



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2024,
Volumen 8, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC PARA LA REDUCCIÓN DE SCRAP EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

**IMPLEMENTATION OF THE DMAIC METHODOLOGY FOR
SCRAP REDUCTION IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY**

Gilberto Ezequiel Villafranca Díaz de León
Instituto Tecnológico de Matamoros, México

Apolinar Zapata Reboloso
Instituto Tecnológico de Matamoros, México

Claudio Alejandro Alcalá Salinas
Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, México

José Javier Treviño Uribe
Instituto Tecnológico de Matamoros, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rm.v8i4.13445

Implementación de la Metodología DMAIC para la Reducción de Scrap en la Industria Automotriz

Gilberto Ezequiel Villafranca Díaz de León¹M22260831@matamoros.tecnm.mx<https://orcid.org/0009-0003-0804-4251>

Instituto Tecnológico de Matamoros

México

Apolinar Zapata Rebolosoapolinar.zr@matamoros.tecnm.mx<https://orcid.org/0000-0003-2590-8368>

Instituto Tecnológico de Matamoros

México

Claudio Alejandro Alcalá Salinasclaudio.as@matamoros.tecnm.mx<https://orcid.org/0000-0001-9441-7971>

Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria

México

José Javier Treviño Uribejose.tu@matamoros.tecnm.mx<https://orcid.org/0000-0002-3811-9379>

Instituto Tecnológico de Matamoros

México

RESUMEN

La presente investigación nos habla sobre un caso práctico en la industria automotriz donde se busca la reducción de scrap en una línea de producción. Se realizó una investigación para detectar el área de producción con mayores costos de scrap y después de identificar la razón de scrap que más aportaba rechazos, en este caso fue el modo de falla de forkbolt lento. Al conocer esta información el objetivo planteado fue disminuir al menos en un 50% el promedio mensual de los costos de scrap por la condición de forkbolt lento de los últimos 3 meses el cual fue de \$2313.57 dólares, para lograr este objetivo se utilizó la metodología DMAIC que mediante sus pasos estructurados se logra la percepción profunda del problema hasta la identificación de las causas para su eliminación, los pasos DMAIC utilizados son Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar donde a través de ellos y el uso de diferentes herramientas de calidad se procura la obtención de los resultados esperados. Al final de la implementación de la metodología se logró una reducción del promedio mensual del 73% terminando en \$609.10 dólares en los siguientes 3 meses después de las acciones correctivas.

Palabras clave: implementación, acciones, metodología DMAIC, resultados

¹ Autor principal.

Correspondencia: M22260831@matamoros.tecnm.mx

Implementation of the DMAIC Methodology for Scrap Reduction in the Automotive Industry

ABSTRACT

This research tells us about a practical case in the automotive industry where the reduction of scrap in a production line is sought. An investigation was carried out to detect the production area with the highest scrap costs and then to identify the scrap reason that contributed the most rejects, in this case it was the slow forkbolt failure mode. Upon knowing this information, the stated objective was to reduce by at least 50% the monthly average of scrap costs due to the slow forkbolt condition of the last 3 months, which was \$2313.57 dollars. To achieve this objective, the DMAIC methodology was used, which through its structured steps achieves a deep perception of the problem until the causes are identified for its elimination. The DMAIC steps used are Define, Measure, Analyze, Improve and Control, where through them and the use of different tools, the expected results are obtained. At the end of the implementation of the methodology, a reduction of the monthly average of 73% was achieved, ending at \$609.10 dollars in the following 3 months after the corrective actions.

Keywords: implementation, actions, DMAIC methodology, results

*Artículo recibido 10 julio 2024
Aceptado para publicación: 15 agosto 2024*



INTRODUCCIÓN

Como parte de la estrategia para la reducción del scrap de la planta, se seleccionó un área de producción la cual durante el año el scrap de esta área represento más del 25% del costo total de scrap producido en toda la planta. En producción, el scrap es algo que no cumple con los requisitos del cliente final, incluso interviene la maquinaria que no moldea la pieza de acuerdo con los parámetros o especificaciones, además de suministros o materia prima que sufrió algún daño y ya no es apta para su uso en producción. (UTLEON, 2020, párr.9). El objetivo general es disminuir en al menos un 50% el promedio diario de costos de scrap por la condición de forkbolt lento tomando en consideración los meses de agosto, septiembre y octubre del 2023 utilizando la metodología DMAIC que proviene de su acrónimo en inglés de las etapas de Define, Measure, Analyze, Improve y Control.

La pasos y la estructura utilizada en el proceso DMAIC proviene a su vez de la metodología Six Sigma desarrollado originalmente por Motorola en los años 80, según lo que menciona Carro y González (2012) Six Sigma “es una estrategia para el aumento de la competitividad a través de la mejora continua de la calidad, con énfasis en la aplicación de herramientas estadísticas para la eliminación de defectos” (pág. 20).

Según sus objetivos, los proyectos de mejora Six Sigma se pueden clasificar en proyectos de mejora de procesos denominados DMAIC, y proyectos para diseñar productos o servicios que alcancen niveles de calidad Six Sigma (Ruiz, A. y Falcó, R. 2009. pág. 45). En este caso el problema a resolver es de un proceso de producción por lo tanto el proceso DMAIC es el correcto para este proyecto.

El aspecto disciplinario este estudio utilizara la metodología DMAIC para lograr la reducción de scrap, lo cual llevara a tener un precedente más y soporte para futuros proyectos en el que donde cualquier persona que tenga acceso a esta investigación pueda tomarla como referencia para la aplicación de esta en diferentes proyectos donde puede aplicar.

Por otra parte, la implementación de este proyecto también es de gran contribución para todos los participantes entendiendo que aportara conocimientos y experiencias para su desarrollo personal y profesional, lo anterior es indispensable para contar un capital humano con mayores habilidades en el proceso de solución de problemas utilizando esta metodología.



Estudios Anteriores

Existen estudios anteriores relacionados a la disminución de scrap o al uso de la metodología DMAIC como estructura para la solución de problemas específicos a continuación se presentaran dos de ellos.

Nombre de la Investigación 1: APLICACIÓN DE METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA LA REDUCCION DE SCRAP EN LA FABRICACION DE BUMPER AUTOMOTRIZ

Tipo: Tesina

Autores: Martha Angélica Acho Andrade, Sofía Linet Cervantes Serena, José Pablo López Núñez, Dulce Angélica Rangel León, Gabriel Reyes Rea.

Universidad: Instituto Politécnico Nacional.

Para obtener el título de: Ingeniero Industrial.

Lugar y fecha: Ciudad de México, 2019.

Objetivos:

1. Identificar las causas que generan la variabilidad en la fabricación del bumper automotriz por medio de las herramientas de la metodología Seis Sigma.
2. Analizar y generar la propuesta de solución a las causas raíces identificadas.
3. Implementar controles en el proceso de la fabricación del Bumper

Conclusiones: Por medio de la aplicación de la metodología Seis Sigma se encontraron las causas principales a los problemas que influyen en la cantidad de scrap que se genera en “Bumper Automotriz”, esto con ayuda de las herramientas y las fases a seguir, lo que ayudó a generar una buena planificación del proyecto. Se generaron propuestas de solución para cada una de las principales causas del problema identificado (Acho, M. Cervantes, S. Lopez, J. Rangel, D. & Reyes, G. 2019).

Nombre de la Investigación 2: REDUCCION DEL PORCENTAJE DE SCRAP AL 50% EN EL DEPARTAMENTO DE MOLDEO POR COMPRESION DE UNA EMPRESA FABRICANTE DE DISPOSITIVOS ELECTRICOS.

Tipo: MEMORIA DE DESEMPEÑO PROFESIONAL

Autores: Ignacio Lozano Contreras.

Universidad: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

Para obtener el título de: Ingeniero Mecánico Electricista.



Lugar y fecha: CUAUTITLAN IZCALLI, EDO DE MEXICO, 2006.

Objetivos:

1. Reducir el porcentaje de scrap de la placa 2132 en un 50% en el área de Moldeo por Compresión.

Conclusiones: La realidad superó las expectativas y el proyecto fue cerrado exitosamente con un porcentaje final de Scrap del 2.5% en la placa 2132. Además, este fue el primer proyecto concluido a nivel nacional, recibiendo el total reconocimiento de la Compañía. (Lozano, I. 2006)

Hipótesis

La hipótesis general es la metodología DMAIC puede contribuir a disminuir al menos en un 50% el promedio mensual de los costos de scrap por la condición de forkbolt lento tomando en consideración los meses de agosto, septiembre y octubre del 2023, esto cuando se sigue cada etapa del proceso DMAIC de forma ordenada.

Lo anterior basado en que para Imagineer (2022) dentro de la metodología DMAIC “Cada etapa está pensada para seguir una secuencia lógica en la búsqueda de una mejora continua en un proceso determinado” (párr. 11).

La aseveración anterior nos indica que esta metodología es una de las adecuadas para lograr los objetivos descritos anteriormente.

También se contemplan hipótesis secundarias, las cuales son las siguientes:

1. Se cree que al reducir los costos de scrap en la razón de scrap de forkbolt lento se ayudara a disminuir el scrap general de la línea de GEN
2. Se cree que al producir menor cantidad de piezas no conformes en las líneas de producción se tiene menor riesgo de enviar alguna de ellas al cliente y se podrá mantener los PPMS de cliente en 0 por quejas relacionas a la razón de scrap seleccionada.

Fases de la metodología DMAIC

Existen 5 fases que se deben de desarrollar para llevar de forma correcta el proceso DMAIC las cuales por sus siglas en ingles son:



Figura 1: Fases del proceso DMAIC.



Fuente: Proceso DMAIC (DigiLEAN, 2024)

Fase Definir

De acuerdo con (RAE, 2023) definir es “fijar con claridad, exactitud y precisión el significado de una palabra o la naturaleza de una persona o cosa”. Este es el primer paso de la metodología DMAIC una vez que ya está seleccionado el proyecto en el que se quiere trabajar, la intención de este paso es clarificar los objetivos y mejorar la comprensión del potencial del proyecto. Otro de los objetivos es lograr una presentación donde se defina el proyecto para ser presentado y en su caso obtener la aprobación para continuar con los siguientes pasos.

Para dar forma a este primer paso se pueden utilizar diferentes herramientas como lo son los árboles CTQ, el mapeo de procesos, los diagramas SIPOC o diagramas de flujo.

Fase Medir

El objetivo general de esta segunda fase es entender y cuantificar mejor la magnitud del problema o situación que se aborda con el proyecto. Por ello, se define el proceso a un nivel más detallado para entender el flujo del trabajo, los puntos de decisión y los detalles de su funcionamiento (Gutiérrez, H. 2010, pág. 291). Esta fase también nos sirve para medir las variables y condiciones a lo largo del proceso DMAIC que serán identificados y saber cuál es la contribución al mismo. Por otra parte, es necesario medir después de las mejoras o cambios realizados para saber si estas lograron los objetivos establecidos. Otro punto en este paso es determinar los métodos de medición más adecuados para las variables involucradas, así como la evaluación del sistema de medición para tener la confiabilidad de que trabajara correctamente, algunas herramientas y técnicas que podemos utilizar para el proceso de medición son el muestreo, el check list, el estudio de capacidad, los estudios gage R&R, métricos de calidad y manufactura como los PPMs y OEE.

Fase Analizar

Six sigma en español (2024) menciona que “en esta fase el grupo utilizará el análisis para aislar las causas de los errores que deben ser corregidos” (párr. 1). En otras palabras, podemos decir que entre los objetivos del paso Analizar tenemos el identificar todas las variables que tienen efecto en el proceso y determinar cuáles son los que tienen mayor impacto. Entre más y mejor información numérica tengamos sobre las entradas y salidas de nuestro proceso mejor será la comprensión de este, toda la información recopilada nos ayudará a identificar mejor las causas principales del problema.

Existen diversas herramientas que podemos utilizar para el análisis del problema en las cuales la información se puede representar de forma gráfica como lo es el diagrama causa y efecto, el diagrama de Pareto, Histograma y el diagrama de dispersión.

Fase Mejorar

Después de haber completado las 3 primeras fases de la metodología DMAIC, es tiempo para identificar, implementar y probar una solución (SPC Consulting Group, párr. 18). Algunos objetivos dentro del paso de Mejorar son el determinar las estrategias de mejora para el proceso, encontrar propuesta de mejora a partir del diseño de experimentos, analizar las propuestas en base de un análisis costo beneficio y por último elaborar un plan de mejora con las mejoras alternativas previamente identificadas. Una estrategia de mejora es en un enfoque sistemático para impactar las variables determinantes del proceso y seleccionar la mejor manera de encontrar una solución que mejore su funcionamiento.

En algunos casos es necesario utilizar herramientas Lean para ayudar a identificar las mejoras de cambio, algunas de estas son:

1. Mejorar el flujo del proceso
2. Estandarizar las actividades
3. Benchmarking
4. Análisis de Modo de Fallo y Efecto (AMEF)
5. Pruebas piloto
6. Simulación
7. Técnicas 5s
8. Diseño de experimentos



Una vez teniendo identificadas las acciones de mejora es importante tomar en cuenta otros puntos como lo son estimar los costos de implementación y estimar el beneficio neto. Esta información nos servirá para conocer el impacto de las acciones tomadas en referencia a la condición inicial del problema.

Fase Controlar

El último paso de la metodología DMAIC es Control cuyos objetivos principales son realizar las estrategias de mejora previamente establecidas de forma definitiva, diseñar un sistema de control de proceso y completar y cerrar por completo el informe de mejora. Se establecen las variables e indicadores que deben ser controlados para garantizar un funcionamiento eficiente de los procesos y la satisfacción de los clientes. Se establece el plan de acciones que deben ser tomadas para la mejora continua de los procesos (Garza, R. González, C. Rodríguez, E. & Hernández, C. 2016).

Después de la implementación de las actividades de mejora es importante crear controles para que las causas que fueron atacadas no se presenten nuevamente o si se presentan detectarlas a tiempo para disminuir en lo posible el impacto de estas.

Para lograr lo anterior es importantes crear un plan de control en el cual se documenten entre otras cosas, la variable a controlar, la especificación del producto o parámetro de proceso, el sistema de medición que se debe de utilizar para medirla, especificar como se debe de realizar la inspección o al menos hacer referencia al documento al cual se debe de acudir para saber cómo hacerlo y el plan de reacción en el caso de encontrar alguna no conformidad. Para completar este proceso se pueden implementar diversas herramientas como los son los errores proofing, los check list de inspección o auditorías de proceso y el control estadístico del proceso por medio de las gráficas de control, los cuales se documentan en los PFMEA y control plan.

Como puntos finales es de gran ayuda documentar cada uno de los pasos, estudios y acciones tomadas para tener una referencia futura en el caso de que exista una recurrencia poder partir desde el análisis de la información que ya se tenga, otra cuestión es buscar problemas iguales o similares en los cuales se puedan aplicar estas mismas acciones y obtener los mismos resultados.



METODOLOGÍA

Según la fuente de información

Documental: Porque como primera parte de la investigación se revisa la información ya existente como lo es el marco conceptual y las investigaciones ya realizadas por alguien más. Esta revisión de información previa ayuda a guiar el camino de esta investigación y enriquecerla con el punto de vista de los demás, así como con experiencias y conclusiones que ayudaron a cumplir con los objetivos propuestos.

También se consultará información previamente registrada en el software de gestión de la empresa para obtener información referente al scrap y poder analizarla.

De campo: Porque en base a la información analizada se investigará directamente en las líneas de producción de la empresa para determinar causas y soluciones.

Según las variables

Experimental: Porque se utilizarán diferentes herramientas y métodos como lo es el de prueba y error para ayudar a cumplir con el objetivo de esta investigación el cual es reducir la razón de scrap seleccionada en un 50%.

Según el nivel de medición y análisis de la información

Cuantitativa: Porque se manejará información numérica para la medición de los métricos de calidad.

Cualitativa: Porque se utilizarán criterios de calidad para determinar el cumplimiento de los productos analizados en base a requerimientos específicos.

Según su ubicación temporal

Trasversales: Porque al inicio de la investigación se tomará información histórica para ser evaluada.

Longitudinales: Porque durante el proceso de investigación se tomará información para evaluar el comportamiento y los resultados de las acciones tomadas y poder saber si fueron o no efectivas.

Según el objeto de estudio

Aplicada: Porque los objetivos descritos en esta investigación buscan resolver un problema practico mediante el uso del conocimiento existente.



Población

La población son las líneas de producción de una empresa del sector automotriz que fabrica cerraduras y reguladores de ventana, las muestras son cada una de las líneas de producción donde se aplicara la metodología DMAIC para la reducción de los costos de scrap

Instrumento de recolección de datos

El instrumento utilizado para la toma de los datos será el sistema PLEX el cual es un software del tipo Enterprise Resource Planning (ERP) que ayuda a tener el control de todos los movimientos en una empresa de manufactura, en este caso se utilizara para introducir los datos de las piezas rechazadas por turno y en tiempo real, lo cual ayuda a saber si se está teniendo una disminución o incremento del scrap de forma diaria.

Aplicación del instrumento

El ingreso de a información de piezas rechazadas está a cargo de los líderes de producción de cada línea, también participan los auditores de calidad para determinar cuál es la falla por la cual la tester rechazo la pieza y poder capturarla de acuerdo con la razón de rechazo correcta.

APLICACIÓN DE FASES DMAIC Y RESULTADOS FINALES

Despues de la implementacion de las 5 fases del proceso DMAIC en un el caso practico en la indsutria automotriz se detallaran de que forma se desarrollo y cuales fueron los resultados obtenidos al finalizar cada una de las etapas a continuacion.

Aplicación de Fase Definir

En esta fase se utilizo en diagrama SIPOC el cual según AE (2024) “es la representación gráfica de un proceso de gestión. Esta herramienta permite visualizar el proceso de manera sencilla, identificando a las partes implicadas en el mismo” (párr. 1). Con esta herramienta se entendio de mejor manera todos los aspectos del proceso de la linea de produccion en la cual se estaba teniendo el problema.



Tabla1: Diagrama SIPOC para el proceso de cerraduras

DIAGRAMA SIPOC PARA EL PROCESO DE FABRICACION DE CERRADURAS GEN 2				
Suppliers	Input	Process	Output	Customer
Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Cientes
¿Quién proporciona los insumos para cada paso del proceso?	¿Cuáles son los recursos y la información necesarios para completar cada paso?	Principales pasos del proceso involucrados con el proyecto.	¿Cuáles son los entregables de cada paso del proceso?	¿Quiénes reciben o se ven afectados por los entregables?
<p>Proveedores Internos dentro de la misma planta:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Proceso de Estampado 2. Proceso de finblankling 3. Proceso de tratamiento térmico 2. Proceso de Overmolding <p>Proveedores Internos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Proveedores de partes plásticas 2. Proveedores de resortes y componentes metálicos 3. Proveedores de grasa 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plan de producción 2. Banco de componentes 3. Mano de obra: operadores de producción, mecánicos, auditores de calidad 4. Energía eléctrica y neumática 5. Equipo de cómputo, impresoras y software de administración de la producción 	<p>LINEA FRAME:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Engrasado y carga de componentes a la línea 2. Proceso de pineado 1 3. Proceso de pineado 2 4. Proceso de pineado 3 5. Detección de presencia de componentes 6. Verificación de presencia de roscado 7. Descargar de componente a nivel frame <p>LINEA LATCH:</p> <ol style="list-style-type: none"> 8. Carga de componentes y descarga de latch terminado 9. Carga y ensamble de componentes 10. Engrasado de componentes 11. Proceso de pineado 1 12. Proceso de pineado 2 13. Ensamble automático de componentes y engrasado 14. Prueba funcional a nivel latch (Cerradura) 	<p>Subensamble latch que es la parte mecánica funcional de la cerradura automotriz cuya función principal es mantener la puerta del vehículo cerrada y abrirla mediante la manija exterior.</p>	<p>En este caso la parte afectada es la misma línea de latch debido a que el defecto de forkbolt lento es detectada por la estación de prueba funcional (error proofing). Esto impide que las piezas no conformes por la falla de forkbolt lento no lleguen a la línea final.</p>

Fuente: Elaboración propia

Como segunda herramienta en la etapa de definir se creó un marco de proyecto el cual se creó con base a la información existente así como los resultados del diagrama SIPOC y del análisis de costos actuales. Este tiene como objetivo plasmar esta información de una manera más clara y entendible para cualquier persona.



Tabla 2: Marco del proyecto inicial

ALTOS COSTOS DE SCRAP POR LA RAZON DE FORKBOLT LENTO				
Descripción del problema				
Se detecta un alto costo de scrap a nivel planta, haciendo una revisión se detecta que la línea con mayor contribución a este problema es la línea de GEN 2. En este caso se selecciona la razón de scrap con mayor costo de la línea de GEN 2 el cual es forkbolt lento.				
Justificación		Alcance		
De acuerdo con los datos del año fiscal 2023 la línea de GEN 2 contribuye al 25% del total de los costos de scrap lo cual nos indica que se debe trabajar en las causas para buscar una disminución de los costos en esta línea de producción.		En la línea de producción de las cerraduras de GEN 2 está dentro del alcance solo los subensambles de frame y latch debido que la condición de forkbolt lento se genera en estas dos líneas y es detectada en la estación funcional de la línea de latch. La línea final queda excluida.		
Clientes afectados		Patrocinadores		
En este caso la parte afectada es la misma línea de latch debido a que el defecto de forkbolt lento es detectada por la estación de prueba funcional (error proofing).		Gerente de Calidad: Celene Reyna Gerente de Producción: Juan Alvarez Gerente de Mantenimiento: Rene Moreno		
Métricos				
Métrica de Éxito	Actual	% Mejora	Meta	Unidades de Medida
Promedio mensual de los costos de scrap por la condición de forkbolt lento.	\$ 2313.27	50%	\$ 1156.63	Dólares
Meta		Miembros del Equipo		
Disminuir al menos en un 50% el promedio mensual de los costos de scrap por la condición de forkbolt lento tomando en consideración los meses de agosto, septiembre y octubre del 2023.		Supervisor General de Calidad: Ali Galvan Ingeniero de Calidad: Gilberto Villafranca Ingeniero de Calidad: Paloma Sifuentes Ingeniero de Calidad de Proveedores: Karla Campos Supervisor de Mantenimiento: Miguel Neyra Supervisor de Producción: Zacarias Piña Supervisor General de Herramientas: Saul Perales		
Plan Preliminar del Proyecto	Fecha Tentativa	Fecha de Realización		
Definir	5 de noviembre de 2023	3 de noviembre de 2023		
Medir	10 de noviembre de 2023			
Analizar	5 de diciembre de 2023			
Mejorar	20 de enero de 2024			
Controlar	30 de enero de 2024			

Fuente: Elaboración propia

Aplicación de Fase Medir

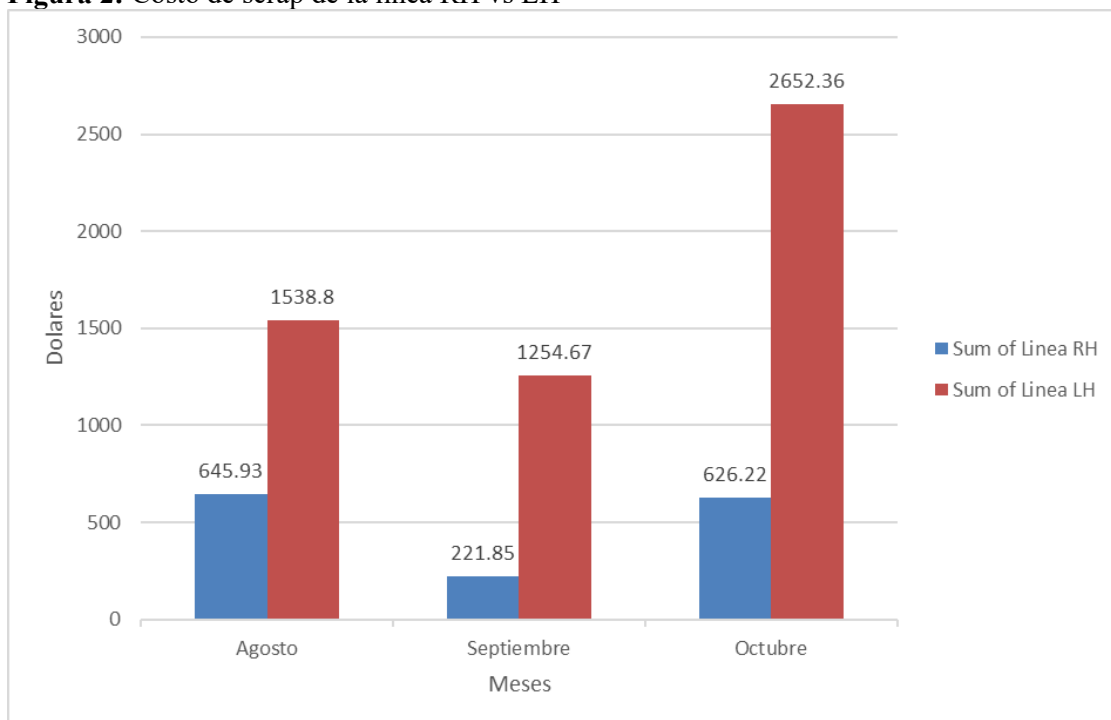
La primera actividad a realizar en esta etapa es validar el método de medición con el cual se determina una pieza no conform con la falla de forkbolt lento, en este caso el método es un tester funcional, de tal manera que se realizó una revisión de la efectividad de los resultados de esta prueba, en este caso se realiza una verificación diaria en la cual se revisa que el equipo esté trabajando correctamente, se concluye que el método que se está utilizando es el correcto.



En la fase medir es importante verificar los datos anteriores y ver si se pueden clasificar de diferente manera para tener un mejor panorama del problema. En este caso se optó por analizar los datos por línea de producción. La línea de GEN 2 latch se tiene dividido en la línea RH y la línea LH al analizar los datos se notó un mayor rechazo en la línea LH, como se puede ver en siguiente la gráfica.

Este nuevo análisis de datos nos lleva a tener una mejor idea de que herramienta se puede incluir en este proceso de resolución de problema que se base en los contrastes, esto con la finalidad de encontrar con mayor facilidad la causa raíz en la siguiente etapa.

Figura 2: Costo de scrap de la línea RH vs LH



Fuente: Elaboración propia

Aplica de Fase Analizar

Teniendo una amplia definición del problema y asegurándose mediante la fase de medición que las piezas están siendo evaluadas correctamente podemos iniciar la etapa de análisis, que tiene como objetivo encontrar las causas que provocan la no conformidad en las partes rechazadas por la prueba funcional, en esta etapa se utilizarán herramientas para encontrar la causa principal del problema de altos costos de scrap por la razón de forkbolt lento.

Tomando como referencia los datos del contraste en la etapa anterior entre la línea RH y la línea LH, se utilizará la herramienta ES NO ES primeramente para clarificar aún más las posibles diferencias entre

las líneas RH y LH que pueden estar provocando un mayor rechazo en la LH y posteriormente plantear posibles causas raíz.

Tabla 3: ES NO ES inicial

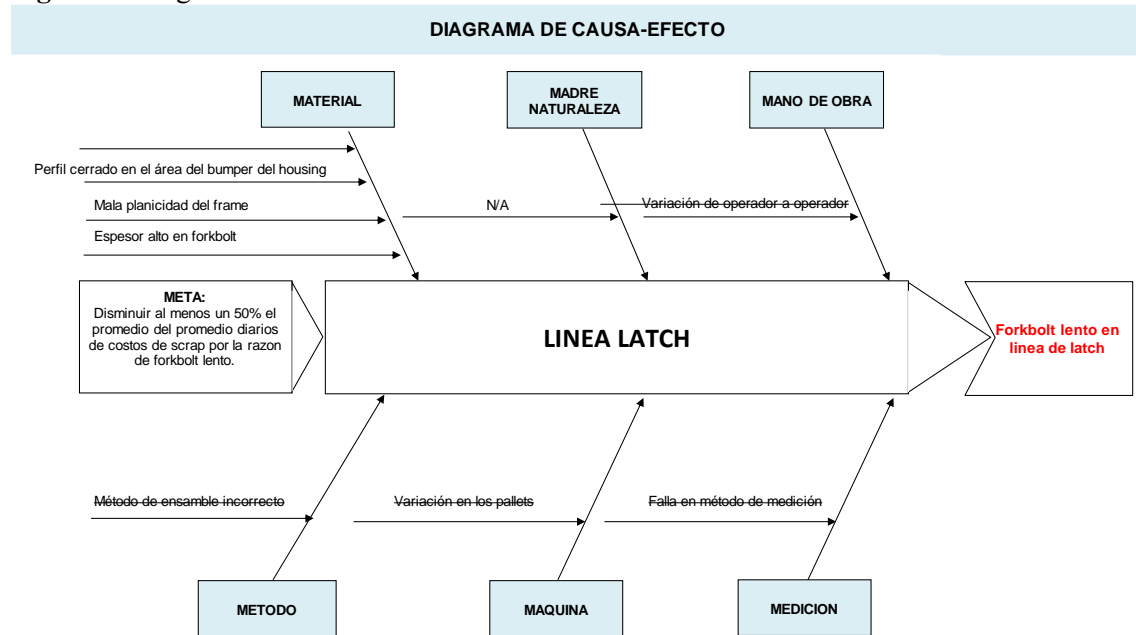
	ES Donde se encuentra el problema	NO ES Donde podría estar el problema, pero no esta
QUE	¿Qué objeto tiene el problema?	¿Que otro objeto podría tener el problema, pero no lo tiene?
	Door latches LH	Door latches RH
	¿Qué problema tiene el defecto?	¿Qué otros problemas podrían tener el objeto, pero no lo tiene?
	Alto rechazo de forkbolt lento	Alto rechazo de Forkbolt no abre Alto rechazo de forkbolt no cierra
DONDE	¿Dónde se encuentra el objeto con el problema?	¿Dónde podría observarse el objeto con el defecto, pero no se observa?
	Planta Inteva Linea LH	Planta Inteva Linea RH
	¿En qué parte del objeto se encuentra el problema?	¿En qué parte del objeto no se encuentra el problema, pero podría encontrarse?
	N/A	N/A
CUANDO	¿Cuándo se observó por primera vez el objeto con el problema?	¿Cuándo no se observó el objeto con el problema, pero pudo haberse observado?
	Agosto 2023	Agosto 2023
CUANTO	¿Cuántas piezas presentan el problema	¿Cuántas piezas pudieran presentar el problema, pero no lo tienen?
	2232 En los meses de agosto septiembre y octubre	372671 En los meses de agosto septiembre y octubre

Fuente: Elaboración propia

Después de este análisis se inicial se buscó generar causas potenciales median una tormenta de ideas, en este ejercicio participaron los miembros del equipo multidisciplinario que tiene la mayor experiencia en el proceso de producción de cerraduras.



Figura 3: Diagrama causa-efecto final



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 podemos observar cómo estas tres causas potenciales se integraron al formato de ES NO ES y fueron evaluadas de acuerdo con las preguntas del formato, en este caso la causa potencial número 3 “Espesor alto en forkbolt: fue rechazada (NO) en la pregunta uno debido a que el uso de este componente es compartido en ambas líneas y no sería un contribuyente para que el rechazo este en mayor proporción en la línea LH y no en la RH, no existe una justificación para pensar que esta causa potencial pudiera ser la causa raíz.

En cuanto a las primeras dos causas potenciales tenemos que de acuerdo con las respuestas en las preguntas lograron respuestas positivas (SI) en las primeras tres ocasiones y en las últimas dos una suposición (SUP), es decir que pudiera ser una respuesta afirmativa (SI), pero se necesita realizar una investigación adicional para llegar a tener una confirmación.

Tabla 4: ES NO ES con posibles causas raíz

ES	NO	ES	Posible	Causa raíz	#	1	Posible	Causa raíz	#	2	Posible	Causa raíz	#	3
Donde se encuentra el problema	Donde podría estar el problema, pero no esta	Perfil cerrado en el área del bumper del housing					Mala planicidad del frame				Espesor alto en forkbolt			
¿Qué objeto tiene el problema?	¿Que otro objeto podría tener el problema, pero no lo tiene?	Esta causa explica por qué se el problema se presenta en los door latches LH y no en los Door latches RH	SI	Esta causa explica por qué se el problema se presenta en los door latches LH y no en los Door latches RH	SI		Esta causa explica por qué se el problema se presenta en los door latches LH y no en los Door latches RH	NO			Esta causa explica por qué se el problema se presenta en los door latches LH y no en los Door latches RH	NO		
Door latches LH	Door latches RH	Si porque se utilizan housing RH y LH		Si porque se utilizan frames RH y LH			No porque el mismo forkbolt se utiliza para los door latches RH Y LH							
¿Qué problema tiene el defecto?	¿Qué otros problemas podrían tener el objeto, pero no lo tiene?	¿Esta causa explica por qué produce alto rechazo de forkbolt lento y no otros problemas?	SI	¿Esta causa explica por qué produce alto rechazo de forkbolt lento y no otros problemas?	SI		¿Esta causa explica por qué produce alto rechazo de forkbolt lento y no otros problemas?							
Alto rechazo de forkbolt lento	Alto rechazo de Forkbolt no abre Alto rechazo de forkbolt no cierra	Si porque no produce una obstrucción completa de la función		Si porque no produce una obstrucción completa de la función										
¿Dónde se encuentra el objeto con el problema?	¿Dónde podría observarse el objeto con el defecto, pero no se observa?	¿Esta causa explica por qué se el problema se presenta en la línea LH y no en la línea RH?	SI	¿Esta causa explica por qué se el problema se presenta en la línea LH y no en la línea RH?	SI		¿Esta causa explica por qué se el problema se presenta en la línea LH y no en la línea RH?							
Planta Inteva Línea LH	Planta Inteva Línea RH	Si porque se utilizan housing RH y LH		Si porque se utilizan frames RH y LH										
¿En qué parte del objeto se encuentra el problema?	¿En qué parte del objeto no se encuentra el problema, pero podría encontrarse?	N/A	N/A	N/A	N/A									
N/A	N/A													
¿Cuándo se observó por primera vez el objeto con el problema?	¿Cuándo no se observó el objeto con el problema, pero pudo haberse observado?	Esta causa explica por qué se empezó a presentar en agosto 2023 y no antes	SUP	Esta causa explica por qué se empezó a presentar en agosto 2023 y no antes	SUP		Esta causa explica por qué se empezó a presentar en agosto 2023 y no antes							
Agosto 2023	Antes de agosto 2023	Si porque en cada reciba de housing puede presentarse variaciones por causas especiales		Si porque en cada corrida de frame puede presentarse variaciones por causas especiales										



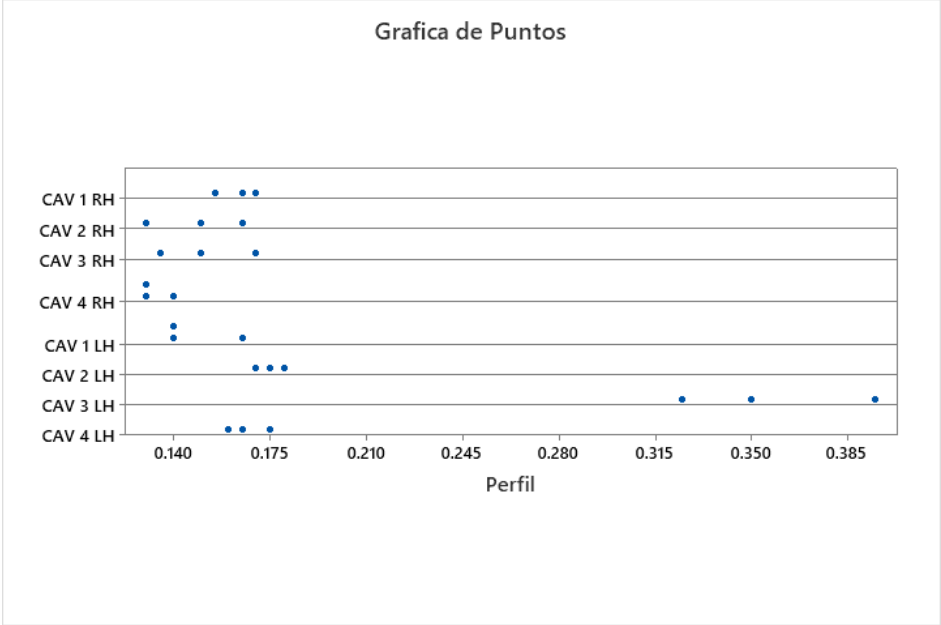
¿Cuántas piezas presentan el problema	¿Cuántas piezas pudieran presentar el problema, pero no lo tienen?	Esta causa explica por qué la falla se presenta en 550 piezas y no en 113305		Esta causa explica por qué la falla se presenta en 550 piezas y no en 113305	
2232 En los meses de agosto septiembre y octubre	372671 En los meses de agosto septiembre y octubre	Si porque puede existir variación por causas especiales de housing a housing en diferentes condiciones	SUP	Si porque puede existir variación por causas especiales de frame a frame en diferentes condiciones	SUP

Fuente: Elaboración propia



Después de un análisis para determinar cuál de las 2 causas potenciales es la causa raíz o el contribuidor principal se concluyó que la causa es el perfil cerrado en el área del bumper del housing, lo anterior se concluyó al observar que la mayoría de las partes rechazadas estaban construidas con housing LH de la cavidad 3. En la siguiente gráfica podemos observar la separación de datos existente entre la cav 3 LH contra el resto de las cavidades con respecto al perfil.

Figura 4: Gráfica de puntos del perfil por cavidades.



Fuente: Elaboración propia

Aplicación de Fase Mejorar

En objetivo de esta fase es realizar las acciones necesarias para que la condición del perfil cerrado como contribuidor principal que se identificó en el paso anterior sea eliminado y se logre el objetivo principal de este proyecto que son los altos rechazos.

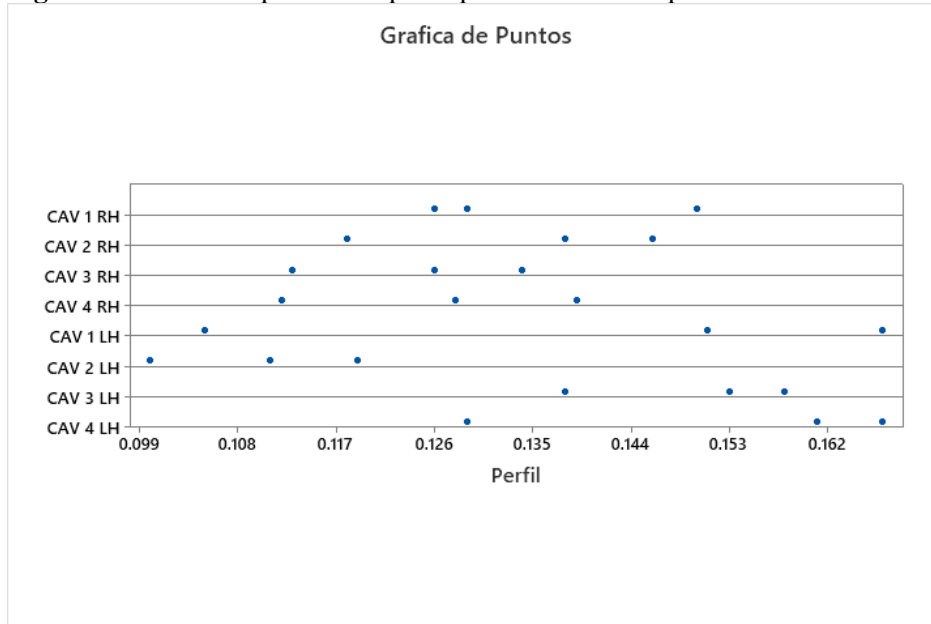
Como medida de contención se empezó a segregarse la cavidad 3 LH del housing en inspección de recibo, esto para que no llegue a la línea latch y no genere rechazos, esta actividad se realizó en el área de inspección de recibo, adicionalmente al ser este un componente de proveedor externo se realizó el reporte al proveedor para que realice las modificaciones necesarias en su proceso de producción cuyo objetivo es llevar la condición actual del perfil de la cavidad 3 LH a la condición del resto de las cavidades.

Después del reporte al proveedor este realizó una verificación y una mejora en sus parámetros de proceso para lograr una disminución en el perfil en el área del bumper del housing. En la siguiente gráfica de la



figura 15 podemos observar los nuevos resultados dimensiones del perfil después de las acciones correctivas del forkbolt, en este caso el comportamiento de la cavidad 3 LH se observa igual que el resto de las cavidades.

Figura 5: Grafica de puntos del perfil por cavidades después de las acciones correctivas del proveedor.



Fuente: Elaboración propia

Aplicación de Fase Controlar

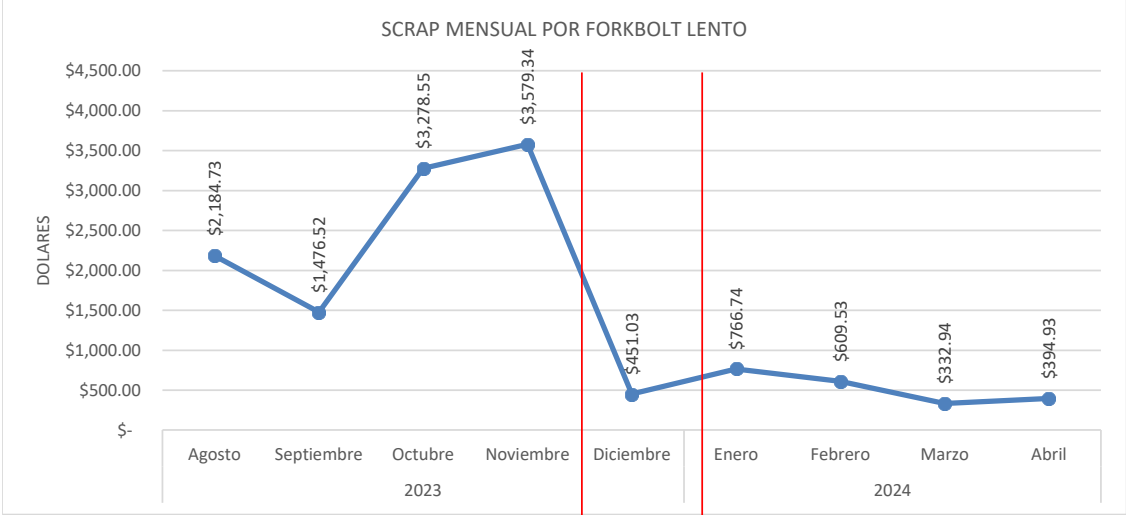
En la última etapa del proceso DMAIC tenemos que controlar, es decir crear controles para que el para el defecto no suceda o través o sea detectado a tiempo después de que ya sucedió, así como la evaluación de los resultados a un plazo de tiempo mayor.

El housing donde se presentó el problema de perfil cerrado se recibe de un proveedor por lo tanto este material llegue al área de incoming inspection, en este caso se agregó una auditoria mensual en la cual se tomará una pieza de cada cavidad y se someterán a medición del perfil, esta auditoria se documentó en el control plan el cual es de acuerdo con IEQFB (2024) “es un documento formal que describe los procedimientos y las actividades que se llevarán a cabo para garantizar que un producto o servicio cumpla con los requisitos de calidad” (párr. 2). De esta manera se estará monitoreando que los resultados del perfil están dentro de los parámetros esperado antes de enviarlo a la línea de producción.

Después de las acciones correctivas del proveedor y los controles en inspección de recibo se estuvo monitoreando los costos de scrap por forkbolt lento de los siguientes 4 meses, enero, febrero, marzo y

abril 2024, con el fin de visualizar la mejora en largo plazo, en la siguientes grafica podemos ver el desempeño de los costos de scrap antes y después de las acciones realizadas.

Figura 6: Grafica de comparación de costos de scrap mensuales entre antes y después de las acciones realizadas.



Fuente: Elaboración propia

04 de diciembre segregación de cavidad 3 LH	15 de enero cavidad 3 LH después de la mejora
---	---

Como paso final en la fase del proceso DMAIC se actualizo la en marco del proyecto en la tabla 5 con los resultados obtenidos y se agregaron las fechas del término de cada una de las fases del proceso.

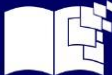


Tabla 5: Marco del proyecto final.

ALTOS COSTOS DE SCRAP POR LA RAZON DE FORKBOLT LENTO				
Descripción del problema				
Se detecta un alto costo de scrap a nivel planta, haciendo una revisión se detecta que la línea con mayor contribución a este problema es la línea de GEN 2. En este caso de selecciona la razón de scrap con mayor costo de la línea de GEN 2 el cual es forkbolt lento.				
Justificación			Alcance	
De acuerdo con los datos del año fiscal 2023 la línea de GEN 2 contribuye al 25% del total de los costos de scrap lo cual nos indica que se debe trabajar en las causas para buscar una disminución de los costos en esta línea de producción.			En la línea de producción de las cerraduras de GEN 2 está dentro del alcance solo los subensambles de frame y latch debido que la condición de forkbolt lento se genera en estas dos línea y es detectada en la estación funcional de la línea de latch. La línea final queda excluida.	
Clientes afectados			Patrocinadores	
En este caso la parte afectada es la misma línea de latch debido a que el defecto de forkbolt lento es detectada por la estación de prueba funcional (error proofing).			Gerente de Calidad: Celene Reyna Gerente de Producción: Juan Alvarez Gerente de Mantenimiento: Rene Moreno	
Métricos				
Métrica de Éxito	Actual	% Mejora	Meta	Unidades de Medida
Promedio mensual de los costos de scrap por la condición de forkbolt lento.	\$ 2313.27	50%	\$ 1156.63	Dólares
Meta			Miembros del Equipo	
Disminuir al menos en un 50% el promedio mensual de los costos de scrap por la condición de forkbolt lento tomando en consideración los meses de agosto, septiembre y octubre del 2023. META CUMPLIDA: Se disminuyo el promedio mensual de \$ 2313.27 dólares a \$ 609.10 dólares. Se redujo en un 73%.			Supervisor General de Calidad: Ali Galvan Ingeniero de Calidad: Gilberto Villafranca Ingeniero de Calidad: Paloma Sifuentes Ingeniero de Calidad de Proveedores: Karla Campos Supervisor de Mantenimiento: Miguel Neyra Supervisor de Producción: Zacarias Piña Supervisor General de Herramientas: Saul Perales	
Plan Preliminar del Proyecto	Fecha Tentativa	Fecha de Realización		
Definir	05 de noviembre de 2023	03 de noviembre de 2023		
Medir	10 de noviembre de 2023	10 de noviembre de 2023		
Analizar	05 de diciembre de 2023	04 de diciembre de 2023		
Mejorar	20 de enero de 2024	15 de enero de 2024		
Controlar	30 de abril de 2024	30 de abril de 2024		

Fuente: Elaboración propia

Resultados Finales

Como resultado para la hipótesis general es que la metodología DMAIC si puede contribuir a “disminuir al menos en un 50% el promedio mensual de los costos de scrap por la condición de forkbolt lento tomando en consideración los meses de agosto, septiembre y octubre del 2023”, el desarrollo sistemático de los pasos ayudo a encontrar el contribuidor principal para falla de forkbolt lento y gracias a esto se pudo iniciar con un proceso de contención mediante la segregación de la cavidad donde se presentaba la desviación, reduciendo los costos significativamente. Después de la implementación de las acciones



correctivas y monitorearon los resultados se encontró una disminución del 76% de scrap para el modo de falla ya mencionado.

CONCLUSIONES

Después de la aplicación de las 5 fases podemos concluir que el uso de la metodología DMAIC para la reducción de scrap es efectiva debido a que al realizar cada uno de los pasos de esta nos ayuda llevar desde un inicio la información de forma ordenada y clara haciendo hincapié en un correcto planteamiento del problema. Lo anterior es clave para iniciar con la búsqueda de las causas de problema e identificar el principal contribuidor del problema.

Este tipo de metodologías nos brindan un panorama más amplio en cada uno de los pasos desarrollados siempre y cuando se sigan al pie de la letra, lo que nos sirve para en el camino no olvidemos información importante que nos sirva para el proceso de toma de decisiones posterior.

En la industria automotriz debido a su dinamismo y sentido de urgencia en la solución de problemas en ocasiones no se siguen metodologías estructuradas al implementar proyectos o intentar solucionar problemas, estas prácticas en ocasiones nos dan indicadores erróneos, como lo son causas raíces incorrectas. Con la finalización de esta investigación y los resultados obtenidos nos damos cuenta de que el uso de metodología estructurada a pesar que en ocasiones sea más tardada siempre es mejor porque nos brindara resultados más efectivos y cumpliremos los objetivos de manera eficaz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

UTLEON. Universidad Tecnología de León. (30 de septiembre de 2020). Manejo de scrap para cumplimiento de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación.

Universidad Tecnológica de León.

http://reaxion.utleon.edu.mx/Art_Impr_Manejo_de_scrap_para_cumplimiento_de_la_Industria_Manufacturera_Maquiladora_y_de_Servicios_de_Exportacion.html.

Carro, R. y González, D. (2012). Administración de la Calidad Total. *Universidad Nacional de Mar de Plata*. https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1614/1/09_administracion_calidad.pdf

Ruiz, A. y Falcó, R. (Marzo 2009). INTRODUCCIÓN A 6 SIGMA. *Universidad Pontificia Comillas*.

<https://web.cortland.edu/matresearch/seissigma.pdf>



- Imagineer. (10 de mayo de 2022). DMAIC y otras herramientas Six Sigma para potenciar la mejora continua. <https://blog.imagineer.co/es/estrategia/dmaic/dmaic-y-otras-herramientas-six-sigma-para-potenciar-la-mejora-continua>.
- Acho, M. Cervantes, S. López, J. Rangel, D. & Reyes, G. (2019). Aplicación de la metodología Seis Sigma para la reducción de scrap en la fabricación de bumper. *Instituto Politécnico Nacional*. <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/27186>
- Lozano, I. (2006). Reducción del porcentaje de Scrap al 50% en el departamento de moldeo por compresión de una empresa fabricante de dispositivos eléctricos. *Universidad Nacional Autónoma de México*. https://repositorio.unam.mx/contenidos/reduccion-del-porcentaje-de-scrap-al-50-en-el-departamento-de-moldeo-por-compresion-de-una-empresa-fabricante-de-dispos-3457951?c=OpkwY2&d=false&q=*&i=3&v=1&t=search_1&as=1
- DigiLEAN (2024). An introduction to DMAIC. <https://www.digilean.com/introduction-to-dmaic/>
- RAE. Real Academia Española: Diccionario de la lengua española, 23.^a ed., [versión 23.7 en línea]. <https://dle.rae.es/definir>
- Gutiérrez, H. (2010). Calidad Total y Productividad. *Mc Graw Hill*. <https://server.clea.edu.mx/biblioteca/files/original/56cf64337c2fcc05d6a9120694e36d82.pdf>
- Sixsigmaespanol. (2024). Paso 3 DMAIC. <https://www.sixsigmaespanol.com/dmaic-step-three/>
- SPC Consulting Group. (29 de octubre de 2019). DMAIC “Las 5 fases para la mejora de los procesos”. <https://spcgroup.com.mx/dmaic-las-5-fases-para-la-mejora-de-los-procesos/#fases>
- Garza, R. González, C. Rodríguez, E. & Hernández, C. (diciembre de 2016). Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio. *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*. <https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/download/2337/1912/7214>
- AEC. (2024). Asociación Española para la calidad. Diagrama SIPOC. <https://www.aec.es/conocimiento/centro-del-conocimiento/diagrama-sipoc/>
- IEQFB. Instituto Europeo de Física, Química y Biología (03 de enero de 2024). ¿Qué es y cómo hacer un plan de control de calidad?. <https://ieqfb.com/como-hacer-plan-control-calidad/>