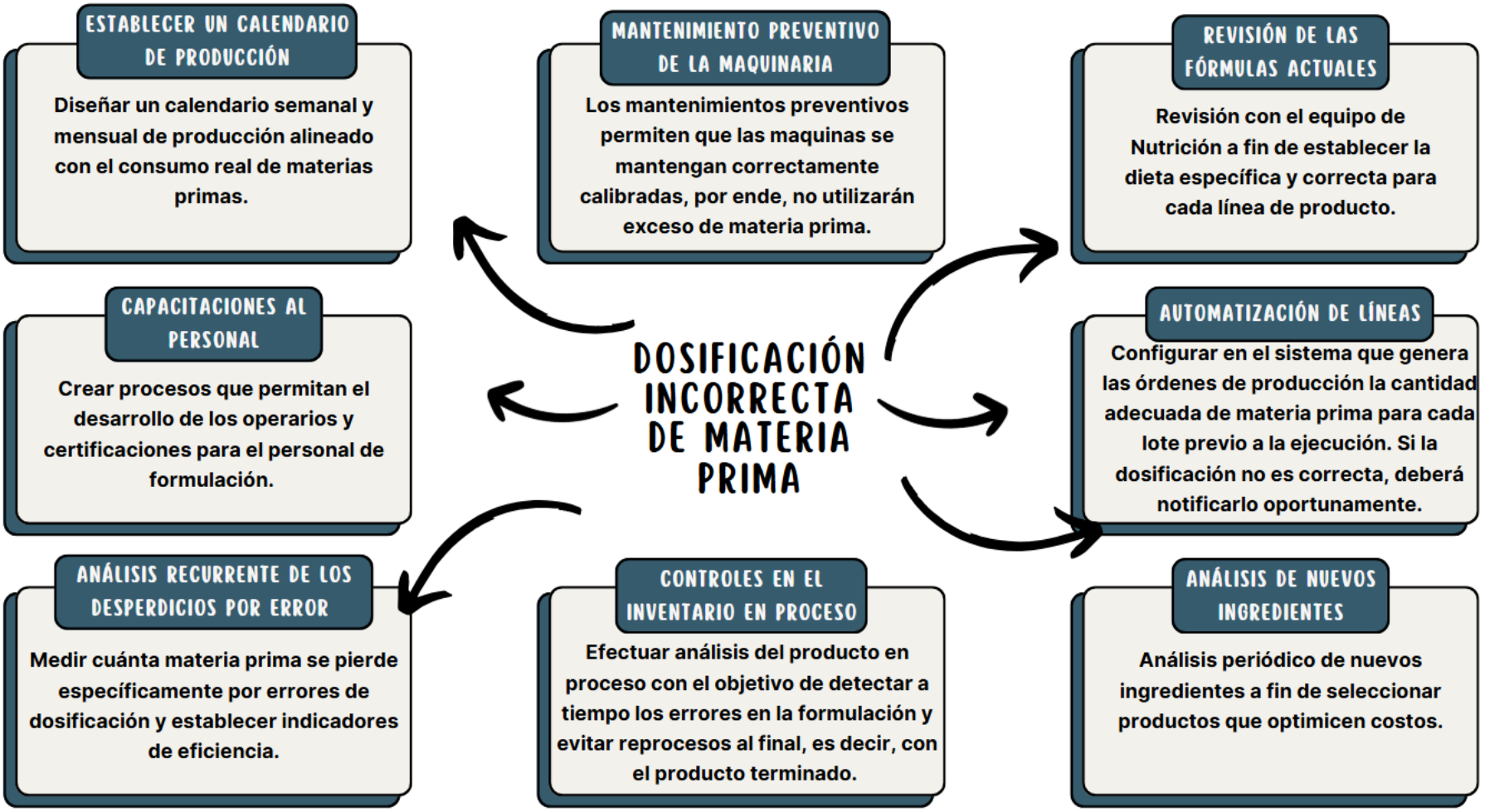


Figura 2. Mapa mental de mejoras respecto a la dosificación incorrecta de materia prima

1.2. Formalizar la declaración de la Oportunidad/Problema

La Empresa ST presenta una oportunidad crítica de mejora en el control de dosificación de materia prima, cuyo manejo ineficiente ha generado mermas, reprocesos y un aumento progresivo de costos operativos. Esta situación afecta directamente la rentabilidad del negocio y la calidad del producto final. La implementación de un modelo de gestión basado en el control automatizado, la planificación precisa del consumo de insumos y la evaluación continua de eficiencia permitirá optimizar recursos, reducir pérdidas y mejorar el desempeño financiero y productivo de la organización.

1.3. Identificar objetivos a partir de la Oportunidad/Problema

El área de producción es fundamental en las empresas de manufactura puesto que se encarga de la transformación de la materia prima hasta la obtención del producto terminado. En este sentido, su objetivo principal es producir la mayor cantidad de toneladas posibles ya que de su rendimiento dependen otros factores como la atención de los pedidos de clientes de forma oportuna. No obstante, este proceso se traduce, posteriormente, en números que repercuten en los estados financieros de la compañía. Es por ello por lo que cuidar el margen de costos y reducirlo, en la medida de lo posible, es uno de los objetivos financieros más importantes y, considerando que, la materia prima es el componente más material en la fórmula del costo, es crucial velar por los procesos que atañen y provocan pérdidas ya sea como mermas o dosificación inadecuada, lo cual impacta también en la calidad del producto terminado y, por

ende, en la percepción que tienen los clientes sobre el mismo. Bajo este análisis, se han planteado los siguientes objetivos primordiales:

1.3.1. Objetivos financieros.

Reducir en un 10% las mermas de materia prima durante los años 2025 y 2026 mediante una correcta dosificación en cada línea de producción.

1.3.2. Objetivos de producción.

Realizar mantenimientos preventivos a la maquinaria a través de un calendario establecido en función a las toneladas producidas y la evaluación de un perito.

Incrementar la productividad material en un 5% durante los periodos 2025 y 2026 como un indicador de eficiencia operacional respecto al uso de la materia prima.

Implementar la ejecución de análisis aleatorios, de forma estratégica, en las primeras fases del proceso productivo a fin de estudiar las muestras del inventario en proceso y detectar a tiempo desviaciones en la composición del producto.

1.4. Establecer prioridades en sus objetivos.

En este apartado, los objetivos se clasifican de acuerdo con su orden de prioridad. Para ello, se utiliza la matriz de Eisenhower, la cual permitirá identificar la importancia y/o urgencia aplicable para cada objetivo, como se expone a continuación:

Ilustración 5 Diagrama de EISENHOWER

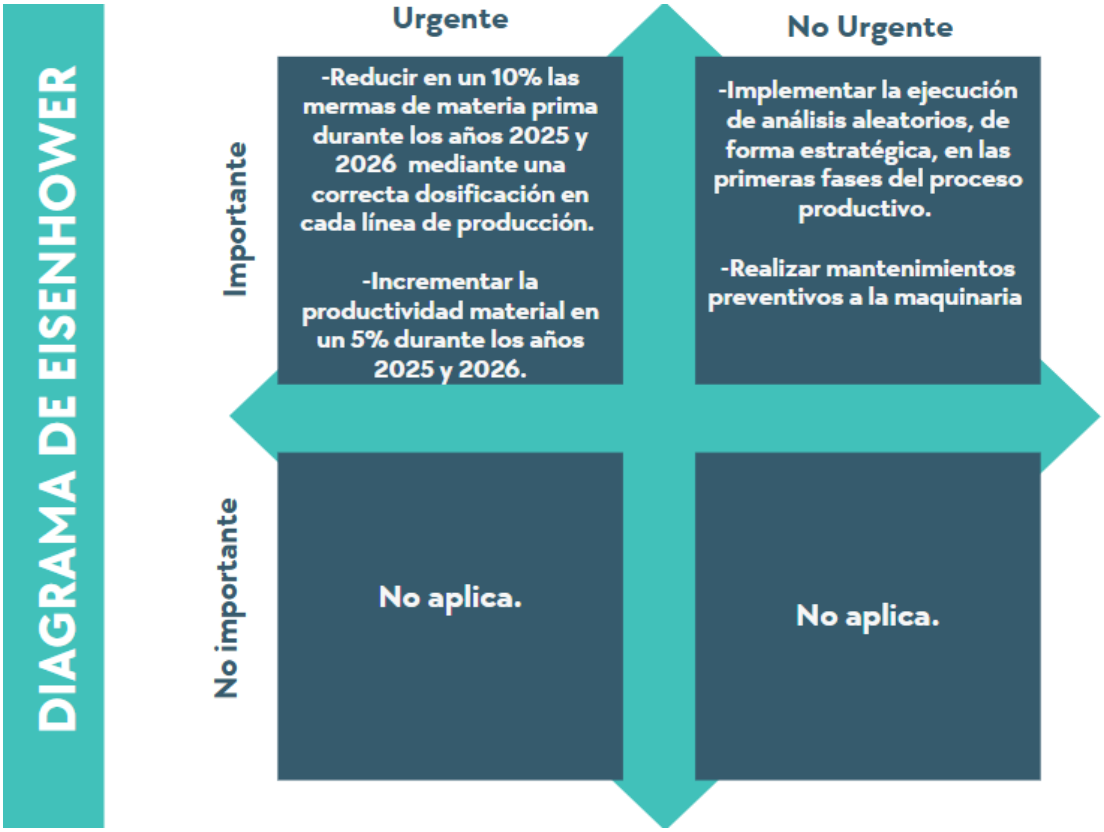


Figura 3. Diagrama de Eisenhower

De acuerdo a la priorización expuesta en la matriz, el proceso que requiere atención inmediata dada su criticidad es la reducción de las mermas en la materia prima, dado el importante costo que esto representa en los resultados de la compañía, por ello, la implementación de controles en la dosificación es de suma importancia, Derivado de ello, la productividad material se verá impactada de forma positiva puesto que los controles en el uso adecuado de materia prima se convierten en eficiencia operacional. Por otra parte, se han categorizado otros objetivos tales como la implementación de análisis aleatorios en las primeras fases del proceso productivo y la realización de mantenimientos preventivos como importantes, pero no urgentes puesto que, aunque no demandan atención inmediata, son vitales para que la consecución del objetivo general que es, básicamente, la reducción de los costos de materia prima.

1.5. Asignar indicadores de seguimiento y control para las opciones, además de los criterios o indicadores para comparar las opciones.

OBJETIVO	PLAN DE ACCION	INDICADOR	UNIDAD MEDIDA	KPI	RESPONSABLE	FRECUENCIA	SEGUIMIENTO
Reducir en un 10% las mermas de materia prima.	1. Identificación de la materia prima necesaria para la elaboración de cada producto. 2. Planificación de la materia prima a utilizarse conforme las proyecciones de producción. 3. Evaluación de los procesos para identificar alternativas de optimización. 4. Implementación de un sistema automatizado que notifique cuando la materia prima está cargada en mayor o menor cantidad al estándar del producto a elaborar.	Identificación del costo de la merma y su impacto en el estado de resultados	%	Porcentaje de merma de materia prima = Costo de la merma (materia prima perdida) / Inventario total de materia prima	Analista de Costos	Mensual	Análisis periódico de los valores reportados como desperdicio de materia prima e identificación de las materias primas con mayor impacto.
Realizar mantenimientos preventivos a las máquinas.	1. Identificación y categorización de equipos. 2. Definición de tareas de mantenimiento. 3. Establecimiento de la frecuencia de mantenimiento para cada máquina. 4. Programación de intervenciones cuidando que la producción no se detenga por tiempos prolongados.	Medición de la confiabilidad de los activos y el tiempo promedio entre fallas.	Horas	MTTF (tiempo promedio hasta el fallo) = Tiempo en paros de la producción (horas) / Número de paros en la producción	Jefes de planta	Mensual	Revisión de los tiempos incurridos en mantenimientos mensuales y análisis histórico de los resultados.
Incrementar la productividad material en un 5%	1. Identificación de la materia prima consumida en cada período. 2. Identificación del producto terminado final. 3. Establecimiento de la relación entre lo producido y la materia prima empleada.	Evaluación de la eficiencia económica respecto al uso de materia prima.	%	Productividad materia = Producción total / Materia prima utilizada	Jefes de planta	Quincenal	Revisión de la materia prima utilizada a fin de detectar a tiempo consumos fuera de los rangos esperado y aplicar las medidas correctivas necesarias.
Implementar análisis aleatorios en el producto en proceso.	1. Identificar el proceso productivo completo. 2. Establecer, de forma estratégica, en qué etapas del inventario en proceso es posible tomar muestras para el análisis de los componentes. 3. Estipular un número de muestras promedio en función a los lotes a producir en el día. 4. Evaluar los resultados. 5. Informar, oportunamente, si un producto está por debajo de los estándares de calidad para corregirlo sobre la marcha.	Detección de dosificaciones incorrectas de materia prima a tiempo para reducir los costos por reproceso y desperdicios.	%	Índice de reprocesos = Toneladas de producto terminado que requieren reprocesos / Toneladas totales fabricadas	Jefes de planta	Semanal	Evaluación de la cantidad de producto terminado que requiere reprocesos al finalizar cada semana. Este indicador debe disminuir con el establecimiento de análisis del inventario en proceso.

2. Explorar, limitar y formalizar las alternativas.

Para un control eficiente respecto al uso de la materia prima existen diversas opciones, las cuales pueden aplicarse de acuerdo a los puntos críticos que la empresa priorice en su plan de negocio. Según Velásquez M. (2018) “Una incorrecta dosificación consiste en una mala administración de los fluidos agregando mayor o menor cantidad de lo estipulado en las fórmulas nutricionales”. Dado el considerable impacto de las varianzas en el resultado de la empresa, es indispensable explorar herramientas de gestión y mejora, de forma que se mitigue el riesgo de pérdidas por la inadecuada gestión.

2.1. Explorar las alternativas.

Considerando las necesidades de la empresa ST concernientes al uso eficiente de la materia prima, se identificaron tres alternativas como posibles medidas de solución:

Alternativa 1. Implementación del modelo Mantenimiento Productivo Total (TPM).

El modelo de mantenimiento productivo total consiste en un sistema de mejora continua aplicable, mayormente, en la gestión industrial, cuyo objetivo es maximizar la efectividad de los equipos a lo largo de su vida útil, eliminando averías y paradas. “El TPM maximiza la eficacia del equipo a través de dos tipos de actividades: aumentando la disponibilidad total del equipo y mejorando su productividad dentro de un período dado de tiempo operativo y, por otra parte, reduciendo el número de productos defectuosos, estabilizando y mejorando la calidad.” (Nakajima, 1991).

Esta metodología permite que la empresa desarrolle programas de mantenimiento planificados estableciendo indicadores claves de rendimiento que facilitan medir el éxito de la implementación cuyo resultado garantiza la correcta calibración de las máquinas, lo que, a su vez, repercute significativamente en la utilización de materia prima puesto que asegura precisión, reduce desperdicios, reprocesos y costos. (PINO, 2022)

Alternativa 2. Implementación de controles de calidad en la materia prima.

De acuerdo con (Mallar, 2010) en los procesos de fabricación de alimentos, inclusive si no son para consumo humano directamente como es el caso del balanceado, es necesario cumplir con los estándares de calidad suficientes para brindar confiabilidad en los productos ofertados y tener mejor aceptación en el mercado, por ello, la implementación de un sistema de gestión de calidad para la materia prima es de suma importancia. Según Eaglematic (2025), las materias primas inconsistentes pueden provocar variaciones en el producto final, por ende, para mitigar este riesgo, es necesario asegurar una cadena de suministro confiable, así como la realización de inspecciones periódicas.

Alternativa 3. Implementación de un programa de certificación en buenas prácticas de manufactura.

De acuerdo con Ruiz (2013), “La productividad, queda determinada de forma creciente por el conocimiento y la calificación que los trabajadores aplican a sus tareas, dentro del marco de una Cultura del trabajo, basada en el mejoramiento continuo, la participación en equipos de trabajo y la toma de decisiones compartida “. Por consiguiente, contar con una plantilla de trabajadores, puntualmente hablando del área de producción, altamente capacitada, empoderada de los procesos que lleva a cabo y segura de las acciones a ejecutar, representa el incremento de la excelencia operacional, procesos que cumplan con los indicadores de inocuidad y productos terminados de alta aceptación, garantizando la fidelización de los clientes.

2.2. Limitar las alternativas

Considerando el contexto en el que se desarrolla la compañía, sus procesos actuales que han sido ejecutado por un largo período de tiempo y el problema de la dosificación incorrecta de materia prima sobre el que se plantean los objetivos del presente proyecto, se han analizado las siguientes alternativas como posibles medidas de mejora.

Alternativa	Alineación con Objetivos Propuestos	Aspectos a Tomar en Cuenta	Resultados Esperados
Implementación del modelo TPM	Mejora la eficiencia operativa reduciendo mermas y reprocesos por fallas en maquinaria.	Requiere inversión significativa, cambio organizacional y compromiso del personal.	Optimización en el uso de materia prima, mayor precisión en dosificación, reducción de costos y aumento de disponibilidad de equipos.
Implementación de controles de calidad en la materia prima	Contribuye a reducir reprocesos y asegurar la calidad desde el origen del proceso.	Implica reforzar protocolos de compra y análisis, así como personal especializado.	Mejora en la calidad del producto, reducción de desperdicios y mayor satisfacción del cliente.
Plan de desarrollo integral para el personal de producción	Mejora competencias operativas y fortalece la cultura de calidad.	Requiere planificación, adaptación de horarios y gestión del cambio.	Mayor compromiso del personal, ejecución más precisa de tareas y reducción de errores en la dosificación.

2.3. Formalizar las alternativas

Luego del análisis realizado, se proponen las siguientes alternativas para mejorar la dosificación de materia prima en la Empresa ST:

Alternativa 1. Implementación del modelo TPM (Mantenimiento Productivo Total).

Permite mejorar la eficiencia de los equipos, reducir desperdicios y asegurar la precisión en la dosificación mediante mantenimientos preventivos y correctivos sistemáticos.

Alternativa 2. Implementar controles de calidad en la materia prima.

Busca asegurar la consistencia de los insumos mediante muestreos e inspecciones, reduciendo errores de formulación y reprocesos por variabilidad del insumo.

Alternativa 3. Implementar un plan de desarrollo integral para el personal del área productiva.

Fortalece las competencias técnicas del personal, promoviendo una cultura de mejora continua y reduciendo errores operativos en el proceso de dosificación.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alte
	IMPLEMENTACION DEL MODELO TPM (MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL)	**IMPLEMENTAR CONTROLES DE CALIDAD EN LA MATERIA PRIMA**	**IMPLEMENTAR UN PLAN DE DESARROLLO INTEGRAL PARA EL PERSONAL DEL ÁREA PRODUCTIVA**
	VENTAJAS		
Característica	-Mejoramiento de la calidad, equipos producen menos unidades no conformes. -Mejoramiento en la productividad puesto que se reducen las horas inactivas. -Reducción en los costos de mantenimientos correctivos.	-Detección oportuna de las desviaciones en la dosificación de la materia prima, así como aquella que no cumpla con los estándares de calidad. -Aumenta la confianza de los clientes respecto a la calidad del producto. -Reduce las pérdidas por reprocesos que se evidencian en el producto terminado, por ende, disminuyen, paralelamente, los desperdicios.	-En general, los sistemas de control de calidad y afines requieren ser ejecutados por personal altamente capacitado, por ende, fomentar el crecimiento profesional del personal de planta apunta al aprendizaje continuo y soluciones innovadoras. -Enriquecer el conocimiento de los operarios, contribuye a una mayor eficiencia y, por tanto, un incremento en la rentabilidad.
Grupos de interés	-Personal operativo, jefaturas y gerencias de producción	-Personal de calidad, analistas de laboratorio, departamento de compras.	-Personal operativo, cargos medios.
Aplicación	-Áreas de producción y mantenimiento	-Comprende la negociación de compra de materias primas que incluya un protocolo de muestreo y control; de igual forma, la ejecución de muestreos aleatorios en el inventario en proceso.	-Mejorar las competencias técnicas del personal que impactan en el resultado del producto terminado.
Costos de implementación	-Recursos económicos, implementación del modelo TPM en el sistema de producción, capacitación al personal.	-Recursos económicos, se incrementa el número de personas requeridas en el área de compras y de calidad.	-Recursos económicos, tiempos de capacitación y predisposición del personal.
Tiempo de implementación	-Aproximadamente 1.5 años en la implementación.	-Aproximadamente 6 meses.	-Aproximadamente 1 año.
	DESVENTAJAS		

Característica	-No es un método de implementación rápida puesto que conlleva a un cambio organizacional respecto a la ejecución de los mantenimientos con carácter preventivo. -Si no se implementa correctamente, incrementa el riesgo de incurrir en mantenimientos excesivos y no necesarios. -Llevarlo a cabo comprende esfuerzos del personal operativo y, por ende, tiempo.	-La implementación de controles de calidad en la materia prima implica elevar el estándar exigido para cada producto, lo que implica que el proceso de compras y selección de proveedores más extenso, por consiguiente, el proceso productivo puede tener ciertos retrasos.	-El esfuerzo de implementación que trae consigo: la búsqueda de cursos, selección de los capacitadores, coordinación de horarios con los colaboradores y la infraestructura para que sea posible la capacitación. -Resistencia al cambio por parte de los operarios al no querer participar activamente de las capacitaciones. -La actualización constante de conocimientos que requerirá mantener esta iniciativa perennemente.
Grupos de interés	-Implicación directa del personal operativo por lo que la resistencia al cambio puede jugar un rol fundamental en esta metodología.	-Un sistema de control bien estructurado puede provocar burocracia y excesiva documentación donde se justifican las muestras analizadas.	-Un programa determinado de capacitación puede que no se adapta el perfil de todos los colaboradores, por lo que no tendrá el mismo resultado.
Aplicación	-Su aplicación inadecuada puede representar pérdidas por mediciones, controles y ajustes en exceso.	-Puede generar cuellos de botella si no hay una correcta ejecución.	-Requiere planificación y adaptación de horarios laborales para no afectar la producción considerando que las plantas funcionan de manera ininterrumpida.
Costos de implementación	-Inversión inicial muy elevada.	-Posibles costos ocultos como reentrenamientos, auditorías y certificaciones.	-Inversión elevada por parte de la compañía, sin embargo, estos planes hacen al personal más atractivo por parte de otras empresas, lo que incrementa la rotación de los empleados frente a una inversión no recuperable.
Tiempo de implementación	-Se incurre en un largo tiempo para la implementación, corriendo el riesgo de que no se complete el proceso de forma integral.	-No aplica.	-Considerable tiempo de ejecución que puede extenderse con respecto a lo previsto dada la poca aceptación del personal.

3. Analizar y valorar alternativas.

3.1. Análisis de alternativas.

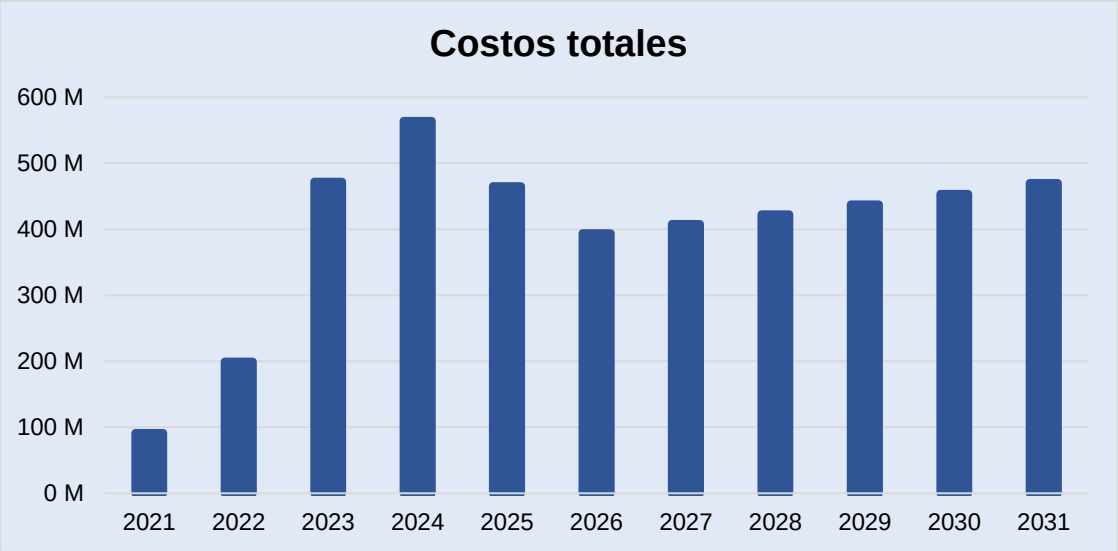
Con base en las alternativas propuestas para mejorar el control de la dosificación de materia prima en la Empresa ST, se procede a realizar un análisis comparativo de sus principales características, comportamiento ante la demanda, decisiones gerenciales, compatibilidad técnica, aplicación, riesgos, costos y tiempos de implementación. Este análisis permite valorar de forma integral cada opción antes de tomar una decisión esta

Detalle	Alternativa 1: TPM *SAP PM / IBM Maximo / Infor EAM*	Alternativa 2: Controles de calidad *SAP QM / TrackWise / EtQ Reliance*	Alternativa 3: Capacitación del personal*SAP SuccessFactors / Moodle Workplace*
Software o módulo principal	SAP PM / IBM Maximo / Infor EAM	SAP QM / TrackWise / EtQ Reliance	SAP SuccessFactors / Moodle Workplace
Licencias de uso (anual)	$50.000 – incluye hasta 80 usuarios, con soporte técnico incluido.	$8.000 – basado en licencias concurrentes y acceso multiusuario.	$21.000 – LMS para 700 empleados (precio estimado: $30 por usuario/año)
Consultoría para implementación	$40.000 – incluye 1 consultor funcional, 1 técnico, 1 líder TPM, 1 arquitecto de soluciones.	$12.000 – incluye implementación de protocolos de calidad y validación de lotes.	$20.000 – diseño de contenidos técnicos, carga en plataforma, cronogramas
Capacitación y manejo del cambio	$10.000 – formación del personal en metodologías TPM, roles y tareas.	$6.000 – entrenamiento del equipo de calidad en protocolos y análisis de materia prima.	$35.000 – facilitadores, manuales, jornadas por turnos (estimado $50/pax)
Adecuación tecnológica y equipos	$50.000 – inversión en sensores, SCADA, software de control en planta.	$10.000 – adquisición de kits de muestreo, equipos de laboratorio y software.	$10.000 – computadoras, salas, conectividad para grupos múltiples
Costos operativos adicionales	$50.000 – pruebas piloto, horas hombre, ajustes en línea.	$4.000 – revalidación de proveedores, mermas por rechazo inicial.	$5.000 – horas no productivas, coordinación de cronogramas por área
Total estimado de inversión	**$200,000.00**	**$40,000.00**	**$91,000.00**
Tiempo de implementación	18 meses (faseada por línea de producción)	6 meses (aplicable desde el primer mes)	12 meses (en cronograma rotativo por turnos y niveles)

De acuerdo con diversos análisis de casos previamente establecidos en otras empresas del sector productivo, se ha constatado que la implementación de la herramienta TPM (Mantenimiento Productivo Total) es de alta efectividad e impacto en algunas aristas como la reducción en los costos de mantenimiento, prevención de averías constantes en las maquinarias y, por consiguiente, su desajuste respecto a la cantidad de materia prima a consumir por cada lote manufacturado. Todo este resultado, conlleva a una disminución de los costos de producción. Santos (2023) menciona en su artículo que “La realización del diagnóstico inicial permitió identificar de manera precisa las principales causas que impactaron sobre los costos de mantenimiento. Se detectaron áreas de mejora relacionadas con la falta de capacitación del personal, averías constantes en la maquinaria, falta de procedimientos estandarizados y desorden en la planta. Estos hallazgos proporcionaron una base sólida para desarrollar propuestas de mejoras específicas y direccionadas, lo que contribuyó al logro del objetivo general de reducir los costos operativos mediante la propuesta de implementación de la herramienta TPM, obteniendo un significativo en la reducción del 53% en los costos operativos (…)”.

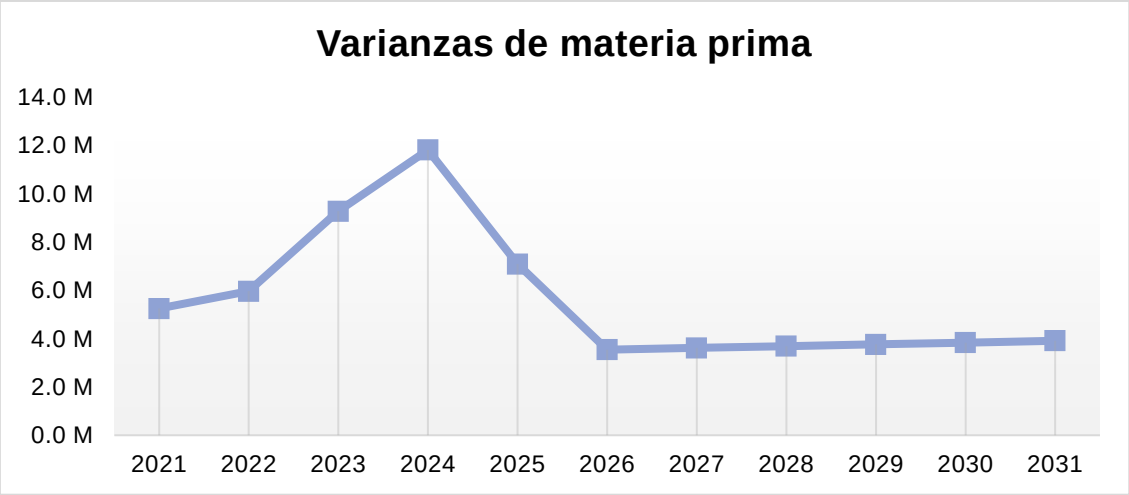
Por su parte, el autor Pari (2015) analiza mediante un artículo científico cómo se podrían reducir las pérdidas de una determinada empresa mediante la implementación de este sistema. “Si se incorpora el Mantenimiento Preventivo, en el primer año se podría disminuir estos costos en un 50%”. Tomando como referencia ambos estudios, se ha proyectado una reducción en los costos operativos del 40% en el primer año de implementación mientras que se prevé alcanzar un 50%, conforme los estudios realizados, a partir del segundo año de su implementación. Esta disminución significativa en costos se ve representada en el siguiente gráfico:

Ilustración 6 Costos Totales



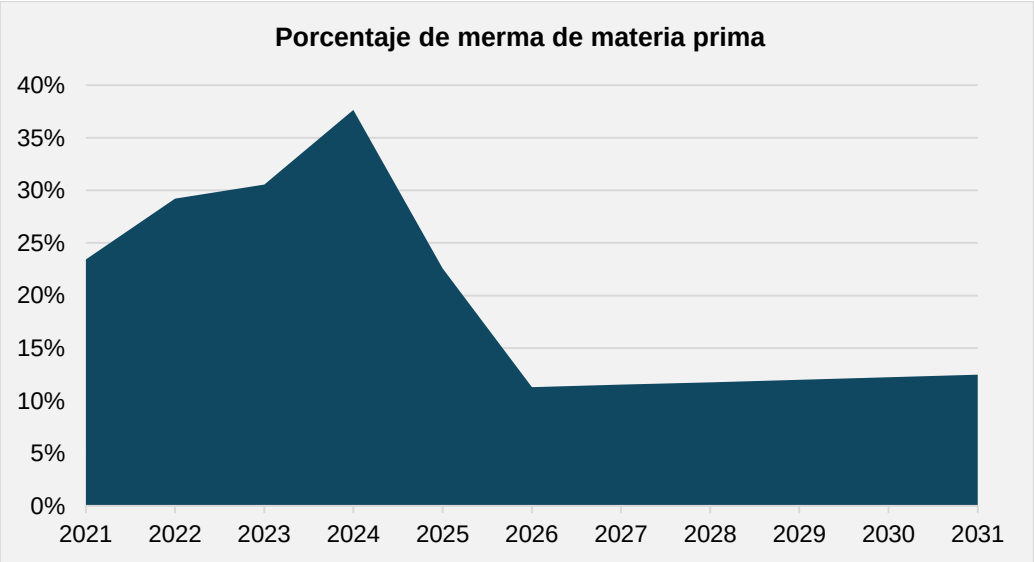
El considerable decrecimiento en los costos totales se evidencia a partir del año 2025 y, en adelante, se mantienen constantes puesto que, una correcta implementación de la metodología TPM representa un cambio total en la organización y, sobre todo, que es funcional a lo largo de los años. El principal rubro que conduce a esta variación es la disminución del 40% y 50% en los dos primeros periodos en las cuentas de costos de venta estándar de materia prima y en la de eficiencia de materia prima, donde se registran las varianzas provocadas por errores en la dosificación o malas calibraciones en la maquinaria.

Ilustración 7 Varianza de Materia Pima



En línea con la disminución de costos de venta originado, mayormente, por la eficiencia en el uso de la materia prima, es posible evidenciar cómo el modelo TPM impacta significativamente en los indicadores de merma y productividad material conforme se explica a continuación. Es importante mencionar que, una vez que el sistema esté completamente implementado en la empresa, se espera que ambos indicadores se mantengan constantes a futuro.

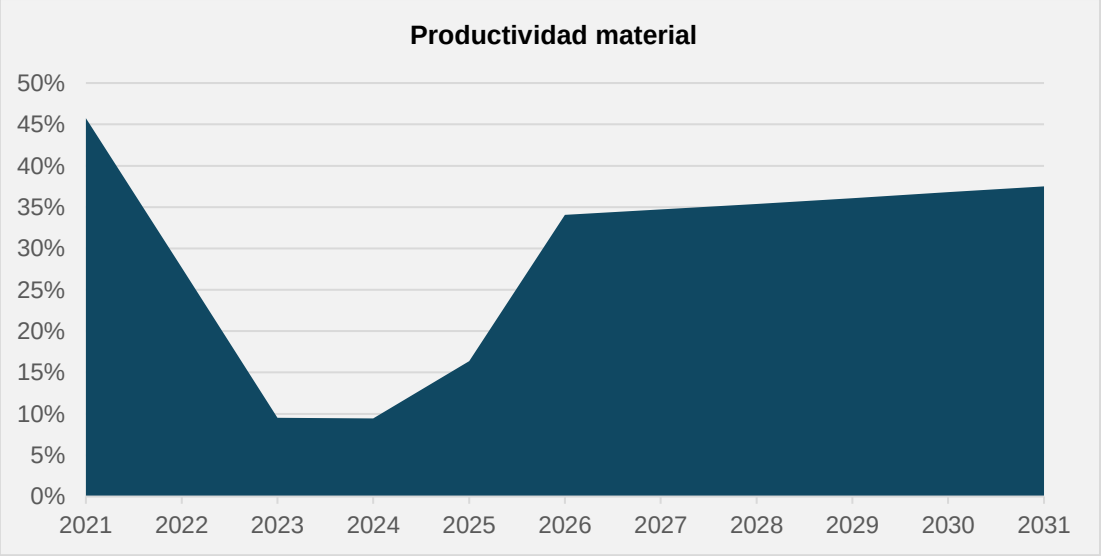
Ilustración 8 Porcentaje de Merma



La merma representa la desviación entre el consumo esperado de una materia prima para la producción de una determinada cantidad de producto terminado y el consumo real, por ende, es una pérdida en el proceso productivo. De acuerdo con Torres (2023), la merma puede tener diferentes causas como un almacenamiento inadecuado, pérdidas en el traslado del producto, calidad defectuosa, es decir que no cumple con las condiciones para pasar a la fase de empaquetado, o por errores a en los estándares. Este último punto atiende a los errores en la definición de las cantidades adecuadas de cada componente. El indicador de merma de materia prima es clave en los procesos productivos puesto que, entre más bajo sea el resultado, significa un uso más eficiente de la materia prima, tal como se evidencia en a partir del año 2024.

Por otra parte, se evalúa el indicador de productividad material, el cual muestra cuánto se genera como ingreso en relación con la materia prima utilizada. Este indicador es fundamental puesto que muestra la capacidad de la empresa de generar el mismo resultado o uno mayor, utilizando menos recursos materiales, lo que está directamente relacionado con la eficiencia en la utilización de la materia prima como se demuestra en el siguiente gráfico:

Ilustración 9 Productividad Material



De acuerdo con Mascareñas (2002), “El sistema TPM es necesario ya que es un medio de supervivencia para la organización que se encuentra inmersa en un medio ambiente cada vez más difícil desde el punto de vista económico, lo que está generando que cada vez las compañías se vena forzadas a eliminar toda clase de desperdicios”. Ambos indicadores, en niveles porcentuales, demuestran cómo la implementación adecuada de un sistema de Mantenimiento Total impacta significativamente en los resultados de la empresa, puesto que, mejora la eficiencia y disponibilidad de la maquinaria, por tanto, reducen las mermas y la dosificación en demasía, como se evidencia a continuación.

Tabla 6 Porcentaje de Merma y Productividad Material

	Porcentaje de merma de materia prima	Productividad material
2021	23%	46%
2022	29%	28%
2023	31%	10%
2024	38%	9%
2025	23%	16%
2026	11%	34%
2027	12%	35%
2028	12%	35%
2029	12%	36%
2030	12%	37%
2031	12%	38%

Con base a los resultados analizados, es posible resumir los beneficios de las diferentes alternativas en el cuadro expuesto a continuación:

Tabla 7 ALTERNATIVAS

	BENEFICIOS
ALTERNATIVA 1	**IMPLEMENTACION DEL MODELO TPM (MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL)**
	Sistema TPM permite la identificación oportuna de problemas potenciales en el área de producción.
	Contribuye a la reducción de costos desde diferentes aristas: menores recursos invertidos en mantenimientos de la maquinaria y repuestos gracias a los mantenimientos preventivos, así como óptimo uso de la materia prima ya que habrá desperdicios en menor cuantía.
	Mejora la cultura organizacional puesto que se crea conciencia en los trabajadores respecto al tratamiento y el uso de los equipos.
ALTERNATIVA 2	**IMPLEMENTAR CONTROLES DE CALIDAD EN LA MATERIA PRIMA**
	Reducción de fallas: Al detectar y descartar materiales defectuosos antes de su uso, se evitan errores y retrasos en la producción, así como la necesidad de corregir fallas.
	Cumplimiento de normas y estándares: En industrias reguladas, como la farmacéutica o la alimentaria, los controles de calidad son esenciales para cumplir con los requisitos normativos y garantizar la seguridad del producto.
	Mejora de la competitividad: La calidad de los productos y la eficiencia en la producción, permiten a las empresas destacar en el mercado y aumentar su competitividad.

	Reducción de costos: La prevención de fallos, la eficiencia en el uso de recursos, y la reducción de productos defectuosos, contribuyen a reducir costos de producción, materiales, y mano de obra.
	Optimización de recursos: La correcta gestión de la materia prima permite un uso más eficiente de los recursos materiales, como la reducción de desperdicios y la minimización de costos.
ALTERNATIVA 3	**IMPLEMENTAR UN PLAN DE DESARROLLO INTEGRAL PARA EL PERSONAL DEL ÁREA PRODUCTIVA**
	Mayor productividad: Al invertir en el desarrollo de las habilidades y conocimientos de los empleados, se logra un mejor rendimiento en la producción
	Reducción de la rotación de personal: Un plan de desarrollo demuestra el compromiso de la empresa con el crecimiento profesional de sus empleados, lo que aumenta la satisfacción laboral y reduce la rotación.
	Mejora de la satisfacción laboral: Los empleados que se sienten valorados y tienen la oportunidad de desarrollar sus habilidades tienden a estar más satisfechos con su trabajo.
	Adaptación a los cambios en el entorno productivo: Un plan de desarrollo integral permite a los empleados adquirir los conocimientos y habilidades necesarios para adaptarse a los cambios tecnológicos, a los nuevos procesos y a las demandas del mercado.
	Mayor motivación: Al tener un plan de desarrollo, los empleados se sienten más motivados y comprometidos con su trabajo, ya que saben que están trabajando hacia un objetivo claro.

Como resultado de la investigación y análisis de las diferentes alternativas, se determina que la opción más viable es la implementación del modelo de Mantenimiento Productivo Total considerando la significativa reducción en costos que representa esta implementación, verificable en experiencias previas de otras compañías, a parte del cambio en la cultura organizacional que representará una mejora en la productividad y, en general, en los resultados de la compañía.

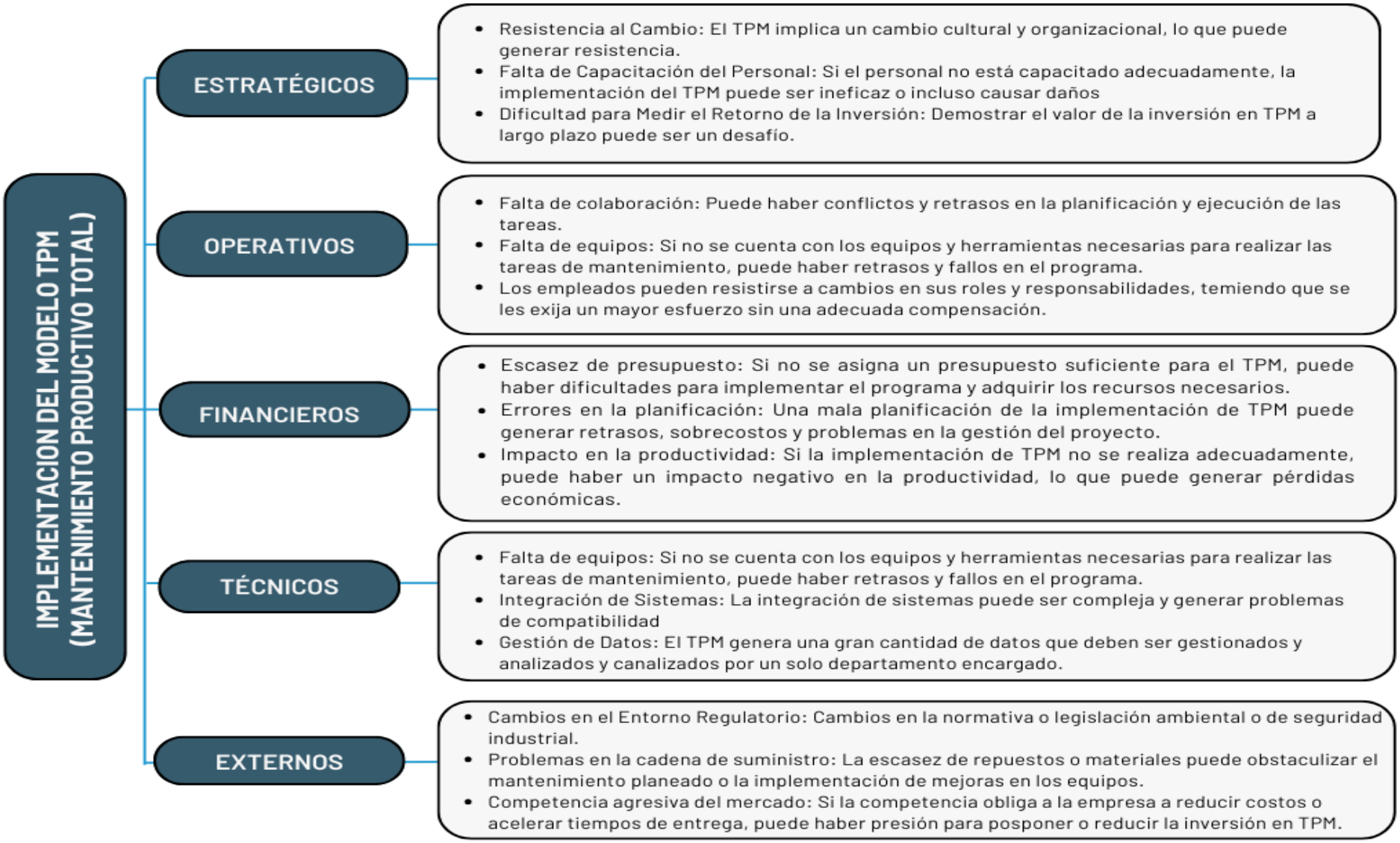
4. Evaluar riesgos de la alternativa seleccionada

4.1 Determinación de riesgos

De acuerdo con Brito (2018), “El riesgo está ligado a la incertidumbre sobre eventos futuros, y resulta imposible eliminarlo. Ante esto, la única forma de enfrentarlo es administrándolo, distinguiendo las fuentes de donde proviene, midiendo el grado de exposición que se asume y eligiendo las mejores estrategias disponibles para controlarlo y conocer los grados de vulnerabilidad que se posee.” En este sentido, la importancia de analizar y determinar los riesgos oportunamente permite tomar decisiones anticipadas y mitigar en el impacto en caso de que el evento ocurra.

Para el caso de la alternativa seleccionada que supone la implementación del sistema de mantenimiento preventivo total, se han analizado los riesgos expuestos en la siguiente matriz desde los diferentes enfoques: estratégicos, operativos, financieros, técnicos y externos.

Ilustración 10 Identificación de riesgos en la implementación Modelo TPM



De esta forma, en la matriz anterior, se han expuesto los diversos riesgos que la empresa podría enfrentar, lo que posibilita una visión integral del problema. Con este análisis, se creará una matriz de riesgos, en la cual, se determinará la probabilidad de ocurrencia de cada evento, así como la gravedad, es decir, el grado de impacto que tendrían sobre el proyecto en caso de que realmente se dé. Para esta evaluación se utilizarán las escalas de gravedad y probabilidad desarrolladas por Asana.

Ilustración 11 Escalas de gravedad y probabilidad de riesgos

Escala de Gravedad		Escala de Probabilidad		Niveles de Impacto	
Insignificante	1	Muy improbable	1	Bajo	1 - 6
Menor	2	No es probable	2	Medio	7 - 12
Moderada	3	Posible	3	Alto	13 - 25
Importante	4	Probable	4		
Catastrófica	5	Muy probable	5		

Fuente: Asana.com

Ilustración 12 Matriz de impacto de riesgos

		Probabilidad				
		1	2	3	4	5
Gravedad	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

Fuente: Asana.com

Con base a lo indicado por Torres (2016) “El objetivo de la evaluación de riesgo es identificar y ponderar los riesgos a los cuales los sistemas de información, sus activos o servicios están expuestos, con la finalidad de identificar y seleccionar los controles apropiados.” Por tanto, otorgar una ponderación a cada evento permite una visión más amplia en orden de importancia de los riesgos como se muestra en la matriz a continuación:

Tabla 8 Matriz de Evento de Riesgo

TIPO DE RIESGO	EVENTO DE RIESGO	GRAVEDAD	PROBABILIDAD	IMPACTO DEL RIESGO
ESTRATÉGICOS	**1.-Resistencia al Cambio:** El TPM implica un cambio cultural y organizacional, lo que puede generar resistencia por parte del personal que no está acostumbrado a un enfoque más proactivo y participativo en el mantenimiento.	2	2	**4**
	2.- Falta de Compromiso de la Alta Dirección: El TPM necesita el apoyo y el compromiso de la alta dirección para asegurar su implementación exitosa. Si la alta dirección no está comprometida, la implementación puede ser lenta, irregular o incluso fallar por falta de recursos y apoyo.	3	3	**9**
	3.-Falta de Capacitación del Personal: El TPM requiere que el personal, incluyendo los operadores, estén capacitados en las prácticas de mantenimiento autónomo y en el uso de las herramientas de TPM. Si el personal no está capacitado adecuadamente, la implementación del TPM puede ser ineficaz o incluso causar daños	2	1	**2**
	4.-Dificultad para Medir el Retorno de la Inversión: Demostrar el valor de la inversión en TPM a largo plazo puede ser un desafío.	2	1	**2**
	5.-Falta de una Cultura de Mejora Continua: El TPM no es un proyecto de una sola vez, sino un proceso continuo de mejora. Si la organización no desarrolla una cultura de mejora continua, el TPM no podrá generar los resultados deseados a largo plazo.	3	3	**9**
OPERATIVOS	**1.-Falta de colaboración:** Si no hay una coordinación adecuada entre los departamentos de producción y mantenimiento, puede haber conflictos y retrasos en la planificación y ejecución de las tareas.	4	4	**16**

	2.-Falta de equipos: Si no se cuenta con los equipos y herramientas necesarias para realizar las tareas de mantenimiento, puede haber retrasos y fallos en el programa.	4	2	**8**
	3.-Desacuerdo en los objetivos: Si los departamentos no tienen una visión común de los objetivos del TPM, puede haber dificultades para implementar el programa.	4	2	**8**
	4.-Los empleados pueden resistirse a cambios en sus roles y responsabilidades, temiendo que se les exija un mayor esfuerzo sin una adecuada compensación.	3	2	**6**
FINANCIEROS	**1.-Escasez de presupuesto:** Si no se asigna un presupuesto suficiente para el TPM, puede haber dificultades para implementar el programa y adquirir los recursos necesarios.	5	2	**10**
	2.-Costo de mantenimiento no planificado: Si la implementación de TPM no es efectiva, se puede generar un aumento del mantenimiento no planificado, lo que puede resultar en costos adicionales.	3	1	**3**
	3.-Costo de la capacitación: La capacitación del personal en las prácticas de TPM puede representar una inversión significativa, incluyendo los costos de instructores, materiales y el tiempo de los empleados fuera de su puesto de trabajo.	4	3	**12**
	4.-Impacto en la productividad: Si la implementación de TPM no se realiza adecuadamente, puede haber un impacto negativo en la productividad, lo que puede generar pérdidas económicas.	5	2	**10**
	5.-Errores en la planificación: Una mala planificación de la implementación de TPM puede generar retrasos, sobrecostos y problemas en la gestión del proyecto.	5	3	**15**
	6.-Falta de compromiso: La falta de compromiso por parte de la alta dirección puede generar una implementación deficiente y un impacto negativo en los resultados.	3	3	**9**

TÉCNICOS	**1.-Falta de equipos:** Si no se cuenta con los equipos y herramientas necesarias para realizar las tareas de mantenimiento, puede haber retrasos y fallos en el programa.	5	2	**10**
	2.-Integración de Sistemas: La integración de sistemas puede ser compleja y generar problemas de compatibilidad	2	3	**6**
	3.-Gestión de Datos: El TPM genera una gran cantidad de datos que deben ser gestionados y analizados y canalizados por un solo departamento encargado	2	3	**6**
EXTERNOS	**1.-Cambios en el Entorno Regulatorio:** Cambios en la normativa o legislación ambiental o de seguridad industrial pueden requerir cambios en las prácticas de mantenimiento, lo que puede afectar la implementación del TPM.	5	3	**15**
	2.-Competencia agresiva del mercado: Si la competencia obliga a la empresa a reducir costos o acelerar tiempos de entrega, puede haber presión para posponer o reducir la inversión en TPM.	5	2	**10**
	3.-Problemas en la cadena de suministro: La escasez de repuestos o materiales puede obstaculizar el mantenimiento planeado o la implementación de mejoras en los equipos	5	3	**15**

Tal como se visualiza en la matriz, los riesgos operativos, financieros y externos muestran los resultados con el mayor puntaje, plasmando la relevancia y el impacto que tendrían sobre la implementación, por lo cual es prioritario analizarlos y atenderlos oportunamente. No obstante, también es posible evidenciar que la parte estratégica es la que representa el menor riesgo dado que el cambio, impulsado desde niveles gerenciales, ha sido históricamente bien aceptado por los colaboradores de la organización.

4.2 Priorización de riesgos y estrategias de mitigación

“El análisis modal de fallos y efectos (AMFE) es una herramienta que se utiliza para identificar los problemas que se puedan suscitar en un proceso, producto o servicio, con el fin de eliminarlo, o mitigar su efecto que perjudique eventualmente al cliente final.” (Rojas, 2019). En este sentido, se ha utilizado en análisis AMFE a fin de mantener una visión integral de los diferentes riesgos a los que se enfrenta el proyecto de implementación en función a su impacto, así como las posibles acciones a tomar en caso de se presenten.

Tabla 9 Tipo de Riesgos

TIPO	EVENTO DEL RIESGO	EFECTO DEL RIESGO	CAUSA POTENCIAL	GRAV X PROB	ACCIÓN RECOMENDADA	RESPONSABLE
ESTRATÉGICOS	Resistencia al Cambio	Retrasos en implementación, bajo compromiso	Falta de comunicación y liderazgo	**Bajo**	Talleres de sensibilización, liderazgo visible	Gerencia de Proyecto TPM
ESTRATÉGICOS	Falta de Capacitación del Personal	Mal uso de equipos, mantenimiento deficiente	Capacitación insuficiente o mal planificada	**Bajo**	Plan de formación técnica por niveles	RRHH + jefes de Área
ESTRATÉGICOS	Dificultad para Medir el Retorno de la Inversión	Falta de apoyo directivo, interrupción del programa	Ausencia de indicadores adecuados	**Bajo**	Establecer KPIs desde el inicio y vincular a resultados tangibles	Dirección Financiera + TPM
OPERATIVOS	Falta de colaboración entre departamentos	Descoordinación, duplicidad o vacío de responsabilidades	Cultura organizacional en silos	**Alta**	Desginar usuarios claves	Coordinador TPM
OPERATIVOS	Falta de equipos y herramientas necesarias	Imposibilidad de realizar mantenimiento autónomo	Baja inversión en recursos técnicos	**Medio**	Diagnóstico de necesidades, compra planificada	Mantenimiento / Compras
OPERATIVOS	Los empleados pueden resistirse a cambios en sus roles y responsabilidades.	Bajo desempeño, rechazo a nuevas tareas	Cambios no explicados ni acompañados	**Bajo**	Gestión del cambio con apoyo constante	Jefes de Área / RRHH

Tabla 10 Tipo de Riesgo

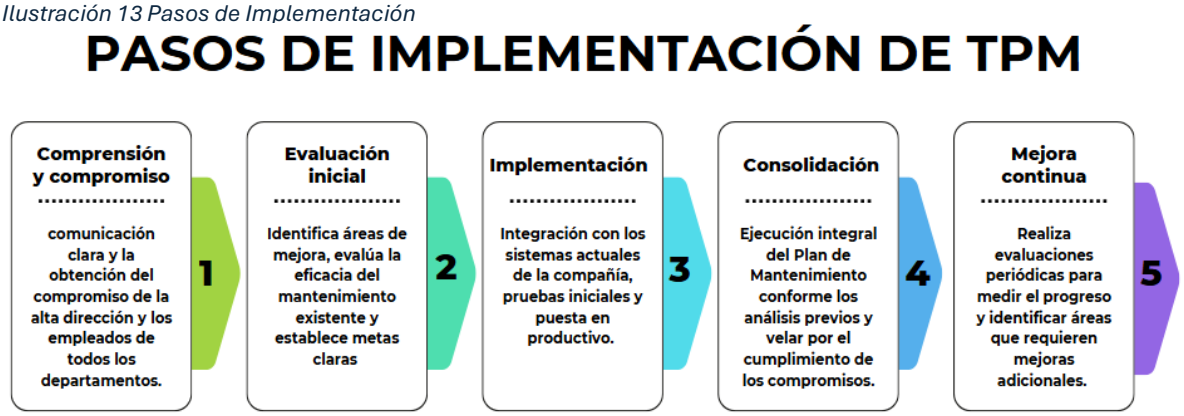
TIPO	EVENTO DEL RIESGO	EFECTO DEL RIESGO	CAUSA POTENCIAL	GRAV X PROB	ACCIÓN RECOMENDADA	RESPONSABLE
FINANCIEROS	Escasez de presupuesto	Paralización parcial del TPM	Planificación financiera deficiente	**Medio**	Incluir TPM en el presupuesto anual con justificación de ROI	Dirección Financiera
FINANCIEROS	Impacto en la productividad	Reducción de output durante fases de ajuste inicial	Cambios de procesos y tiempo de formación	**Medio**	Fase piloto progresiva y análisis de tiempos	Coordinador TPM / Producción
FINANCIEROS	Errores en la planificación	Recursos mal asignados, retrasos	Falta de experiencia en TPM	**Alta**	Incluir asesor externo o experto TPM	Gerencia TPM
TÉCNICOS	Falta de equipos de mantenimientos y fallos de programación	Paradas imprevistas, mal registro de datos	Sistemas obsoletos o sin personal técnico	**Medio**	Actualización tecnológica, formación TI y mantenimiento	Mantenimiento / TI
TÉCNICOS	Integración de Sistemas	Dificultad para unificar información TPM	Sistemas heterogéneos sin conectividad	**Bajo**	Plan de integración con TI, compra de software compatible	TI / Coordinador TPM
TÉCNICOS	Gestión de Datos	Decisiones incorrectas, mantenimiento incorrecto	Datos no confiables ni actualizados	**Bajo**	Implementar sistema CMMS o software TPM y validar datos	TI / Coordinador TPM
EXTERNOS	Cambios en el Entorno Regulatorio	Necesidad de modificar procedimientos o equipos	Nuevas leyes o normas locales	**Alta**	Monitoreo regulatorio constante, diseño TPM flexible	Calidad/ HSE / TPM
EXTERNOS	Competencia agresiva del mercado	Reducción de presupuesto o presión por resultados rápidos	Estrategias agresivas del entorno competitivo	**Medio**	Alinear TPM con objetivos comerciales claros	Dirección General / TPM
EXTERNOS	Problemas en la cadena de suministro	Faltante de repuestos y paradas prolongadas	Crisis logística o proveedores poco confiables	**Alta**	Gestión de proveedores estratégicos y stock mínimo de seguridad	Compras / Mantenimiento

Mediante esta matriz, se puede determinar la gravedad que pudieran representar cada uno de estos riesgos de acuerdo con la probabilidad de ocurrencia, calificándolos como alto, medio y bajo. De esta forma, se facilita la visualización de aquellos puntos que requieren mayor atención a fin de focalizar los esfuerzos en la mitigación de estos, sin dejar de lado aquellos que podrían convertirse en riesgos potenciales.

5. Plan de implementación.

De manera sucinta, la implementación del modelo TPM se puede resumir en las siguientes fases de implementación:

Ilustración 13 Pasos de Implementación



Es importante mencionar que estos planes pueden variar de acuerdo con la compañía donde se lleva a cabo la implementación, así como su contexto económico y social. Por tanto, para la empresa ST se ha desarrollado un plan que comprende cuatro fases, con pasos están plenamente identificados, a desarrollarse durante 18 meses.

Ilustración 14 Fases de Implementación

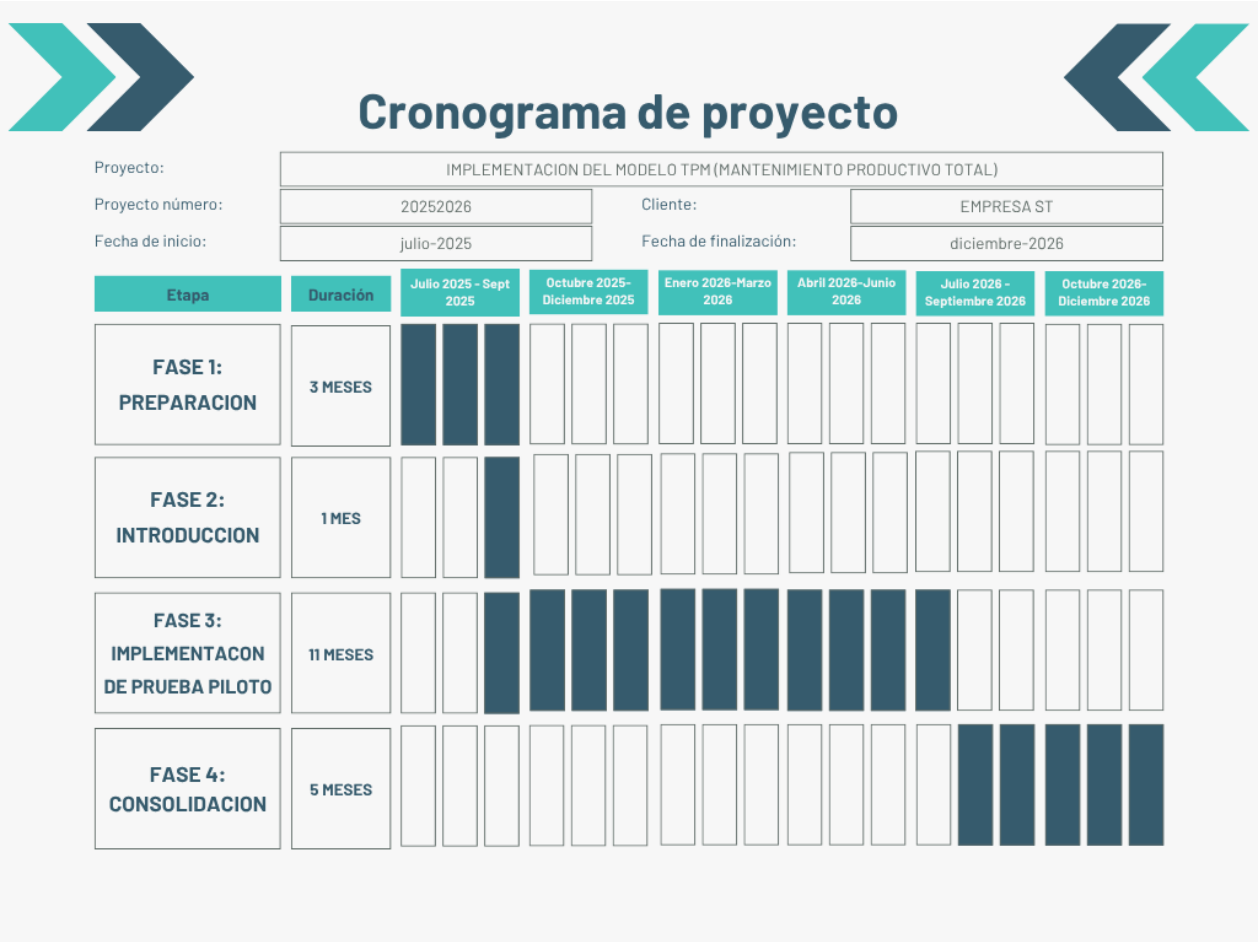


FASE 1: Preparación	1.1. Establecer el compromiso de la alta dirección.
	1.2. Crear un equipo de trabajo TPM a través de key ussers del proyecto.
	1.3. Definir los objetivos del programa
	1.4. Realizar una campaña de comunicación para difundir esta herramienta a todas las áreas de empresa.
FASE 2: Introducción	2.1. Seleccionar un área piloto para la implementación.
	2.2. Reestructuración de funciones para las personas que liderarán el programa de implementación.
	2.3. Diagnóstico de instalaciones, considerando la maquinaria y procesos actuales.
	2.4. Establecer los tiempos óptimos de mantenimiento para cada maquinaria.
	2.5. Elaborar un cronograma integral de las fechas de los mantenimientos agrupados por mes.
FASE 3: Implementación	3.1. Definición de adquisición de nuevos equipos y repuestos necesarios para el funcionamiento adecuado de cada línea.
	3.2. Establecer alianzas con proveedores estratégicos para la compra de maquinaria.
	3.3. Compra de maquinaria nueva y repuestos para implementación.
	3.4. Calibración y mantenimiento de la maquinaria que no reemplazará con el sistema TPM.
	3.5. Adquisición del sistema de producción conforme los estándares de calidad requeridos.
	3.6. Integración del sistema de producción con el sistema contable de la empresa.
	3.7. Capacitación a los colaboradores respecto a las mejores prácticas y cambio en la cultura organizacional.
	3.8. Implementación del sistema de producción en el ambiente Test.
	3.9. Ejecución de pruebas a través de la primera corrida de producción.
	3.10. Exposición de resultados del producto resultante de la primera corrida, así como indicadores de desperdicios y mermas.
	3.11. Exposición de resultados de la implementación del sistema productivo a fin de verificar la correcta migración de datos (ambiente test).
	3.12. Implementación del sistema de producción en el ambiente Productivo
	3.13. Ejecución de pruebas a través de una nueva corrida de producción.
	3.14. Exposición de resultados del producto resultante de la nueva corrida, así como indicadores de desperdicios y mermas.
	3.15. Exposición de resultados de la implementación del sistema productivo a fin de verificar la correcta migración de datos (ambiente producción).
FASE 4: Consolidación	4.1. Ejecutar los sistemas de gestión de mantenimiento previamente analizados.
	4.2. Buscar opciones de mejora continua para los procesos actuales.

5.1. Cronograma de implementación

Como se mencionó anteriormente, este proyecto requiere una implementación a mediano plazo puesto que su ejecución completa conllevará 18 meses. Para efectos de una mejor visualización, se desarrolla el siguiente diagrama de Gantt bajo la consideración de que la implementación del sistema TPM se dará desde julio del ejercicio económico actual. Siendo así, la duración se extenderá hasta diciembre 2026.

Ilustración 15 Cronograma de Proyecto



5.2. Costos de implementación

Los costos de implementación, conforme se mostraron en la tabla XX – Matriz de análisis de alternativas, ascienden a $200,000.00, distribuidos entre fases de la siguiente forma:

Tabla 11 Fase de Implementación

Fase	Descripción	Inversión
1	Preparación	-
2	Introducción	10,000.00
3	Implementación	140,000.00
4	Consolidación	50,000.00
Inversión total		**200,000.00**

No obstante, ya que existen pasos previamente establecidos en cada una de las fases, es necesario conocer en qué punto se necesitará ejecutar las inversiones. Esto, además, para considerarlo dentro del flujo de caja de empresa de forma que se mantenga el presupuesto a tiempo y se mitigue el riesgo de no completar la implementación por falta de recursos financieros.

Tabla 12 implementación Detallada con fechas.

	2025				2026					Total
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Fase 1: Preparación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fase 2: Introducción	**10,000**	-	-	-	-	-	-	-	-	**10,000**
2.3. Diagnóstico de instalaciones, considerando la maquinaria y procesos actuales.	10,000	-	-	-	-	-	-	-	-	10,000
Fase 3: Implementación	**30,000**	**18,000**	**72,000**	**20,000**	-	-	-	-	-	**140,000**
3.1. Definición de adquisición de nuevos equipos y repuestos necesarios para el funcionamiento adecuado de cada línea.	30,000	-	-	-	-	-	-	-	-	30,000
3.3. Compra de maquinaria nueva y repuestos para implementación.	-	15,000	-	-	-	-	-	-	-	15,000
3.4. Calibración y mantenimiento de la maquinaria que no reemplazará con el sistema TPM.	-	3,000	2,000	-	-	-	-	-	-	5,000
3.5. Adquisición del sistema de producción conforme los estándares de calidad requeridos.	-	-	50,000	-	-	-	-	-	-	50,000
3.7. Capacitación a los colaboradores respecto a las mejores prácticas y cambio en la cultura organizacional.	-	-	20,000	20,000	-	-	-	-	-	40,000
Fase 4: Consolidación	-	-	-	-	**5,000**	**5,000**	**5,000**	**5,000**	**5,000**	**50,000**
4.1. Ejecutar los sistemas de gestión de mantenimiento previamente analizados.	-	-	-	-	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	25,000
4.2. Buscar opciones de mejora continua para los procesos actuales.	-	-	-	-	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	25,000
	40,000	**18,000**	**72,000**	**20,000**	**10,000**	**10,000**	**10,000**	**10,000**	**10,000**	**200,000**

6. Conclusiones

La implementación del modelo de Mantenimiento Productivo Total (TPM) además de ser una herramienta de mejora continua para la empresa, representa un cambio en la cultura organizacional desde el nivel operativo hasta el nivel estratégico. (Olmos, s.f.)

Si bien es cierto, la inversión que comprende la adquisición del sistema productivo, las capacitaciones y consultorías de expertos, asciende a una cuantía representativa, es aún más importante la disminución en los costos de producción, impulsados por el uso eficiente de la materia prima y la reducción de los costos de mantenimiento de la maquinaria. La recuperación de estos recursos invertidos se alcanza, claramente, desde el primer año de ejecución del proyecto por lo que, es posible mencionar, la viabilidad de su aplicación.

Otro aspecto por destacar es que esta metodología, a pesar de que implica la participación de todos los colaboradores por alrededor de dieciocho meses, es un plan sostenible a largo plazo, es decir que una vez que se alcanzan la reducción en los costos de producción, esto se mantiene a lo largo de los años y, siempre que los planes de mantenimiento continúen, la vida útil de los activos se verá maximizada. Adicional a ello, el sistema TPM resulta en una mejor calidad en el producto y, consecuentemente, el aumento en la confiabilidad de los clientes respecto a los productos manufacturados en las plantas de la empresa en paralelo con la recuperación de participación en el mercado. En este sentido, la recuperación de la inversión puede alcanzarse desde el primer año de ejecución, validando la viabilidad económica del proyecto (Hansen, 2006).

En general, la implementación de este sistema conlleva un sinnúmero de beneficios cuantificables a través de indicadores, ya sean relacionados directamente con la materia prima, la productividad, la eficiencia operativa y, derivado de ello, la mejora en indicadores financieros como la rentabilidad de la empresa. También genera un cambio cultural en la

empresa, a través del aprendizaje continuo, con el involucramiento de todas las áreas y departamentos en busca de un flujo perfecto hacia el consumidor. (López Cárdenas, 2023)

7. Recomendaciones

Con base en los resultados alcanzados y en los beneficios identificados en el análisis de implementación del modelo de Mantenimiento Productivo Total (TPM), se proponen las siguientes recomendaciones estratégicas y operativas para su correcta aplicación y sostenibilidad en el tiempo:

Ejecutar la implementación del modelo TPM de manera estructurada y progresiva, iniciando por los procesos críticos que presentan mayores niveles de desperdicio o paradas no programadas, con el fin de lograr impactos tempranos que justifiquen la inversión inicial y fortalezcan el compromiso organizacional.

Asegurar una participación y continua de todos los niveles jerárquicos de la empresa, promoviendo una cultura organizacional orientada a la mejora continua. Este compromiso colectivo será fundamental para alcanzar una transformación sostenible en el largo plazo.

Establecer un sistema de seguimiento basado en indicadores clave de desempeño, que permita medir avances en la eficiencia operativa, productividad, reducción de costos de mantenimiento, uso de materia prima y mejora en la calidad del producto.

Diseñar un plan integral de capacitación técnica, orientado a operarios, personal de mantenimiento, jefaturas y mandos medios, que garantice la comprensión de los pilares del TPM y facilite su correcta aplicación en todas las áreas involucradas.

Contar con el soporte de herramientas tecnológicas que optimicen la gestión del mantenimiento, tales como SAP PM, IBM Maximo o Infor EAM, permitiendo digitalizar, programar y controlar de forma precisa las tareas preventivas, predictivas y correctivas.

Mantener una evaluación periódica del impacto financiero del modelo TPM, midiendo su rentabilidad mediante indicadores como el retorno sobre la inversión (ROI), con el objetivo de asegurar que los beneficios obtenidos se mantengan sostenidos en el tiempo.

Alinear esta metodología con la estrategia comercial y de calidad de la empresa, de manera que no solo contribuya a la eficiencia operativa interna, sino también al fortalecimiento de la confianza del cliente y a la recuperación de participación en el mercado.

Bibliografía

Balanda, A. (2005). *Contabilidad de Costos.* Posadas: Editorial Universitaria de Misiones.

Brito, D. (Enero de 2018). *Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos.* Obtenido de El Riesgo Empresarial: http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v10n1/2218-3620-rus-10-01-269.pdf

Eaglematic. (28 de Febrero de 2025). *SGC en la manufactura: una guía completa.* Obtenido de Eaglematic: https://eaglematic.com/qms-in-manufacturing-a-comprehensive-guide/

Hansen, D. R. (2006). *Administración de costos. Contabilidad Y Control. Quinta Edición.* D.R. 2007 por Cengage Learning Editores, S.A.

Lema, S. R. (Marzo de 2019). *Implementación de análisis modal de fallos y efectos (AMFE).* Obtenido de 3C Tecnología: https://3ciencias.com/wp-content/uploads/2019/03/ART.-4-TECNO-Ed.-29_Vol.-8_n%C2%BA-1-1.pdf

López Cárdenas, J. F. (2023). *DS SPACE*. Obtenido de http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26489

Makajima, S. (1991). *Introducción al TPM: mantenimiento productivo total.* España: Cambridge.

Mallar, M. Á. (1 de enero de 2010). *Visión de Futuro*. Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357935475004

Mascareñas, A. (2002). *Universidad Nacional Autónoma de México.* Obtenido de UNAM: https://ru.dgb.unam.mx/jspui/bitstream/20.500.14330/TES01000308821/3/0308821.pdf

Olmos, J. P. (s.f.). *ACADEMIA*. Obtenido de https://www.academia.edu/11517335/PRODUCTIVIDAD_EN_EL_MANTENIMIENTO_DE_INDUSTRIAS_MANUFACTURERAS

Pari, R. (2015). Propuesta de un sistema de mantenimiento productivo total. Juliaca, San román, Perú.

PINO, O. A. (2022). Aplicacion de Mantenimiento productivo total para el mejoramiento de los procesos operativos del taller mecanica industrial en una unidad educativa de la cuidad de Guayaquil. GUAYAS - GUAYAQUIL.

Ruiz, M. C., & Díaz, A. M. (2013). *Universidad Veracruzana.* Obtenido de Capacitar: clave para reducir riesgos de trabajo: https://www.uv.mx/iiesca/files/2013/01/capacitar1996.pdf

Santos, C., Arteaga, A., & Lopez, C. (2023). *International Institute of Informatics and Systemics: IIIS.* Obtenido de Aplicación de herramientas TPM para reducir costos de mantenimiento: https://www.iiis.org/CDs2024/CD2024Summer//papers/CA908MP.pdf

Soto, C. (2019). *Contabilidad de Costos I: Componentes del costo.* Bogotá: Ediciones de la U.

Torres, A. (Julio de 2023). *Control de la merma en producción.* Obtenido de MESbook: https://mesbook.com/control-merma-produccion/#elementor-toc__heading-anchor-1

Torres, C. (2016). *Universidad Piloto de Colombia.* Obtenido de Importancia de Realizar un Análisis de Riesgo en las empresas: https://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/2728/00003266.pdf?sequence=1

Velásquez, M. (2018). Estandarización de los procedimientos para la dosificación de líquidos para la formulación de alimentos balanceados para aves. *Ingeniería a sus alcances, Revista de Investigación*, 51-62.