

Improvement Proposal Using the DMAIC Method to Increase the Productivity of a Metal Label Company

Lizeth A. Vasquez-Acevedo, Bach.¹, Dayana Morales-Fernandez, Bach.², Itala S. Terán-Pareja, Mag.³, William C. Algoner, PhD.⁴

^{1,2,3,4}Universidad Tecnológica del Perú. Lima, Perú, ¹ U17204050@utp.edu.pe, ² 1629480@utp.edu.pe, ³ c25876@utp.edu.pe, ⁴ walgoner@utp.edu.pe

Abstract- Productivity in all areas helps manage time to achieve objectives efficiently and effectively. Although there are many companies registered in Peru, few are able to obtain the desired productivity. Therefore, many of these companies experience the ending of their activities. For this reason, a company in the metalworking sector was put under evaluation with the purpose of elaborating an improvement proposal based on the Define, Measure, Analyze, Improve and Control (DMAIC) method, to increase productivity. Reports obtained from observation techniques, interviews and questionnaires were used to facilitate the accomplishment of DMAIC. The research route used was mixed with an exploratory sequential design. In the process, in the Define stage, Critical to Quality (CTQ) and SIPOC were used; In the Measure stage, Takt time, Cycle Time, Observed Productivity, and the Prioritization Matrix were used; in the Analysis stage, the Ishikawa and Pareto Diagram; In the Improve stage, 5S and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) were proposed as improvement plans; and to Control, the Verification Sheets. The DMAIC method has been fundamental in identifying the root causes of productivity problems, and a solid and structured improvement supported by data analysis and literature review has been proposed, which has provided an effective framework for process improvement.

Keywords—DMAIC, Productivity, Improvement, 5S, FMEA.

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

Propuesta de Mejora Utilizando el Método DMAIC para Incrementar la Productividad de una Empresa de Etiquetas Metálicas

Lizeth A. Vasquez-Acevedo, Bach.¹, Dayana Morales-Fernandez, Bach.², Ítala S. Teran-Pareja, Mag.³, William C. Algoner, PhD.⁴

^{1,2,3,4}Universidad Tecnológica del Perú. Lima, Perú, ³ U17204050@utp.edu.pe, ² 1629480@utp.edu.pe, ³ c25876@utp.edu.pe, ⁴ walgoner@utp.edu.pe

Resumen— La productividad en todos los ámbitos ayuda a gestionar el tiempo para lograr realizar los objetivos de manera eficiente y efectiva. Aunque existen muchas empresas registradas en Perú, son pocas las que logran obtener una productividad deseada. Por lo que muchas de estas empresas experimentan el cese de sus actividades. Por ello, una empresa del sector metalmeccánico fue puesta a evaluación con la finalidad de elaborar una propuesta de mejora basada en el método Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (DMAIC), para aumentar la productividad. Se utilizaron reportes obtenidos de técnicas de observación, entrevistas y cuestionarios que facilitó el desarrollo de DMAIC. La ruta de investigación que se manejó fue mixta con un diseño exploratorio secuencial. En el proceso, en la etapa Definir, se hizo uso de Critical to Quality (CTQ) y SIPOC; en la etapa Medir se emplearon el Takt time, Tiempo de Ciclo, la Productividad Observada, y la Matriz de Priorización; en la etapa de Análisis, el Diagrama de Ishikawa y Pareto; en la etapa de Mejorar se propusieron las 5S y el Análisis de Modo de Efectos y Fallas (AMEF) como planes de mejora; y para Controlar, las Hojas de verificación. El método DMAIC ha sido fundamental para identificar las causas raíz de los problemas de productividad, y se ha propuesto una mejora sólida y estructurada, respaldada por análisis de datos y revisión literaria, lo que ha proporcionado un marco efectivo para la mejora de los procesos.

Palabras clave—DMAIC, Productividad, Mejora, 5S, AMEF.

I. INTRODUCCIÓN

El Banco de desarrollo de América Latina destaca la importancia de la productividad, guiando a las empresas para aprovechar eficientemente recursos tangibles e intangibles. Además, en el Reporte de Economía y Desarrollo realizado en Lima, se expuso que Perú tiene menor productividad que países desarrollados en Europa, Asia y Norteamérica. Para ser más exactos, según el informe del Instituto Nacional de Estadística e Informática, el número de entidades registradas en el Perú a inicios del año 2022 fue de 3,081,573[1]. Sin embargo, el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) declara que son escasas las instituciones que presentan un correcto

sistema de gestión, representando tan solo el 1 % del total de empresas registradas [2]. Ante ello, se introduce el método DMAIC el cual, a través de sus fases, puede optimizar la productividad de las organizaciones.

En colaboración con una empresa del sector metalmeccánico, la cual carece de conocimientos acerca de métodos y herramientas de mejora que le permitan evaluar su productividad e incrementarla o mantenerla se busca proponer soluciones a las diversas deficiencias en su proceso de producción de uno de sus artículos más solicitados, las etiquetas de metal con bañado en níquel. Dichas fallas provocan retrasos en las entregas de los pedidos, debido a la realización de reprocesos, ya que los productos salen con defectos como ampollas, manchas y falta de brillo. Además, se ha experimentado devoluciones debido a que los productos no cumplen con las especificaciones de los clientes. Por último, esto ha generado pérdidas de clientes por incumplimiento de pedidos. Debido a esto, surge la siguiente interrogante: ¿De qué manera influiría en la productividad la aplicación del método DMAIC en el proceso productivo de etiquetas de metal?

II. REVISIÓN LITERARIA

A lo largo del tiempo, se han adoptado métodos para mejorar procesos y abordar problemas de productividad en diversas empresas. Los autores Navarro, Rivera, Tovar y Chávez subrayan la necesidad de tácticas para identificar y resolver errores en los procesos. El método DMAIC, con sus cinco fases, se presenta como una estrategia para optimizar procesos y aumentar la productividad, aplicable en diferentes sectores[3]. Ejemplos de implementación del método DMAIC incluyen la reducción del tiempo de reparación en una empresa de telecomunicaciones en Perú [4], la disminución de miga en productos en una empresa de snacks en Ecuador [5], la mejora de procesos en una empresa textil relacionada con defectos y reprocesos[6], y la optimización de la productividad en una planta textil en Perú [7]. En todos estos

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).

DO NOT REMOVE

casos, la aplicación del método DMAIC generó mejoras significativas en la eficiencia.

En estas aplicaciones, las etapas clave del método DMAIC incluyen definir el problema y los objetivos, medir utilizando herramientas estadísticas y mediciones directas, analizar a través de herramientas como el diagrama de Ishikawa, proponer soluciones detalladas en la fase de mejora, y establecer métodos de control como hojas de verificación y cartas de control.

Los resultados obtenidos de estas aplicaciones demuestran que el método DMAIC es efectivo para mejorar procesos y aumentar la productividad. Se ha logrado reducir el tiempo de reparación, disminuir defectos en productos, aumentar niveles sigma y tomar decisiones estratégicas más informadas. En resumen, la aplicación exitosa del método DMAIC en diversas empresas ha demostrado su eficacia para mejorar procesos y alcanzar niveles altos de productividad.

III. MARCO TEÓRICO

Procesos: son acciones esenciales para lograr objetivos. En la Ref. [8] se define proceso como pasos realizados en insumos, transformándolos desde solicitud de producción hasta entrega al cliente, generando valor.

Productividad: se refiere a la producción obtenida por unidad de recursos en un proceso. Es una medida de cómo los insumos se convierten en bienes o servicios.

Lean Six Sigma (LSS): esta herramienta busca mejorar el rendimiento mediante la reducción de la variabilidad y la eliminación de defectos en la entrega de productos [9].

DMAIC: en la Ref. [10] el autor menciona que Sigma utiliza el método DMAIC para abordar problemas en los procesos y mejorar la satisfacción del cliente mediante la provisión de bienes de mayor calidad.

Definir: es la fase inicial, se detallan los objetivos, justificación, alcance, recursos, equipo y un cronograma preliminar.

Medir: esta fase de cuantificación tiene como objetivo comprender el estado actual del proceso, recopilando datos precisos sobre calidad, costos y velocidad.

Analizar: durante el período de análisis, se identifican los factores fundamentales que causan cambios en el proceso.

Mejorar: esta fase implica realizar modificaciones necesarias para mejorar el proceso.

Controlar: el enfoque de la fase de control es estandarizar las nuevas técnicas, asegurando la sostenibilidad de las mejoras logradas en el proceso.

Herramientas del DMAIC

Critical To Quality (CTQ): esta herramienta se relaciona con características esenciales de calidad en un producto o

servicio, cruciales para satisfacer las expectativas del consumidor [11]. Identificar estas métricas críticas implica comprender las demandas del cliente.

SIPOC: es una herramienta que identifica elementos clave en el entorno empresarial, como proveedores, insumos, procesos, resultados y consumidores [12]. Esto permite rastrear intercambios de información y transformaciones desde proveedores hasta clientes.

Takt time: es el ritmo al que un cliente compra un producto o servicio [13]. La fórmula es: $Takt\ time = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda requerida}}$.

Tiempo de ciclo: es el lapso promedio entre entregas sucesivas o la duración para finalizar un proceso [14]. La fórmula es: $\text{Tiempo de ciclo} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Unidades producidas}}$.

Matriz de priorización: tiene como función principal respaldar la toma de decisiones al clasificar y ordenar elementos según factores de evaluación establecidos [15].

Diagrama de Ishikawa: el gráfico espina del pez, representa la relación entre un efecto y las posibles causas que lo generan. Esta técnica sirve para organizar y analizar factores que contribuyen a un efecto no deseado [16].

Diagrama de Pareto: El diagrama de Pareto, conforme a la Ref. [17], se fundamenta en la noción de que algunos elementos de un conjunto poseen mayor relevancia que otros. Esta premisa afirma que el 80% de la riqueza reside en un reducido porcentaje, mientras el restante 20% se distribuye en la población restante.

5S: en la Ref. [8], las 5S garantiza la organización y limpieza sistemática en los espacios de trabajo. Su objetivo principal radica en disminuir el tiempo requerido para llevar a cabo tareas, evitando búsquedas, retrasos y errores causados por la falta de estructura y orden en el entorno laboral.

Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF): es una herramienta eficaz para identificar posibles defectos en productos y procesos, evaluando las razones, impactos y métodos de detección [10]. Su finalidad es prevenir la aparición de fallos y establecer medidas preventivas.

Hojas de control: las hojas de control son una forma eficaz de recopilar información. Las hojas de control constituyen un medio visual para recolectar datos específicos relacionados con la evaluación deseada [18].

IV. METODOLOGÍA

Enfoque: se recopiló información textual y verbal para un análisis profundo de las variables, seguido de su control, lo que implica un enfoque mixto. El proceso inició con la definición del problema. Posteriormente, se recolectó

información que se analizó minuciosamente y se interpretaron los resultados obtenidos.

Diseño metodológico: la investigación adopta un diseño exploratorio secuencial, que combina datos cualitativos y cuantitativos. Se recolectó información al inicio para su análisis posterior en el desarrollo del estudio. Además, las variables que se observaron en este estudio fueron:

- Variable independiente: método DMAIC.
- Variable dependiente: productividad de la empresa.

Técnicas e instrumentos: En este estudio, se emplearon encuestas y entrevistas dirigidas al personal de la empresa, además de la observación de operaciones en términos numéricos.

Población y muestra: en la empresa productora de avíos metálicos, la población consta de 10 colaboradores, los cuales fueron parte de las entrevistas.

Modelo de trabajo: método DMAIC

En la Fig. 1 se presenta el modelo de trabajo que se siguió para el desarrollo del método DMAIC. La Fase 1 se refiere a temas generales relacionados con la empresa. En la Fase 2 se recolectaron y analizaron los datos obtenidos. En la Fase 3 se desarrolla el método DMAIC con los datos obtenidos y se plantean propuestas de mejora. En la Fase 4 se presentan las actividades que facilitarán el éxito de este estudio. En la Fase 5 se obtendría el propósito de esta investigación.

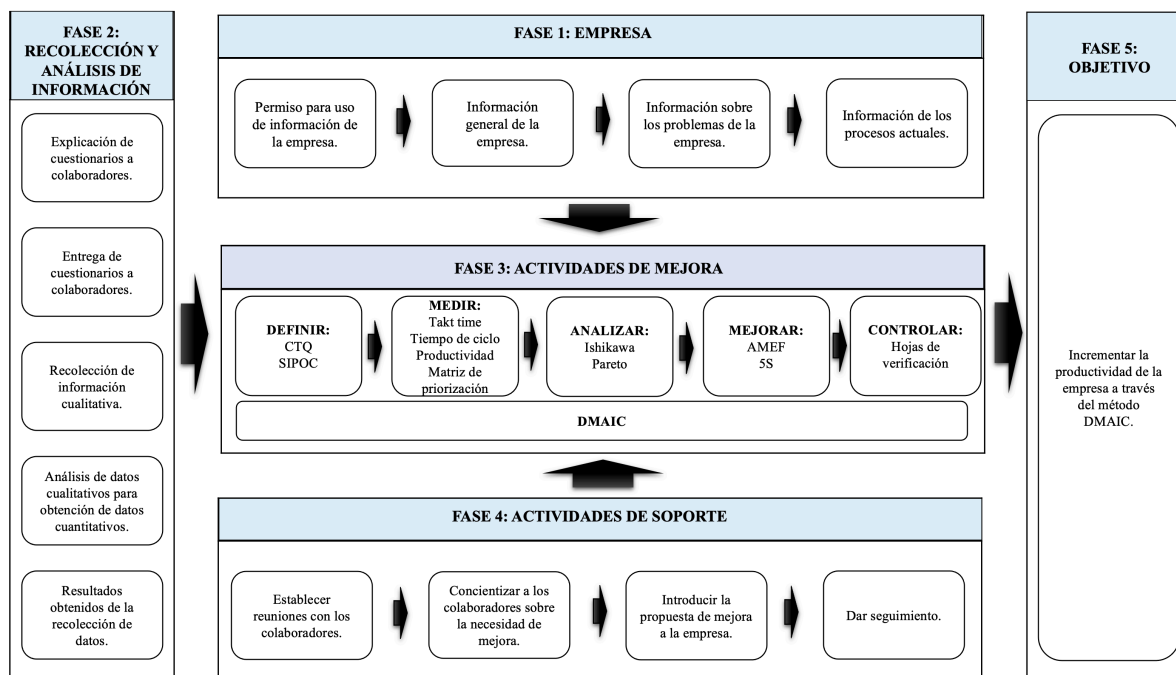


Fig. 1 Diagrama de Pareto

V. RESULTADOS

La empresa del sector metalmeccánico, con 10 años de experiencia en la fabricación de productos a base de Zamak, se especializa en etiquetas con bañado en níquel y dorado. Además, cuenta con 10 colaboradores que operan en diversos subprocesos. Se realizaron entrevistas y encuestas al administrador y colaboradores, revelando problemas de productividad como sobrecarga de trabajo, falta de difusión de especificaciones, control de calidad insuficiente y carencia de recursos materiales. Las encuestas resumen las preocupaciones de los colaboradores, incluyendo falta de organización, limpieza y capacidad subutilizada en la planta de avíos metálicos. En las encuestas realizadas a los colaboradores de opción múltiple, se destaca que coinciden

en que la baja productividad se debe a problemas como deficiente stock de materiales, carencia de especificaciones de procesos, falta de priorización de tareas, ausencia de estandarización de tiempos, falta de capacitación del personal, falta de mantenimiento de equipos y falta de orden y limpieza en el área de trabajo.

A continuación, se presenta el desarrollo del método DMAIC:

Definir

Critical To Quality: en la etapa de Definir se empleó la herramienta CTQ basada en cuestionarios a los colaboradores y entrevistas con el administrador.

Tiene tres partes: la necesidad crítica del cliente (aumentar la productividad), los conductores (organización,

procesos, calidad, comunicación y entrega) y los requerimientos específicos para resolver la baja productividad como la estructura organizacional, planificación, indicadores de calidad, liderazgo, estandarización de procesos, condiciones de trabajo, sobrecarga laboral, desarrollo de capacidades, flujo de información, canales de información, clima laboral, mantenimiento, organización de tareas y disponibilidad de recursos.

SIPOC: en el diagrama SIPOC obtenido de entrevistas y encuestas, se reconocieron los proveedores clave como Traelsa, Fundicar, Coniex y Enel, suministrando insumos para bañado, materia prima, moldes y electricidad. Se detallan entradas como maquinaria CNC, fundición centrífuga, vulcanizadora, tinas de bañado, y procesos como diseño, fundición Zamak, tamboreado, amarrado, pintado y empaquetado. Las salidas incluyen órdenes de pedido, etiquetas y datos para trabajadores y se identifican los clientes finales. La herramienta SIPOC revela el proceso general y posibles problemas en la producción.

Medir

Takt time: el tiempo ritmo teórico para la producción de etiquetas fue de 0.11 minutos por etiqueta, es decir 7 segundos, con el objetivo de cumplir con la demanda mensual de 105,000 etiquetas.

Tiempo de ciclo: el tiempo real que se demora la empresa en realizar una pieza sin considerar retrasos es de 10 segundos por pieza, superando el Takt time de 7 segundos por pieza.

Productividad observada: En la Tabla 1 se muestra la productividad observada para un pedido de 5000 etiquetas, se observa que la cantidad producida es mayor cuando no hay problemas en el proceso, pero, aun así, esta cantidad (357.57) es menor que la productividad teórica de 538.46 u/h-h.

TABLA 1
PRODUCTIVIDAD OBSERVADA

Lote	Tipos de problema	Tiempo empleado (h.)	Tiempo de ciclo (s.)	Productividad observada (u/h-h)
5000	-	13.98	10	357.57
5000	Bañado y pintado	21.22	15	235.66
5000	Pintado	15.07	11	331.86
5000	Bañado	20.13	14	248.34
Lote	Tiempo teórico (h.)	Takt Time (s.)	Productividad deseada (u/h-h)	
5000	9.29	7	538.46	

Matriz de priorización: se elaboró una matriz de priorización para evaluar los procesos de la empresa: Matricería, Moldeado, Fundición, Pulido y Secado, Acabado, y Empaquetado. Los valores de prioridad asignados fueron 1

(mayor), 0.5 (igual) y 0 (menor). Tras el análisis, se encontraron los siguientes puntajes: Matricería (1 punto), Moldeado (2.5 puntos), Fundición (3 puntos), Pulido y Secado (4 puntos), Acabado (4.5 puntos) y Empaquetado (0 puntos). Esto indica que el proceso de Acabado necesita mayor prioridad debido a su importancia y problemas de baja productividad, resaltando la necesidad de mejoras.

Analizar

Diagrama de Ishikawa: luego de identificar el área de trabajo crítica, se procedió a evaluar el problema de baja productividad en dicha área. El diagrama de Ishikawa fue empleado para la búsqueda de posibles causas de baja productividad en el área de Acabados. En este esquema se lograron determinar los elementos que se relacionan directamente con este problema. Con el análisis realizado, los resultados se enfocaron en la falta de estandarización de procesos, inadecuada estructura organizacional, falta de planificación, falta de capacitaciones, deficiente manejo de cantidades de insumos, deficiente manejo de tiempos de procesos de bañado y pintado, inadecuado ambiente donde se desarrollan los acabados, falta de experiencia de los colaboradores, falta de conocimiento de las herramientas que se manejan y los materiales que participan.

Diagrama de Pareto: a través de Pareto, se determinó que los principales problemas que contribuían a la baja productividad en el área de Acabados eran el inadecuado manejo del desengrase, el inadecuado manejo de tiempos en el proceso de pintado, el inadecuado manejo de tiempos en el bañado y los problemas de limpieza y orden. Cabe mencionar que, no se puede limitar a un solo defecto, ya que estos cuatro ítems representan porcentajes similares y cercanos al 20%.

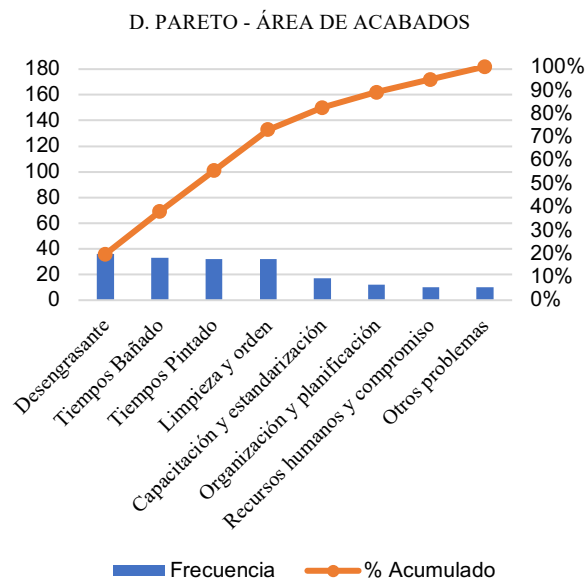


Fig. 2 Diagrama de Pareto

Mejora

Se realizó una evaluación previa que se muestra en las siguientes líneas:

5S: después de observar que la limpieza y el orden son considerados un problema crítico, se optó por las 5S. Se realizó una auditoría de las 5S, cuyos resultados se refleja en la Tabla 2. Desafortunadamente, se observó que el porcentaje real de cumplimiento de las 5S en el área de Acabados, donde se realizan los procesos de amarrado, bañado y pintado, era del 39 % sobre un 100 % esperado.

TABLA 2
RESULTADOS DE AUDITORÍA 5S

Tabla de resultados de las 5's				
Factores	Puntuación total	Puntuación máxima	% real	% ideal
Clasificación	40	90	13%	29%
Orden	41	85	13%	27%
Limpieza	26	70	8%	22%
Estandarización	9	35	3%	11%
Disciplina	7	35	2%	11%
Total		315	39%	100%

AMEF:

En la Tabla 3 se expone el AMEF del proceso de bañado, como se puede apreciar, las operaciones con un mayor IPR apuntan a la cantidad de desengrasante que se debería utilizar, tiempo de proceso de desengrase y los tiempos de bañados de cobre viejo, cobre brillante y níquel.

TABLA 3
EVALUACIÓN AMEF – PROCESO DE BAÑADO
ANÁLISIS DE MODO DE EFECTOS Y FALLAS (AMEF)

Descripción	Operación o Función	Modos de Falla Potenciales	IPR
Proceso de bañado	Amarrar 15 etiquetas en alambre de cobre.	Amarrar más de 15 etiquetas.	200
	Sujetar los alambres en las gancheras.	Colocar demasiados alambres.	120
	Lijar barra de cobre donde se colocan las gancheras.	No lijar o lijar mal.	105
	Revisar cantidad de desengrasante en la tina de bañado.	Insuficiente desengrasante.	450
	Colocar gancheras en barra de cobre.	Colocar las gancheras juntas.	120
	Sumergir etiquetas en desengrasante.	Retirar antes de tiempo.	400
	Enjuagar etiquetas.	No realizar el enjuagado.	350
	Sumergir etiquetas en baño de cobre viejo.	Retirar antes de tiempo.	400
	Sumergir etiquetas en baño de cobre brillante	Retirar antes de tiempo.	400
	Sumergir etiquetas en baño de níquel	Retirar antes de tiempo.	400

En la Tabla 4, las operaciones con un mayor IPR se dirigen hacia los tiempos de secado de pintura de las etiquetas, los tiempos de tamborizado en agua y los tiempos de centrifugado de las etiquetas al final del proceso.

TABLA 4
EVALUACIÓN AMEF – PROCESO DE PINTADO
ANÁLISIS DE MODO DE EFECTOS Y FALLAS (AMEF)

Descripción	Operación o Función	Modos de Falla Potenciales	IPR
Proceso de pintado	Seleccionar color de pintura	Seleccionar color equivocado	150
	Revisar condición de pintura.	Utilizar pintura en malas condiciones.	150
	Revisar diámetro del orificio del frasco de pintura.	No revisar	210
	Ordenar las etiquetas en tabla de pintura	No ordenar adecuadamente y dejar espacios libres.	175
	Dejar secar la pintura de las etiquetas.	Poco tiempo de secado.	350
	Realizar tamborizado a etiquetas pintadas.	Retirar después de tiempo.	240
	Realizar secado y centrifugado a las etiquetas.	Retirar antes de tiempo.	300
		Retirar antes de tiempo de secado.	300
		Retirar después de tiempo.	300
		Retirar después de tiempo.	300

Propuesta de mejora – 5S

En primer lugar, se propone llevar a cabo la etapa de clasificación, la cual consiste en revisar exhaustivamente los elementos presentes en el área de Acabados. Se identificarán aquellos que sean innecesarios y se tomarán medidas para eliminarlos o reubicarlos de manera adecuada. Esta clasificación ayudará a liberar espacio y mejorar la accesibilidad a los elementos esenciales para los procesos de amarrado, bañado y pintado.

La segunda etapa se enfoca en el orden. Se establecerán sistemas de almacenamiento adecuados, asignando ubicaciones específicas para cada herramienta, material o equipo utilizado en el área de Acabados. Esto facilitará su localización y evitará pérdidas de tiempo en la búsqueda de los elementos necesarios.

La tercera etapa se centrará en la limpieza. Se implementarán rutinas y procedimientos de limpieza periódica en el área de Acabados, asegurando un entorno limpio y libre de residuos. Además, se promoverán prácticas de higiene personal entre los empleados para conservar un lugar de trabajo saludable.

En la cuarta etapa, la estandarización, se establecerán normas y procedimientos claros para las actividades del área de Acabados. Esto incluirá la definición de estándares de calidad, tiempos de ejecución y métodos de trabajo. La estandarización permitirá una mayor uniformidad en las

operaciones, lo que a su vez facilitará la preparación y el adiestramiento del personal, garantizando la consistencia en la ejecución de los procesos.

Por último, la quinta etapa, la disciplina, se establecerán mecanismos de seguimiento y control para garantizar el acatamiento de las acciones propuestas en cada una de las etapas anteriores. Esto incluirá la asignación de responsabilidades claras, la realización de auditorías regulares y el impulso de una cultura de mejora perdurable.

Propuesta de mejora – AMEF

Se propone establecer capacitaciones para que todos los colaboradores conozcan los procesos que se realizan en el área de acabados. Estas capacitaciones deben estar enfocadas en indicaciones específicas como el manipuleo de las gancheras, las cantidades de etiquetas por gancho, la profundidad de las etiquetas en el desengrasante, cantidades de desengrasante en la tina, las condiciones de las barras de cobre, los tiempos de bañado en el desengrasante, cobre viejo, cobre brillante y níquel. En la Tabla 5 se presentan recomendaciones métricas para dar solución a los problemas en el proceso de bañado, los cuales recaen en capacitaciones y tiempos establecidos. De realizarse dichas recomendaciones, los puntajes de ocurrencia disminuyen a 1, dando como resultado un IPR menor a 100, lo que indica que el proceso no se encuentra en riesgo.

TABLA 5
PROPUESTA DE MEJORA – PROCESO DE BAÑADO

ANÁLISIS DE MODO DE EFECTOS Y FALLAS (AMEF)		Resultados propuestos			
Descripción	Acciones Recomendadas	S	O	D	IPR
		Proceso de bañado	Capacitaciones. Solo amarrar 15 etiquetas por alambre.	8	1
Capacitaciones. Solo colocar 1 alambre por ganchera.	8		1	5	40
Capacitaciones. Mantener la barra de cobre limpia.	7		1	5	35
Capacitaciones. Verificar las condiciones y cantidad del desengrasante.	10		1	5	50
Capacitaciones. Mantener las gancheras separadas en la barra.	8		1	5	40
Capacitaciones. Revisar que las etiquetas no toquen la superficie de la tina.	10		1	5	50
Capacitaciones. Enjuagar etiquetas por 30 segundos.	10		1	5	50
Capacitaciones. Sumergir etiquetas por 15 minutos.	10		1	5	50
Capacitaciones. Sumergir etiquetas por 10 minutos.	10		1	5	50
Capacitaciones. Sumergir etiquetas por 5 minutos.	10		1	5	50

Por otro lado, para el proceso de pintado, en la Tabla 6, se propone, igualmente, realizar capacitaciones al personal para que cumplan las tareas de pintado de la mejor manera posible. Además, se plantea que se establezcan mecanismos de selección y revisión de pintura. También, se establecerán hábitos de control de calidad de los potes de pintura para que se reemplacen cuando el diámetro del orificio esté a punto de malograrse y así evitar el derrame de insumos. De igual forma, se establecerán normas de armado de etiquetas en las tablas de pintura y los tiempos necesarios de secado tamborizado y centrifugado de las etiquetas pintadas. Dichas indicaciones para cada modo de falla se pueden visualizar en el plan de mejora de AMEF. De llevarse a cabo la implementación, el IPR se mantendrá bajo control y el proceso de pintado no sufrirá ningún reproceso.

TABLA 6
PROPUESTA DE MEJORA – PROCESO DE PINTADO

Z		Resultados propuestos			
Descripción	Acciones Recomendadas	S	O	D	IPR
		Proceso de pintado	Capacitar al personal referente al procedimiento de pintado.	10	1
Capacitaciones. Revisar condición de pintura.	10		1	5	50
Capacitaciones. Revisar diámetro de frasco.	7		1	5	35
Capacitar al personal referente al procedimiento de pintado.	7		1	5	35
Capacitaciones. Permitir un tiempo de secado de 10 minutos.	10		1	5	50
Capacitaciones. Tamborizar por 5 minutos.	8		1	5	40
	10		1	5	50
Capacitaciones. Centrifugar/ secar por 7 minutos	10		1	5	50

En resumen, la proposición de mejora basada en las 5S y AMEF tiene como objetivo establecer un entorno de trabajo organizado, limpio y eficiente. A través de la implementación de estas mejoras, se busca mejorar la productividad, la calidad y el bienestar general en el área de Acabados. Esta propuesta representa un enfoque integral para abordar los problemas identificados y contribuir al crecimiento y éxito de la empresa.

Controlar

Hojas de verificación: las hojas de verificación se han realizado con la finalidad de registrar el progreso de las mejoras implementadas y dar un seguimiento. Se presentan 3 hojas de verificación según los defectos identificados en el Pareto y considerando las auditorías realizadas. En la Tabla 7 se encuentra la hoja de verificación para auditar de manera rápida el método de las 5S, la cual deberá ser utilizada

semanalmente. Se exhibe en la Tabla 8 la Hoja de Verificación para el proceso crítico de bañado que deberá ser utilizada cada vez que se realiza el proceso y esta tarea será ejecutada por el actual administrador de la empresa. Esta hoja de verificación está conformada por preguntas específicas relacionadas al proceso de bañado desde que se inicia hasta que culmina; además, deberán cumplirse los tiempos definidos. De la misma forma, en la Tabla 9 se puede visualizar la hoja de verificación diseñada para el control del proceso de pintado, que contiene las mismas indicaciones que la hoja de verificación del proceso de bañado. En resumen, de cumplirse con todas las indicaciones propuestas, los porcentajes serán del 100 % como se presenta en la Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 9 a modo de ejemplo.

Tabla 7
HOJA DE VERIFICACIÓN PARA 5S

Hoja de verificación de la aplicación de las 5S	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Fecha de inicio:						
Asignado a: Administrador						
	1	2	3	4	5	6
No se dejan ni almacenan elementos innecesarios en el lugar de trabajo.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los artículos rotos, inutilizables o usados ocasionalmente se encuentran en un lugar definido.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Existen estándares para eliminar artículos innecesarios y se están siguiendo.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los equipos que se encuentran en el área de trabajo son usados regularmente.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Las ubicaciones de las herramientas y equipos están libres de obstrucciones.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Las ubicaciones de los materiales y productos están libres de obstrucciones.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La empresa ha normalizado las ubicaciones de cada elemento dentro de la empresa.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se monitorea el inventario.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los estantes y gabinetes se mantienen limpios.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pisos, paredes, equipos, máquinas y herramientas se encuentran en óptimas condiciones y libres de residuos y polvo.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los insumos, materiales y productos se conservan limpios y ordenados.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Las luminarias son suficientes y están libres de suciedad y polvo.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Existe un buen movimiento de aire en las áreas de trabajo.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los elementos de limpieza se encuentran fácilmente.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Las tareas de limpieza están han sido establecidas y definidas; además, las siguen.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se construyen pizarras de información como canales de comunicación.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se presentan los caminos necesarios para mantener las tres primeras etapas de las 5S.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Todos los colaboradores tienen conocimiento de sus responsabilidades, además, en qué momento y en qué forma.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se realizan chequeos o evaluaciones periódicas utilizando hojas de verificación.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se muestran historias de éxito del empleo de las 5S, por ejemplo, el antes y después.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recompensas y reconocimientos son realizados.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabla 8
HOJA DE VERIFICACIÓN DEL PROCESO DE BAÑADO

Hoja de verificación	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Proceso: Bañado						
Fecha de inicio:						
Asignado a: Administrador						
	1	2	3	4	5	6
¿Se amarraron 15 etiquetas en cada alambre de cobre?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se colocó solo un alambre por ganchera?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se lijó la barra de cobre adecuadamente?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se revisó la cantidad de desengrasante en la tina de bañado?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se revisó que el desengrasante esté en óptimas condiciones, libre de suciedad?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se cambió el desengrasante si este estaba en malas condiciones?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se colocaron las gancheras separadas en la barra de cobre?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Las etiquetas estuvieron 2 minutos en el desengrasante?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se enjuagaron las etiquetas por 30 segundos después del desengrase?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿El bañado en cobre viejo duró 15 minutos?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se enjuagaron las etiquetas por 30 segundos después del bañado en cobre viejo?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿El bañado en cobre brillante duró 10 minutos?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se enjuagaron las etiquetas por 30 segundos después del bañado en cobre brillante?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿El bañado en níquel duró 5 minutos?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se enjuagaron las etiquetas por 30 segundos después del bañado en níquel?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se centrifugaron las etiquetas por 3 minutos?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabla 9
HOJA DE VERIFICACIÓN DEL PROCESO DE PINTADO

Hoja de verificación	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Proceso: Pintado						
Fecha de inicio:						
Asignado a: Administrador						
	1	2	3	4	5	6
¿Se seleccionó el color de pintura según las indicaciones?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se revisó la condición de la pintura a utilizar?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se revisó si el diámetro del orificio del frasco de pintura es adecuado?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se ordenaron las etiquetas en la tabla de pintura sin dejar espacios?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿El secado de pintura de etiquetas tuvo una duración de 10 minutos?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se realizó el tamborizado de etiquetas en un tiempo de 5 minutos ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se enjuagaron las etiquetas por 30 segundos después del tamborizado?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se realizó el secado de etiquetas por 7 minutos?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

VI. DISCUSIÓN

Investigaciones previas realizadas en las Ref. [3-7] han respaldado la efectividad del método DMAIC en la mejora de la productividad de las organizaciones. Basándose en estos antecedentes, este trabajo de investigación presenta una propuesta de mejora de procesos empleando el método DMAIC, con el objetivo de aumentar su productividad. En esta investigación, la población y la muestra coinciden debido a un número manejable de 10 colaboradores. A partir de ello, se obtuvo información cualitativa relevante para el desarrollo de las cinco etapas del método DMAIC. Es importante considerar que la obtención de datos cualitativos puede estar sujeta a falta de sinceridad o conciencia de los encuestados, lo que podría influir en los resultados.

En la etapa Definir de DMAIC se recurrió a la herramienta CTQ empleada por Ticona [4], para establecer requerimientos de calidad basados en tiempos de reparación existentes[4]. Sin embargo, debido a la carencia de registros en la empresa, todavía no se habían encontrado las causas principales de la baja productividad y ello no permitió establecer requerimientos críticos de calidad de forma numérica, sino más bien el establecimiento de requerimientos cualitativos para lograr incrementar la productividad de manera masiva. Además, se empleó SIPOC que, si bien algunos autores lo han utilizado para la etapa medir, en este trabajo se ha preferido utilizarlo en la etapa definir como fue realizado en la Ref. [7]. Además, en este estudio no se pudo efectuar el SIPOC del proceso crítico, pero fue útil para presentar todos los elementos que intervienen.

En la etapa Medir, se introdujeron herramientas adicionales que se consideraron fundamentales para el desarrollo de DMAIC. Estas herramientas son el Takt Time y el Tiempo de Ciclo, que al ser calculados se notó una diferencia de un poco más de 3 segundos por unidad producida. En la misma línea, se calculó la Productividad Observada, al igual que la implementación realizada en la Ref. [7]. No obstante, debido al limitado tiempo otorgado por la empresa, solo se pudo registrar la Productividad Observada por hora-hombre. La Productividad Observada máxima fue inferior a la productividad teórica por un total de 181 piezas, con lo que se probó que existe una baja productividad y una demanda insatisfecha. Por otro lado, en la Ref. [5] sugieren el uso de la Matriz de Priorización, aunque, en su estudio optaron por utilizar otra herramienta debido a la cantidad de datos numéricos[5]. No obstante, en el contexto de estudio fue más recomendado el uso de la Matriz, ya que esta permitió priorizar el área crítica que resultó ser de Acabados.

Posteriormente, en la etapa de Análisis, se utilizó la herramienta del diagrama de Ishikawa, al igual que en los estudios realizados por los autores de las Ref. [4-7]. La utilización de esta herramienta permitió ubicar rápidamente las posibles causas de la baja productividad, específicamente en el área de Acabados. Por otro lado, esta herramienta debe apoyarse de otras si lo que se busca es presentar resultados numéricos. Además, al tener varias posibles causas, la solución del problema puede ser difícil de manejar, puesto que todas las causas podrían parecer ser la raíz y esto genera confusión. Por tal motivo, se prefirió hacer uso del diagrama de Pareto, utilizada por Ahmed et al. [6] que les ayudó a encontrar los defectos que necesitaban ser priorizados.

Para la etapa mejorar de DMAIC, como antecedentes, los autores revisados en la literatura han utilizado herramientas que se ajustaron mejor a sus necesidades de mejora. Según el análisis de las causas de la productividad deficiente que radica en los procesos de Acabado, se percibió que uno de los problemas se centra en la limpieza y el orden; por ello, se requirió proponer un plan de mejora basado en la herramienta utilizada por Guimarey et al. [7], la cual fue 5S. No obstante, en contraposición a los autores que solo mencionaron las fases, en este estudio se ejecutó una evaluación previa de las 5S con la finalidad de establecer metas porcentuales. La auditoría facilitó el desarrollo de puntos que se deben mejorar en el área de Acabados. La implementación de las 5S en la empresa metalmecánica se considera clave para lograr incrementar la productividad. Sin embargo, las 5S puede ser afectada por la falta de compromiso de los miembros de la empresa, ya que estos pueden resistirse al cambio y entorpecer el proceso de disciplina. En cuanto a los procesos críticos de bañado y pintado, fue conveniente aprovechar la herramienta utilizada por Ahmed et al. [6], AMEF. Aunque estos autores emplearon esta herramienta para controlar las fallas potenciales en las máquinas, el AMEF propuesto contiene acciones recomendadas basadas en tiempos de bañado y pintado que deben cumplirse para que el Índice de Prioridad de Riesgo se mantenga menor a 100.

Por último, para la etapa controlar, se halló que las hojas de verificación son más apropiadas, ya que no presentan complejidad al momento de desarrollarse. Por eso, autores como de las Ref. [3,7] implementaron hojas de verificación para el control de sus procesos y de esa manera lograron disminuir costos. Para el control de procesos de bañado y pintado, se consideró oportuno producir hojas de verificación que muestren de manera visual cuánto han avanzado y de esa manera motivar al equipo a conseguir el 100 % en todas las tareas.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La revisión de la literatura respalda la relevancia del enfoque DMAIC en la identificación de las causas fundamentales de los problemas de productividad.

Se emplearon herramientas como CTQ, SIPOC, Takt time, Tiempo de Ciclo, Matriz de Priorización, diagrama de Ishikawa, Pareto, 5S, AMEF y Hojas de verificación.

En las etapas de Definir y Medir, se identificó al área de Acabados como la más crítica en el proceso productivo. Esta área engloba procesos como el bañado y pintado.

Se analizaron las causas de la baja productividad en el área de Acabados. El Ishikawa identificó elementos clave y el Diagrama de Pareto priorizó problemas con el desengrasante, tiempos de bañado, pintado, orden y limpieza.

Las auditorías a través de 5S y AMEF permitieron desarrollar mejores propuestas de mejora.

Se desarrolló la propuesta de mejora basada en el método DMAIC para elevar la productividad de la empresa metalmecánica.

El plan de mejora a través de las 5S tiene como objetivo optimizar la organización y productividad en el ambiente laboral, mejorando la eficiencia y calidad de las labores.

La herramienta AMEF se emplea para identificar, evaluar y controlar riesgos en los procesos clave de bañado y pintado, lo que posibilita la implementación de medidas preventivas y correctivas para asegurar la calidad de las etiquetas.

Recomendaciones

Es esencial fomentar la participación y compromiso de los miembros, para el uso efectivo de herramientas cualitativas como Ishikawa y Pareto. Se recomienda aplicar técnicas de comunicación efectiva, ofrecer capacitación, reconocer el trabajo y valorar las contribuciones de los colaboradores.

Después de implementar, supervisar y ajustar mejoras para evaluar su eficacia. También se aconseja mantener el AMEF actualizado para abordar nuevos problemas y garantizar la sostenibilidad.

La mejora de la productividad es un proceso continuo y se recomienda cultivar una cultura de mejora constante.

Se sugiere implementar un sistema de registro de datos numéricos desde el inicio, facilitando la aplicación de herramientas cuantitativas en investigaciones futuras.

REFERENCIAS

- [1] Instituto Nacional de Estadística e Informática, "Demografía empresarial en el Perú- Segundo Trimestre 2022", Accessed: Oct. 09, 2022. [Online]. Available: <https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/segundo-trimestre-demografia-empresarial-2022.pdf>
- [2] J. Benzaquen, "La ISO 9001 y la Administración de la Calidad Total en las Empresas Peruanas," *Universidad & Empresa*, vol. 20, no. 35, pp. 281–312, May 2018, doi: 10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.6056.
- [3] L. Navarro, D. Rivera, A. Tovar, and A. Chavez, "Defect study of Adidas Chimpunes sneakers using the DMAIC method Estudio de defecto de los tenis Chimpunes Adidas utilizando el método DMAIC," *Journal Industrial Engineering*, vol. 6, no. 17, pp. 1–7, 2022, doi: 10.35429/JIE.2022.17.6.1.7.
- [4] H. Ticona, "Aplicación de Lean Six Sigma para mejorar el subproceso de reparación de averías en enlaces de comunicaciones," *Industrial Data*, vol. 25, no. 1, pp. 205–228, Aug. 2022, doi: 10.15381/IDATA.V25I1.22194.
- [5] K. Ramos and D. Rodríguez, "Implementation of DMAIC in the snacks' manufacturing process," in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2022, pp. 1–7. doi: 10.18687/LACCEI2022.1.1.686.
- [6] T. Ahmed, G. Toki, R. Mia, J. Li, S. Islam, and M. Rishad, "Implementation of the Six Sigma Methodology for Reducing Fabric Defects on the Knitting Production Floor," *Industry. Textile & Leather Review*, vol. 5, pp. 223–239, 2022, doi: 10.31881/TLR.
- [7] F. Guimarey, L. Hernández, and M. Vasquez, "Mejora de la productividad empleando la metodología DMAIC," *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 8, no. 2, pp. 77–91, 2021, [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0002-2616-6653>.
- [8] J. Cruelles, *Ingeniería industrial: métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua*. Alfaomega, 2013.
- [9] Pérez Marqués, M. (2016). Control de calidad: Técnicas y herramientas. Alfaomega.
- [10] L. V. Socconini Pérez Gómez, *Lean Manufacturing: paso a paso*. Barcelona: Marge Books, 2019. [En Línea] Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/utpbiblio/117567?page=198>
- [11] J. A. Morales Macedo, "Aplicación de la metodología seis sigma, en la mejora del desempeño en el consumo de combustible de un vehículo," Repositorio Institucional de la Universidad Iberoamericana.
- [12] M. E. Delgado Montesinos, "Análisis y Propuesta de mejora de la productividad utilizando herramientas Lean Manufacturing en la Empresa PRENSMART SAC 2015," Repositorio de Tesis UCSM.
- [13] L. V. Socconini Pérez Gómez, *Lean Company: más allá de la manufactura*. Barcelona: Marge Books, 2019. [En Línea] Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/utpbiblio/117565?page=1>
- [14] J. P. García Sabater, "El tiempo y las operaciones," Repositorio UPV.
- [15] J. F. Vilar, F. Gómez, M. Tejero, *Las siete nuevas herramientas para la mejora de la calidad*. Fundación Confemetal, 1997.
- [16] "Mantenimiento Industrial - Gallara-Pontelli - Alpha CLOUD." <https://www.alphaeditorialcloud.com/reader/mantenimiento-industrial-pontelli?location=6> (accessed Apr. 10, 2023).
- [17] I. Gallará, D. Pontelli, *Mantenimiento Industrial*. Universitat, 2020.
- [18] R. Ginting, Wanli, and A. Fauzi Malik, "Crude Palm Oil Product Quality Control Using Seven Tools," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, May 2020. doi: 10.1088/1757-899X/851/1/01204