

Design of a maintenance plan improvement to reduce costs in the plating area of an industrial plastics SME

Rosa Sofia Acosta Celmi, Bachelor of Engineering¹ , Nielofar María Ahmadid Albuja, Bachelor of Engineering² ,
Carla Lussiana Del Milagro Lucano Cachay, Master of Business Administration³ 
^{1,2,3} Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, N00273434@upn.pe, N00274618@upn.pe, carla.lucano@upn.edu.pe

Abstract -- The purpose of this project is to reduce costs in the plating area of an industrial plastics MSE through a maintenance improvement plan. Using the TQM (Total Quality Management) methodology, the project followed seven stages: initial diagnosis, establishment of objectives, team building, process development, implementation of indicators, change management, and continuous review. The results included the identification and reduction of defects in the production of metalized films, reduced production costs, and improved quality of the final product. A continuous monitoring system and a periodic audit program were implemented, and personnel were trained in TQM principles. The project has highlighted the importance of preventive and predictive maintenance, demonstrating that their implementation can reduce 10% of costs and improve product quality. It has highlighted the need to follow a structured methodology for process improvement and alignment with the requirements of the Quality Management System, according to ISO 9001:2015, which ensures consistency and quality in production. The implications of this knowledge include the reduction in operating costs, increased efficiency and the company's ability to remain competitive.

Key Words: Film, Metallize, Quality, ISO 9001:2015; TQM: MYP; Plastics

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).
DO NOT REMOVE

Diseño de mejora del plan de mantenimiento para reducir costos del área de metalizado en una MYPE industrial de plástico

Rosa Sofia Acosta Celmi, Bachelor of Engineering¹ , Nielofar María Ahmadid Albuja, Bachelor of Engineering² ,
Carla Lussiana Del Milagro Lucano Cachay, Master of Business Administration³ 
^{1,2,3} Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, N00273434@upn.pe, N00274618@upn.pe, carla.lucano@upn.edu.pe

Resumen- El propósito de este proyecto es reducir los costos del área de metalizado en un MYPE industrial de plástico mediante un plan de mejora en el mantenimiento. Utilizando la metodología TQM, el proyecto siguió siete etapas: diagnóstico inicial, establecimiento de objetivos, formación de equipos, desarrollo de procesos, implementación de indicadores, gestión del cambio, y revisión continua. Los resultados incluyeron la identificación y reducción de defectos en la producción de películas metalizadas, disminución de costos de producción y mejora de la calidad del producto final. Se implementó un sistema de monitoreo continuo y un programa de auditorías periódicas, además de capacitar al personal en principios de TQM. El proyecto ha resaltado la importancia del mantenimiento preventivo y predictivo, demostrando que su implementación puede reducir costos en un 10% y mejorar la calidad del producto. Se ha subrayado la necesidad de seguir una metodología estructurada para la mejora de procesos y la alineación con los requisitos del SGC, según ISO 9001:2015, lo que asegura la consistencia y calidad en la producción. Las implicaciones de este conocimiento incluyen una reducción en los costos operativos, una mayor eficiencia y la capacidad de la empresa para mantenerse competitiva.

Palabras Clave: Películas; Metalizado; Calidad; ISO 9001:2015; TQM; MYPE; Plásticos.

I. INTRODUCCIÓN

En la empresa de estudio, el área de metalizado enfrenta problemas significativos que afectan tanto la eficiencia como los costos de producción. Específicamente, se han identificado variaciones en la temperatura del cerámico durante el proceso de metalizado de aluminio para películas, lo que resulta en un aumento de metros de película con defectos, como huecos y quemaduras. Esto incrementa los costos de producción y reduce la calidad del producto final. La falta de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo adecuado impide el control constante y preciso de la temperatura del cerámico, generando defectos en la película y afectando la producción.

Utilizar herramientas de TQM ayuda a que los trabajadores tomen conciencia sobre la importancia de la calidad en todos los sectores de la organización, estableciendo estándares de trabajo que mejoran la eficiencia y reducen errores. Como demostró la referencia [1], con la implementación de estas propuestas, se observó una reducción en los costos por productos defectuosos, de S/ 6,400.00 a S/. 2,680.00, logrando una mejora del 58.98% y disminuyendo los

productos defectuosos de 768 a 306. Asimismo, la implementación de prácticas de calidad TQM y Kaizen redujo los costos de trabajos no conformes de S/ 51,126.00 a S/ 23,590.00, incrementando las utilidades en un 2.75% [2]. En este contexto, se plantea la pregunta: ¿Cuál es el impacto de diseñar un plan de mejora en el mantenimiento para reducir los costos del área de metalizado en una MYPE de plástico? Por lo que el objetivo general de este informe es determinar el impacto de diseñar un plan de mejora en el mantenimiento en una empresa industrial de plástico para reducir los costos en el área de metalizado. Para lograrlo se planteó llevar a cabo los siguientes objetivos específicos: realizar un análisis de gestión empresarial en la empresa de estudio con la ayuda de un Mapa de procesos, SIPOC y caracterización de procesos; analizar el proceso de metalizado con el diagrama hombre-máquina e identificar el principal problema con la ayuda de herramientas de calidad como la hoja de registro, diagrama de Pareto, Ishikawa, matriz de enfrentamiento y presentar propuestas de mejora con ayuda de las 5W&2H; analizar el control estadístico con la ayuda de las gráficas de control por variables y atributos y la capacidad del proceso de metalizado; realizar una auditoría interna del sistema de gestión de calidad (ISO 9001:2015) basado en la norma ISO 19011; estudiar el sistema de calidad de la empresa con la ayuda de un FODA y PESTEL; y diseñar una propuesta de mejora utilizando la matriz de variables para escoger la metodología idónea para la empresa bajo estudio.

En tal sentido, la hipótesis plantea que un plan de mejora en el mantenimiento utilizando la metodología TQM (Total Quality Management) reducirá los costos en el área de metalizado. Este trabajo brindará pautas para aplicar TQM, reduciendo defectos de producto, en este caso, láminas de plástico metalizadas, y, por ende, los costos de fabricación. Además, servirá como antecedente para investigaciones futuras relacionadas con la gestión de calidad. La técnica propuesta sigue un método establecido en su base teórica y el enfoque TQM es reconocido por su eficacia en la mejora de procesos y reducción de defectos mediante un control de calidad riguroso y sistemático. La implementación de un plan de mejora basado en TQM abordará las causas de las variaciones en la temperatura del cerámico, mejorando la calidad del producto final y reduciendo los defectos. Con la

implementación de TQM, se han observado reducciones significativas en los costos relacionados con trabajos no conformes. Según la referencia [2], los costos totales de no conformidades al inicio de la investigación eran de \$51,126.00, y tras la aplicación de TQM se logró un ahorro total de aproximadamente \$27,536.00 USD. Este ahorro económico subraya la importancia de diseñar un plan de mejora en el mantenimiento en una empresa industrial de plástico para reducir los costos en el área de metalizado mediante la metodología TQM.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto incluye una variedad de métodos y herramientas para mejorar el proceso de mantenimiento en el área de metalizado. El mapa de proceso representa gráficamente el flujo de actividades dentro del proceso, ayudando a visualizar las etapas y la secuencia de operaciones, identificando posibles mejoras y cuellos de botella. El SIPOC ayuda a entender y documentar todos los elementos relevantes de un proceso antes de que comience el trabajo, proporcionando una visión clara de las entradas y salidas del proceso y de quiénes están involucrados. La caracterización de procesos describe detalladamente cada etapa del proceso, incluyendo actividades, responsables, recursos y tiempos. El diagrama hombre-máquina permite analizar y diseñar la interacción entre el hombre y la máquina en el proceso de metalizado. La hoja de registro de incidencias sirve para documentar y rastrear cualquier error identificado en el proceso.

Los gráficos de control por variables y por atributos y el análisis de la capacidad del proceso se utilizan para monitorear el desempeño del proceso a lo largo del tiempo, ayudando a identificar variaciones y posibles causas de problemas. El análisis FODA permite identificar los factores internos y externos que afectan a la organización y/o proceso, mientras que el análisis PESTEL examina los factores macroeconómicos que pueden influir en la organización y/o proceso. El plan de auditoría detalla los objetivos, alcance, metodología y cronograma de la auditoría, garantizando que se realice de manera estructurada y efectiva. El informe de auditoría es un documento que presenta los hallazgos, conclusiones y recomendaciones de la auditoría, fundamental para la toma de decisiones y la implementación de mejoras.

La matriz de identificación de riesgos y oportunidades identifica, evalúa y prioriza tanto los riesgos como las oportunidades que podrían afectar el éxito del proyecto. El plan de comunicaciones es una estrategia que define cómo se gestionará y distribuirá la información relacionada con el proyecto o proceso. La matriz de enfrentamiento de variables para elección de metodología ayuda a evaluar y comparar diferentes metodologías en función de la problemática encontrada, facilitando la selección de la metodología más adecuada para el proyecto. Finalmente, la matriz de variable vs metodología especifica las variables a considerar y las metodologías que mejor las abordan.

En el contexto de la mejora del proceso de mantenimiento en el área de metalizado, es crucial aplicar una serie de métodos y herramientas que permitan una gestión eficiente y efectiva. A continuación, se detallan los componentes teóricos de cada uno de estos métodos y su relevancia en la optimización de procesos industriales.

Referencia [3] menciona que un mapa de procesos es una representación gráfica que muestra cómo funcionan y se interrelacionan los procesos de una organización. Este gráfico es esencial para el desarrollo del plan estratégico, ya que identifica los procesos estratégicos, los procesos operativos y los procesos de soporte.

En la mejora de procesos, un SIPOC (proveedores, entradas, proceso, salidas, clientes) es una herramienta que puede resumir las entradas y salidas de uno o varios procesos en forma de tabla. Esta herramienta está considerada como una de las más importantes para identificar con facilidad las posibles deficiencias y oportunidades de mejora entre lo que un proceso espera de sus proveedores y lo que los clientes esperan del proceso [4].

Referencia [3] indica que la caracterización de un proceso implica definir su objetivo y alcance, así como identificar sus entradas, salidas, indicadores y recursos. Este análisis permite evaluar si el proceso puede ser agilizado, detectar riesgos, identificar pasos que no se están ejecutando correctamente e incorporar nuevos indicadores de ser necesario.

El diagrama hombre-máquina, se utiliza para detectar el tiempo de inactividad de la máquina y de los trabajadores mediante el registro de todas las actividades del proceso realizadas. Este diagrama ayuda a decidir la cantidad de operarios necesarios para un equipo y la distribución óptima y equilibrada del trabajo entre el hombre y la máquina dentro de cada grupo [5].

Según la referencia [6] la gestión de registros es una disciplina especializada que se ocupa del análisis sistemático y control de la información creada, recibida, mantenida o utilizada por una organización en el marco de sus procesos y actividades.

El diagrama de Ishikawa, se denomina el diagrama de espina de pez, porque se elabora utilizando el esqueleto de un pez. Este diagrama proporciona un apoyo visual, que estimula la creatividad de los participantes para el *Bainstorming*; a través de su forma, destaca y jerarquiza las causas reales o potenciales que generan un problema de calidad [7].

El análisis de Pareto es una herramienta ampliamente utilizada en la literatura y operaciones de distintas empresas. Esta técnica se utiliza para la identificación y determinación de los fallos más significativos; gracias a este se puede estimar el orden que se debe de seguir para implementar las acciones correctivas recomendadas de acuerdo con los valores calculados y determinados [8].

El control estadístico de procesos es una técnica que asegura la calidad de los procesos mediante el monitoreo y control de su variabilidad. Utiliza gráficos de control para identificar desviaciones y tomar acciones correctivas, y el análisis de capacidad del proceso para evaluar si este puede

cumplir consistentemente con las especificaciones establecidas, garantizando así productos de alta calidad y confiabilidad [9].

Las 5W&1H, (¿Qué? ¿Qué? ¿Quién? ¿Cuándo? ¿Por qué? ¿Cómo? es un método que ayuda a comprender y perfilar mejor una situación. Esta metodología proporciona una lista de preguntas que ayudan a los analistas a cuestionar la situación para buscar las causas profundas de un problema y/o analizar las propuestas de solución para estas. También se utiliza las 5W&2H, donde se añade la pregunta How much?, es decir cuanto costara [10].

Referencia [11] menciona que la matriz FODA se utiliza como una herramienta de análisis que ayuda a las organizaciones a desarrollar estrategias efectivas a corto, mediano y largo plazo para adaptarse y responder a los diversos cambios en el entorno interno y externo.

El análisis PESTEL es una de las herramientas que se utilizan para identificar y analizar los principales impulsores de cambio en el entorno organizacional; PESTEL es un acrónimo de político, económico, social, tecnológico, medioambiental y legal. Este análisis es una auditoría organizacional de las operaciones de la empresa para determinar los diferentes factores y fuerzas del entorno externo que afectan el éxito de una organización [12].

Un plan de auditoría es un documento que guía la auditoría, definiendo sus objetivos, alcance, criterios, metodología, recursos y riesgos. Este plan asegura que la auditoría se realice de manera organizada y eficiente, adaptándose a las necesidades específicas de la entidad auditada [13].

Así mismo, referencia [13] señala que el informe de auditoría presenta los resultados y recomendaciones para mejorar y corregir las deficiencias encontradas, y determina responsabilidades según la normativa. Las autoridades deben implementar estas recomendaciones para optimizar las actividades auditadas.

La evaluación de riesgos y oportunidades tiene un enfoque cuantitativo, que tiene como objetivo seleccionar la manera más eficiente de aceptar una oportunidad de riesgo. Este método se basa en comparar la tolerancia al riesgo adquirido por la empresa tras implementar cada alternativa propuesta [14].

Referencia [15] afirma que un plan de comunicaciones define como una organización transmitirá sus mensajes a su público objetivo, organizando las acciones estratégicas, fechas, canales y herramientas en una matriz operativa para asegurar una ejecución ordenada y eficiente.

La matriz GUT (Gravedad, Urgencia y Tendencia) es una técnica utilizada para priorizar y facilitar la toma de decisiones en diferentes ámbitos, especialmente en la gestión de proyectos y la resolución de problemas. Esta herramienta permite evaluar y clasificar problemas o tareas en función de tres aspectos clave, gravedad, urgencia y tendencia [16].

En conjunto, estos métodos y herramientas forman un marco integral para la mejora continua y la gestión eficiente

de procesos industriales, asegurando la calidad, eficiencia y sostenibilidad de las operaciones.

III. RESULTADOS

Dentro de los tres macroprocesos principales, se identificaron los siguientes procesos: Estratégicos (Planificación Estratégica y Sistema de Gestión Integrado), Operativos (Atención al cliente, Gestión de pedidos y Producción), y de Soporte (Gestión de Recursos Humanos y Gestión de datos). Además, se identificaron los recursos clave por cada proceso mediante el modelo SIPOC, obteniendo un total de 12 actividades clave en total.

Posteriormente, para cada proceso identificado en el mapa de procesos, se realizó su caracterización con el objetivo de comprender, definir y documentar todos los aspectos involucrados. En el análisis del diagrama Hombre-Máquina, se identificaron 9 actividades para el operador, con un tiempo de 150 minutos, y 3 actividades para la máquina de metalizado, con un tiempo de 50 minutos [Tabla 1]

TABLA 1
DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA

Operador	T/min	Máquina	T/min
Descarga de película metalizada	15		
Limpieza	20		
Carga de bobina	20		
Abastecimiento de rollos de aluminio	10		
Revisión de cerámicos	15		
Cerrado de la cámara	10		
		Prevacío	2
		Alto vacío	13
Control de parámetros	20		
		Metalizado	40
Regulación de presión atmosférica	30		
Apertura de la cámara	10		

Nota. Elaboración propia

Adicionalmente, en la hoja de registro de incidencias se cuantificaron todos los errores identificados en el proceso de metalizado durante un periodo de tres meses [Tabla 2]. Hoja de registro de incidencias: En la hoja de registro se cuantifican todos los errores identificados en el proceso de metalizado en un periodo de tres meses.

TABLA 2
TABLA DE FRECUENCIA

Descripción	Frecuencia	%	% ACUMULADO
Falla refrigeración	16	25%	25%
Falla operativa	10	15%	40%
Falta de personal	9	14%	54%
Falta de programación	8	12%	66%
Falta de base//Traslado	7	11%	77%
Falla eléctrica	5	8%	85%
Mantenimiento programado	3	5%	89%
Falla mecánica	3	5%	94%
Programa de fumigación	2	3%	97%
Materia prima	2	3%	100%
TOTAL	65		

Nota. Elaboración propia

Además, en el diagrama de Pareto se observó que el problema principal en el proceso fue la “Falla en la refrigeración” [Figura 1].

Diagrama de Pareto: En el diagrama de Pareto se observó que el problema principal en el proceso fue “Falla en la refrigeración”.

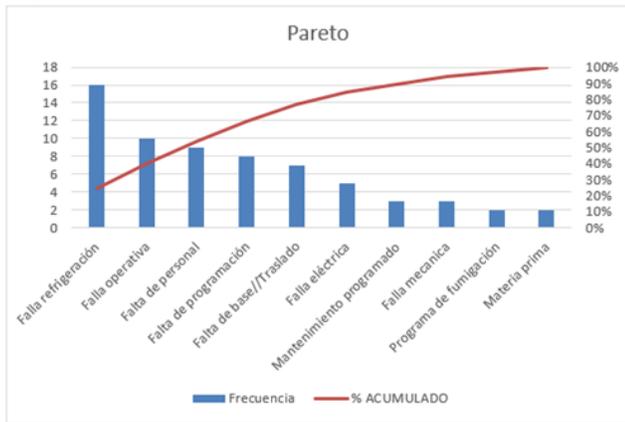


Fig. 1 Diagrama de Pareto
Nota. Elaboración propia

Diagrama de Ishikawa: En el diagrama se definió todas las posibles causas raíz del problema identificado, considerando las variables: Factores externos, Planeamiento, Recursos, Personal, Operaciones y Equipo.

Matriz de enfrentamiento: Con ella se valoró de manera numérica el impacto de cada causa identificada en la empresa, su Utilidad, Costo y gasto de producción, calidad y operación. Identificando como causa principal las fallas en la temperatura de la máquina e ineficiente plan de mantenimiento preventivo con un porcentaje del 10%.

5W 2H: Se realizó un plan de mejora, considerando la actividad a realizar, la causa raíz, responsable, fecha y lugar de ejecución y cómo se realizará. Se planteó realizar las siguientes actividades:

- Implementación de uno de los pilares de filosofía de TPM

- Mantenimiento predictivo y preventivo
- Contratación por aumento de producción
- Mejorar la programación de inspecciones

El diagrama de Ishikawa definió todas las posibles causas raíz del problema identificado, considerando las variables: Factores externos, Planeamiento, Recursos, Personal, Operaciones y Equipo. Con la matriz de enfrentamiento se valoró de manera numérica el impacto de cada causa identificada en la empresa, su utilidad, costo y gasto de producción, calidad y operación, identificando como causa principal las fallas en la temperatura de la máquina y el ineficiente plan de mantenimiento preventivo.

Para abordar estos problemas, se realizó un plan de mejora utilizando el método 5W 2H, considerando la actividad a realizar, la causa raíz, el responsable, la fecha y lugar de ejecución, y cómo se realizará. Se plantearon las siguientes actividades: implementación de uno de los pilares de la filosofía de TPM, mantenimiento predictivo y preventivo, contratación por aumento de producción, y mejorar la programación de inspecciones.

Los gráficos de control por variables, específicamente las cartas de control Xbarra y R, indicaron que, aunque no hay causas especiales y la variabilidad está controlada, se observa un desplazamiento en el nivel del proceso, evidenciado por un patrón no aleatorio en la carta Xbarra [Figura 2 y 3]. Gráficos de control por variables: Las cartas de control Xbarra y R indican que, aunque no hay causas especiales y la variabilidad está controlada, se observa un desplazamiento en el nivel del proceso, evidenciado por un patrón no aleatorio en la carta Xbarra.

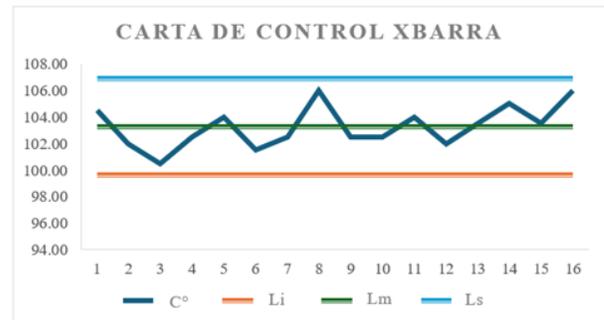


Fig.2 Gráfica de control Xbarra
Nota. Elaboración propia

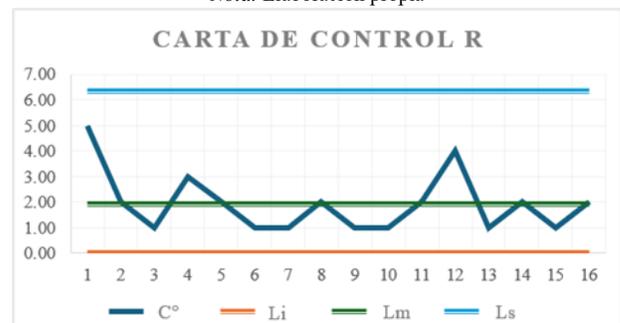


Fig.3 Gráfica de control R
Nota. Elaboración propia

Por otro lado, los gráficos de control por atributos mostraron que, aunque el proceso parece estar generalmente bajo control y no se identifican causas especiales, la presencia de muestras cercanas a la línea central sugiere la necesidad de mantener una vigilancia constante [Figura 4]. Gráficos de control por atributos: Aunque el proceso parece estar bajo control generalmente y no se identifican causas especiales, la presencia de muestras cercanas a la línea central sugiere la necesidad de mantener una vigilancia constante.

Problemas de equipos	\$12,000.00
Información incompleta	\$3,136.00
Mala comunicación	\$200.00
TOTAL \$	\$15,336.00

Nota. Elaboración propia basado en [2]

El análisis FODA identificó debilidades como la ineficiente comunicación e integración entre el personal, fortalezas como la experiencia del personal y las herramientas y servicios avanzados con los que cuentan, amenazas como la volatilidad del mercado y la escasez de expertos, y oportunidades como la optimización de la cadena de suministro y mejoras en el software de control de mantenimiento. Para este estudio, el análisis PESTEL consideró el contexto actual y la industria en la que se desenvuelve la empresa, siendo las variables más relevantes la económica, sociocultural y legal.

La matriz de identificación de riesgos y oportunidades se realizó tomando en cuenta el desarrollo del FODA y el PESTEL, considerando cuestiones internas como documentación, tecnología y maquinaria, competencia del personal, infraestructura organizacional y software, y cuestiones externas como fuerzas económicas, sociales, políticas, legales, ambientales, tecnológicas y competitivas.

En el plan de comunicaciones, se detalló quién será el responsable, a quién le comunicará, cuándo lo comunicará y cuáles serán las estrategias para comunicar aspectos como la política de calidad, los objetivos de calidad, los lineamientos del SIG, el programa e informes de auditorías de calidad y el resultado del monitoreo.

Para seleccionar la metodología adecuada, se utilizó una matriz de enfrentamiento de variables que determinó las variables cualitativas, como la complejidad de la implementación, flexibilidad, adaptabilidad, costo, predictiva y herramientas, siendo la variable más relevante el costo. Considerando estas variables, se realizó la matriz de ponderación para seleccionar la metodología a utilizar, eligiendo entre un sistema integrado de gestión con un peso de 3.20, TPM con una ponderación 3.73 y TQM con 3.80 optando finalmente por la última metodología, que tenían el peso mayor.

La propuesta en una MYPE puede ser una inversión significativa, pero bien gestionada, puede traer grandes beneficios. En este caso, se ha estimado un costo total de \$18,800, desglosado en varias áreas clave.

Primero, se contratarán tres especialistas por un período de tres meses para el diagnóstico e implementación, sin embargo, para reducir costos, solo se conservará a uno de estos especialistas por tres meses adicionales para asegurar que la implementación se mantenga en el tiempo, lo que tendría un costo total de \$7200. La capacitación del personal, que incluye a 10 empleados del área de mantenimiento, tiene un costo de \$1700, aprovechando herramientas en línea para reducir gastos. Cabe resaltar que la implementación no solo se centrará en la actualización del ERP, sino también en la

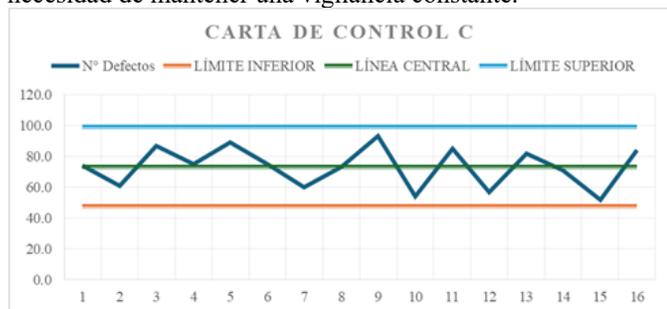


Fig.4 Gráfica de control c
Nota. Elaboración propia

El análisis de la capacidad del proceso reveló que los valores de Cp, Cps y Cpi están por encima del umbral de 1, lo cual indica que el proceso tiene la capacidad de mantenerse dentro de los límites de tolerancia especificados para la temperatura del cerámico. En cuanto al índice de centrado K, que es del 5%, indica que el proceso está ligeramente desplazado hacia el límite superior en comparación con el valor nominal de 103 para la temperatura.

Se realizó el plan de auditoría donde se detalló la fecha, hora, responsable y requisito a auditar por cada proceso identificado en la caracterización de procesos. De acuerdo con el cumplimiento de los requisitos, se realizaron los informes de auditoría, teniendo en cuenta el tipo de hallazgo, el hallazgo, requisito y la evidencia. En estos informes, se encontraron tres observaciones en los requisitos 7.5.3, 8.2.3 y 8.5.1.

El proceso de auditoría reveló tres tipos de observaciones que sumaron un costo total aproximado de \$15,336: problemas de equipos, información incompleta y mala comunicación, cada uno con sus respectivos costos. Los problemas de equipos representaron el mayor impacto económico con un costo de \$12,000.00, incluyendo tiempos muertos de producción y la necesidad de reparaciones de equipos. La información incompleta, con un costo de \$3,136.00, reflejó la falta de datos o documentación necesaria para mantener la operación eficiente, lo que pudo haber afectado la toma de decisiones y generar errores. La mala comunicación, aunque con un costo menor de \$200.00, se debió a la falta de coordinación entre el área de mantenimiento y otras áreas de la empresa, contribuyendo a ineficiencias operativas.

TABLA 3
COSTOS ASOCIADOS A LAS OBSERVACIONES

INICIAL	
TIPO DE OBSERVACIÓN	TOTAL \$

adopción de buenas prácticas en mantenimiento preventivo y correctivo. Por ende, el entrenamiento incluirá el uso efectivo de herramientas y técnicas para implementar mejoras continuas en los procesos de mantenimiento, optimizando así el rendimiento del sistema y mejorando la eficiencia y efectividad de los procesos de mantenimiento en general.

La configuración y ajuste del ERP, que incluye una actualización del sistema in-house para soportar todas las etapas del mantenimiento preventivo y correctivo, tiene un costo de \$6800. Este ajuste asegurará la actualización y distribución de documentos, control de versiones, alertas automáticas y permisos de acceso. Finalmente, el soporte técnico y mantenimiento, con un costo de \$3100, se enfocará en realizar actualizaciones periódicas y mejoras basadas en el análisis de desempeño y retroalimentación de usuarios, garantizando que el sistema evolucione y se mantenga alineado con las necesidades cambiantes del mantenimiento.

TABLA 4
PRESUPUESTO DE LA IMPLEMENTACIÓN

Concepto	Costo estimado en dólares
Contratación de especialista	\$7,200.00
Capacitación y formación del personal	\$1,700.00
Configuración y ajuste del ERP	\$6,800.00
Soporte técnico y mantenimiento	\$3,100.00
Total estimado	\$18,800.00

Nota. Elaboración propia

La propuesta de mejora en el mantenimiento se realizó a partir del TQM para mejorar el plan de mantenimiento en la empresa, planificándose con una estructura de siete pasos [Figura 5].



Fig. 5 Estructura del plan de mejora
Nota. Elaboración propia

TABLA 5
COMPARATIVA DE COSTOS

INICIAL		FINAL	
TIPO DE OBSERVACIÓN	TOTAL \$	TIPO DE OBSERVACIÓN	TOTAL \$
Problemas de equipos	\$12,000.00	Problemas de equipos	\$3,000.00
Información incompleta	\$3,136.00	Información incompleta	\$640.00
Mala comunicación	\$200.00	Mala comunicación	\$80.00
TOTAL \$	\$15,336.00	TOTAL \$	\$3,720.00

Nota. Elaboración propia basado en [2]

Después de implementar las mejoras, se lograron ahorros significativos. Los costos iniciales eran de \$15,336.00 y tras las mejoras, los costos se redujeron a \$3,720.00. Esto resultó en un ahorro total de \$11,616.00 en los tres meses posteriores a la implementación. Lo que equivale a un ahorro mensual promedio de \$3,872.00.

Dado que el presupuesto destinado para la implementación de las mejoras fue de \$18,800.00, se puede calcular el periodo necesario para recuperar esta inversión al dividir el presupuesto total entre el ahorro mensual promedio, obteniendo un periodo de aproximadamente 4.86 meses, es decir se necesitarán aproximadamente 5 meses para recuperar la inversión mediante los ahorros generados.

III. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En base a lo expuesto y las referencias obtenidas respecto a la reducción de costos asociados a las observaciones identificadas en la auditoria de calidad, se espera una reducción del 75 %, al pasar de \$15 333 a \$3720 en los costos después de implementar el plan de mejora en la empresa de estudio, esta reducción sería posible gracias a la implementación de un plan de mantenimiento más efectivo, que permitirá un control más preciso de la temperatura del cerámico y, por ende, una disminución de los defectos en la película.

Por otro lado, se debe de considera que el TQM tiene un impacto en la cultura organizacional a largo plazo; ya que no solo tiene como objetivo mejorar los procesos o productos, sino también influenciar en la mentalidad de los colaboradores; siendo el principal desafío la resistencia al cambio por parte de ellos. Puesto que en el contexto peruano hay barreras culturales como la orientación al largo plazo, con una calificación de 5; como menciona the culture factor la sociedad peruana es más normativa que pragmática, concentrándose más en lograr resultados inmediatos que proyecciones al futuro [17].

En el análisis del proceso de metalizado se reveló que las fallas en la refrigeración eran causadas por las variaciones de la temperatura del cerámico y la ineficiencia del mantenimiento preventivo cada una con un porcentaje de impacto del 10%, como se evidencia en la matriz de enfrentamiento: coincidiendo con lo planteado por la

referencia [1] y [2] sobre la importancia de la calibración y mantenimiento adecuado para reducir defectos y costos. La implementación de un plan de mejora basado en TQM, que incluye actividades como el mantenimiento preventivo y predictivo, muestra un potencial significativo para reducir los defectos y los costos asociados, similar a los resultados obtenidos por estos autores. Los gráficos de control indican que, aunque el proceso está generalmente bajo control, existe un ligero desplazamiento hacia el límite central de la temperatura, mientras que en el análisis de capacidad del proceso se obtuvo que los valores eran mayores a la unidad lo que demuestra que el proceso era capaz de cumplir con las especificaciones; lo que refuerza la necesidad de un control más riguroso y un mantenimiento predictivo más efectivo. La auditoría interna y el análisis FODA y PESTEL subrayan las debilidades en la comunicación y la integración del personal, así como las amenazas externas como la volatilidad del mercado, que deben ser abordadas para asegurar la eficacia del plan de mejora. El plan de comunicaciones y la matriz de enfrentamiento de variables resaltan la importancia de la transparencia y la claridad en la implementación de TQM.

La comparación con los estudios previos confirma que un enfoque estructurado y metodológico puede lograr reducciones significativas en los costos de producción y mejoras en la calidad del producto final, que apoya la hipótesis planteada.

Es importante resaltar que, la evaluación constante y la adaptación del plan serán cruciales para mantener la efectividad de las mejoras implementadas. No obstante, es esencial considerar las limitaciones y sesgos potenciales para asegurar la sostenibilidad y el éxito a largo plazo de estas mejoras.

IV. CONCLUSIONES

El análisis del proceso de metalizado de aluminio en la empresa MYPE reveló problemas críticos relacionados con la temperatura del cerámico, lo cual impacta negativamente en la calidad del producto y eleva los costos operativos. Este estudio alcanza el objetivo y responde a la pregunta de investigación, al demostrar que la implementación de un sistema de Gestión de la Calidad Total (TQM) mejora significativamente la eficiencia operativa y reduce los costos en un 75%, mediante la optimización de los procesos y una gestión más eficiente del mantenimiento preventivo y correctivo.

La reducción de costos está estrechamente vinculada con la disminución de defectos, lo que beneficia tanto a los clientes internos como externos de la empresa. Para los clientes internos, la mejora de los procesos y la reducción de incidencias genera un entorno de trabajo más eficiente y productivo, lo que contribuye a una mayor satisfacción laboral y mejor desempeño. Por otro lado, los clientes externos se ven beneficiados al recibir productos de mayor calidad y consistencia, lo que fortalece la confianza en la empresa y mejora su percepción en el mercado. La reducción de defectos

y la mejora continua de la calidad resultan en un ciclo virtuoso que incrementa la satisfacción del cliente, refuerza la lealtad y mejora la reputación de la organización.

Si bien el costo inicial de implementar TQM es significativo, los resultados positivos comenzarán a percibirse a partir del quinto mes, momento en el que se espera recuperar la inversión inicial. Este punto de equilibrio refleja la efectividad del sistema y justifica la inversión al garantizar una reducción sostenible de los costos a largo plazo.

Estas mejoras destacan la relevancia del TQM no solo para la reducción de defectos y costos, sino también para promover una cultura organizacional orientada hacia la excelencia y la mejora continua. Además, dado el enfoque del modelo propuesto en el área de mantenimiento, un componente esencial para cualquier empresa se sugiere que esta metodología podría replicarse exitosamente en organizaciones de diversos sectores. Se recomienda, además, explorar el impacto del TQM en otros procesos críticos y considerar la integración de tecnologías emergentes que complementen la gestión de calidad y mantenimiento, fortaleciendo así la competitividad y sostenibilidad de la empresa.

VI. REFERENCIAS

- [1] Martos, J. (2022). "Propuesta de mejora en el área de Producción para reducir los costos Operativos en una empresa Metalmeccánica Trujillo, 2022" [Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad Privada del Norte]
- [2] Caguango, P. (2023). *Estudio del incremento porcentual de utilidades por implementar certificación ISO 9001:2015*. [Tesis para obtener la Maestría en Gerencia de la Calidad e Innovación, Universidad Andina Simón Bolívar]
- [3] León, A., Sánchez, D., Torres, I., Cuzcano, G. y Sánchez, P. (2020). Sistema de gestión de calidad en una universidad pública peruana: análisis de los procesos principales y gestión de riesgos. *Educación*, 26(2), 109-120.
- [4] Klumbyte, E., Bliudzius, R., y Foikades, P. (2020). A SIPOC based model for the sustainable management of facilities in social housing. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 410(1).
- [5] Mahendran, R., Amarnath, V., Rajkumar, P., Nirmal raj, L., Karthikeyan, S. y Rajeskumar, L. (2022). *Productivity Improvement in a Manufacturing Industry by Using Man-Machine Chart Analysis*. Technology Innovation in Mechanical Engineering: Select Proceedings of TIME 2021 (pp. 603-613). Singapore: Springer Nature Singapore.
- [6] Saffady, W. (2021). *Records and information management: fundamentals of professional practice*. Rowman & Littlefield.
- [7] Luca L. y Luca T.O. (2019). Ishikawa diagram applied to identify causes which determines bearings defects from car wheels. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 564(1).
- [8] Erdil, A. (2019) An Evaluation on Lifecycle of Products in Textile Industry of Turkey through Quality Function Deployment and Pareto Analysis. *Procedia Computer Science*, 158 (1), 735-744.
- [9] Gómez, J. (2021). *Fundamentos de control estadístico de procesos para gestores y administradores tecnológicos*. Instituto Tecnológico Metropolitano-ITM.
- [10] Hong. Q. (2021). *Utilizing intelligence preparation of the operational environment to design an operational cyber intelligence framework* [Doctoral dissertation, Macquarie University].
- [11] Huerta Cruz, S., González Lovato, C., Mosquera Pozo, M. y Herrera Franco, D. J. (2023). Estrategias de fortalecimiento basado en la matriz FODA. Caso de estudio de emprendimientos en la zona playera del cantón Salitre, Ecuador. *Cofin Habana*, 17(1).

- [12]Buye, R. (2021). Critical examination of the PESTEL Analysis Model. *Project: Action Research for Development*.
- [13]Manrique, J. (2019). Introducción a la auditoría. *Ediciones Carolina*.
- [14]Ardebili, A., Padoano, E., Longo, A. y Ficarella, A. (2022). The Risky-Opportunity Analysis Method (ROAM) to Support Risk-Based Decisions in a Case-Study of Critical Infrastructure Digitization. *Risks*, 10(3), 48.
- [15]Ríos Pacheco, E., Páez Quintana, H. y Barbosa Trigos, J. (2020). Estrategias de comunicación: diseño, ejecución y seguimiento. *REDIPE*
- [16] Villas, J., Jorge, B. y Ribeiro, A. (2022). SWOT analysis and GUT matrix for business management and problem solving: an application in a Brazilian case-study. *Cuadernos de gestión*, 22(1), 81-93.
- [17]The Culture Factor Group (s.f.). Country comparison tool. The Culture Factor. Recuperado el 29 de Setiembre del 2024.