

INDUSTRIALIZACIÓN DE PROCESOS TEXTILES EN YUCATÁN ORIENTADOS A LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ CON SIX SIGMA

INDUSTRIALIZATION OF TEXTILE PROCESSES IN YUCATÁN ORIENTED TO THE AUTOMOTIVE INDUSTRY WITH SIX SIGMA

J. D. Carrera Pérez¹
V. Cruz Morales²

RESUMEN

Este estudio expone un proyecto aplicativo integrador de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Anáhuac Mayab, desarrollado dentro del Prácticum de Ingeniería Industrial. El proyecto surge en respuesta a la exigencia de disminuir la variabilidad en la calidad de los bordados industriales utilizados en la producción de autopartes textiles, alineando los procedimientos con los estándares de la industria automotriz. Se implementó el método DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), junto con la estructura de Six Sigma para la optimización de procesos y la minimización de defectos. La adopción de esta metodología facilitó la estandarización de procesos, la optimización del control de calidad y la disminución de la incidencia de defectos, lo que reforzó la competitividad del taller en el que se llevó a cabo este proyecto para el sector industrial. Este proyecto ofrece una oportunidad para la implementación de conocimientos teóricos en un entorno tangible, potenciando la capacitación del estudiante en metodologías de mejora continua, análisis de procesos y toma de decisiones fundamentadas en datos. A partir de estos descubrimientos, se corroboró que el futuro estudiante de ingeniería posee la habilidad para tratar problemas complejos en un contexto productivo a través del Aprendizaje Basado en Problemas.

ABSTRACT

This study presents an integrative application project for the Industrial Engineering program at Anáhuac Mayab University, developed within the Industrial Engineering Practicum program. The project arose in response to the need to reduce variability in the quality of industrial embroidery used in the production of textile auto parts, aligning procedures with automotive industry standards. The DMAIC method (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control) was implemented, along with the Six Sigma framework for process optimization and defect minimization. The adoption of this methodology facilitated process standardization, optimized quality control, and reduced the incidence of defects, which strengthened the competitiveness of the workshop where this project was carried out for the industrial sector. This project offers an opportunity to implement theoretical knowledge in a tangible environment, enhancing student training in continuous improvement methodologies, process analysis, and data-based decision-making. Based on these findings, it was confirmed that future engineering students possess the ability to address complex problems in a productive context through Problem-Based Learning.

ANTECEDENTES

El Prácticum de Ingeniería Industrial en la Universidad Anáhuac Mayab incentiva la implementación de los conocimientos adquiridos en escenarios prácticos, abordando situaciones industriales a través de instrumentos de ingeniería. Este estudio se centra en la optimización del proceso de bordado industrial para autopartes textiles, aplicando la metodología Six Sigma con el objetivo de mejorar la calidad y asegurar el cumplimiento de los estándares exigidos por la industria automovilística.

¹ Estudiante de décimo semestre de la carrera de Ingeniería Industrial para la Dirección. Universidad Anáhuac Mayab. 00287873@anahuac.mx

² Profesor de planta de la escuela de ingeniería de la Universidad Anáhuac Mayab. victor.cruz@anahuacmayab.mx

La expansión industrial en la región sureste de México ha propiciado oportunidades para la producción especializada. Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2023), la actividad económica de dicha región ha experimentado un incremento del 6%, estableciéndose como un nodo estratégico en las cadenas de suministro a nivel mundial. Este incremento ha estimulado la demanda de insumos altamente estandarizados, tales como los bordados textiles utilizados en la industria automotriz, una industria distinguida por sus rigurosos controles de calidad. Sin embargo, las organizaciones comerciales de menor escala enfrentan obstáculos para minimizar defectos y optimizar sus procesos de producción, elementos que determinan su competitividad en el ámbito empresarial.

Estudios previos han demostrado que la vinculación efectiva entre pequeñas empresas y la industria es un factor clave para su desarrollo, permitiéndoles acceder a nuevos mercados y mejorar su competitividad (Téllez, N. R., & Bautista, R. B., 2018).

Con el objetivo de abordar estas problemáticas, se ha implementado la metodología Six Sigma, utilizando el enfoque DMAIC como marco para la detección de causas fundamentales, la minimización de defectos y el incremento de la estabilidad del proceso productivo. Hernández y Mendoza (2018) subrayan que metodologías tales como Six Sigma facilitan la reducción de la variabilidad en la producción y aseguran estándares de calidad elevados mediante el estudio meticuloso de procesos y el control estadístico.

A fin de resumir, el problema a abordar en este proyecto radica en la significativa variabilidad en la calidad de los bordados industriales destinados a la producción de autopartes textiles, lo cual provoca defectos frecuentes en la tensión del hilo, la exactitud del diseño y la durabilidad del producto. Esta divergencia impacta en la competitividad del taller, comprometiendo su habilidad para satisfacer los estándares establecidos por la industria automotriz y limitando su incorporación en las cadenas de suministro a nivel mundial.

Este proyecto permite aplicar conocimientos adquiridos en diversas materias clave de la Ingeniería Industrial, como:

- Control Estadístico de Calidad (IND4303): Aplicación de herramientas estadísticas para monitoreo y reducción de defectos.
- Sistemas Integrados de Empresa (IND4306): Enfoque en la gestión y optimización de procesos productivos.
- Ingeniería de Métodos (IND2302): Análisis y mejora de tiempos y movimientos en la línea de producción.
- Mejora Continua (IND2310): Implementación de herramientas para la reducción de desperdicios y estandarización.
- Administración y Evaluación de Proyectos (IND3307): Gestión estructurada de la implementación de Six Sigma.

La implementación de estas áreas de estudio potencia las competencias en el análisis de datos, la optimización de procesos y la toma de decisiones estratégicas, garantizando que las mejoras sean sostenibles y replicables en la industria.

METODOLOGÍA

Este proyecto se fundamenta en la metodología Six Sigma, un enfoque estructurado y basado en datos que persigue la optimización de la calidad en procesos productivos mediante la minimización de defectos y la eliminación de variabilidad. La implementación ha demostrado su eficacia tanto en entidades corporativas de gran magnitud como en pequeñas empresas, lo que ha facilitado su integración en las cadenas de suministro a escala global (George, 2002).

El modelo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) fue implementado en el marco de Six Sigma, ofreciendo un esquema sistemático para el diagnóstico de problemas, la optimización de procesos y la garantía de mejoras sostenibles. Esta metodología fomenta la adaptación de prácticas óptimas en empresas de menor dimensión, fortaleciendo su vinculación con sectores industriales de relevancia estratégica.

En consecuencia, la metodología estudiada en la materia de Mejora Continua (IND2310) se implementará mediante la aplicación de la metodología DMAIC, la cual estructura el proceso de mejora en cinco fases. La primera de ellas, Definir, tiene como objetivo identificar el problema central del proceso productivo y establecer las metas específicas de optimización.

FASE DEFINIR

En esta etapa, se detectaron los principales desafíos del taller de bordado en Umán, con un énfasis particular en la calidad de los productos.

- Identificación de la problemática: El principal obstáculo identificado se encuentra en la elevada variabilidad en la calidad de los bordados, evidenciada en:
 - Alteraciones en la tensión del hilo, la exactitud del diseño y la durabilidad del material.
 - Una tasa de defectos del 16%, lo que se traduce en 740 piezas defectuosas diarias en un promedio de producción de 4,628 bordados.
 - Costos adicionales causados por los procesos de reprocesamiento y devoluciones, lo cual repercute en la colaboración con clientes internacionales.
- Objetivos del proyecto:
 - Disminuir la incidencia de defectos al 4%, lo que resultará en una mejora del 12%.
 - Optimizar la uniformidad en los parámetros técnicos, tales como la tensión del hilo y la exactitud del diseño.
 - Reforzar la satisfacción del cliente y garantizar la sostenibilidad de las relaciones comerciales.
- Alcance del proyecto:
 - Procedimientos incorporados: Operaciones de producción y postproducción de bordados en el taller de Umán.
 - Procesos excluidos: Otros talleres de la organización y métodos de producción que divergen del bordado.
- Herramientas empleadas en el proyecto:
 - Revisión documental: Análisis de reportes de calidad y devoluciones.
 - Diagrama SIPOC (Figura X): Mapeo del proceso productivo, desde insumos hasta la entrega final.

La Tabla 1 presenta una representación estructurada del proceso de bordado industrial mediante el Diagrama SIPOC, permitiendo identificar los principales actores involucrados

en la cadena productiva, desde los proveedores de insumos hasta los clientes finales. Esto facilita la detección de puntos críticos y oportunidades de mejora en la operación del taller.

Tabla 1. Diagrama SIPOC del proceso de bordado industrial.

Categoría	Detalles
Suppliers	Proveedores de hilos y materiales de bordado, diseñadores gráficos, proveedores de software especializado.
Inputs	Hilos de calidad, diseños digitales, configuraciones de máquinas, operarios capacitados, manuales técnicos.
Process	Preparación del diseño → Configuración de la máquina → Bordado → Verificación de calidad → Empaque y entrega
Outputs	Bordados terminados, con precisión y calidad técnica adecuada para cumplir los estándares internacionales.
Customers	Empresas del sector automotriz y manufactura de productos personalizados de alta calidad a nivel internacional.

La etapa de Medición del modelo DMAIC se fundamenta con los conocimientos adquiridos en la materia de Control Estadístico de la Calidad (IND4303), puesto que se analizaron diferentes técnicas de análisis de datos, lo que facilitó la recolección de datos esenciales para establecer una línea base de rendimiento, identificando y cuantificando los desafíos que comprometen la calidad del producto.

Datos recopilados

Se utilizó información obtenida a partir de los reportes internos de calidad y el análisis de datos del proceso productivo. Los siguientes resultados se analizaron:

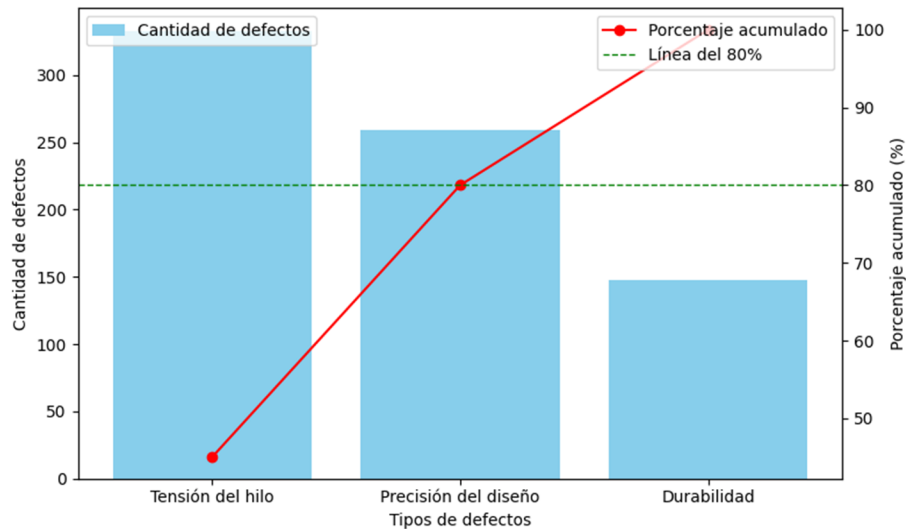
- Producción diaria promedio: El taller produce un estimado de 4,628 bordados por día.
- Tasa de defectos inicial: Aproximadamente el 16% de los bordados presentan defectos relacionados con:
 - Variabilidad en la tensión del hilo.
 - Desalineación en los diseños.
 - Problemas de durabilidad.
- Tipos de defectos más comunes:
 - Tensión inadecuada del hilo: 45% de los casos.
 - Precisión en los bordados (diseños incompletos o desalineados): 35%.
 - Deficiencia en durabilidad: 20%.

Métodos utilizados

1. Hojas de verificación: Diseñadas para registrar y categorizar los defectos por lote durante la postproducción. Cada defecto fue clasificado por su tipo y severidad.
2. Análisis de Pareto: Los defectos fueron ordenados por frecuencia, mostrando que los problemas de tensión del hilo y precisión en los diseños representan el 80% de los defectos totales, lo que indica áreas prioritarias para mejorar.

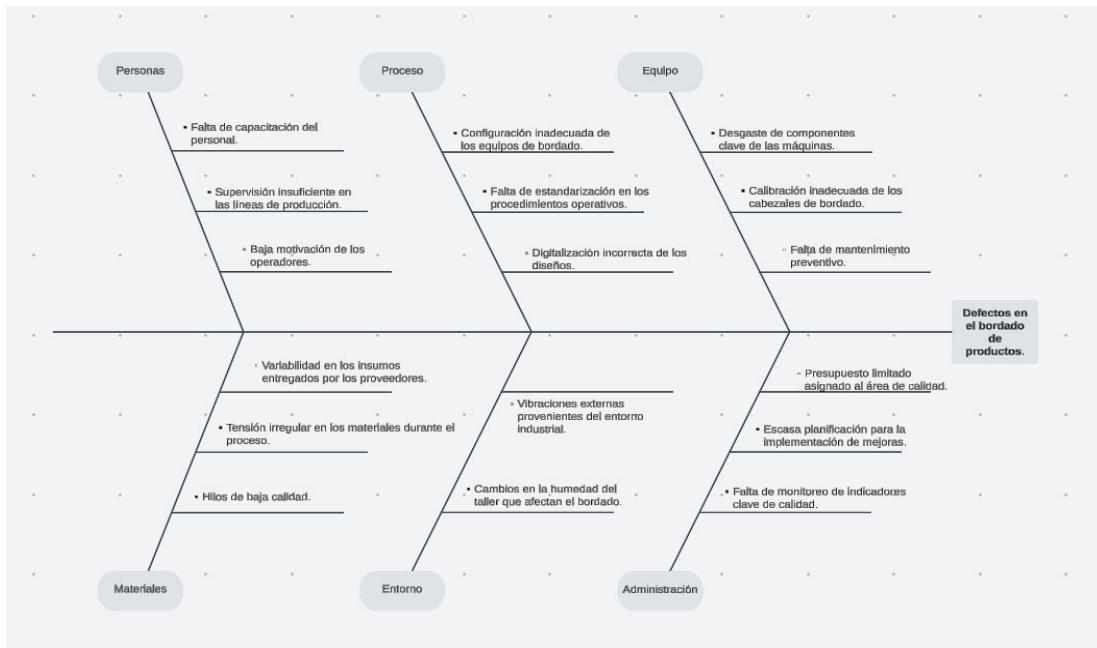
El análisis de Pareto, como lo encontramos en la Figura 1, es una herramienta esencial para priorizar las áreas de mejora, al mostrar cuáles defectos contribuyen más al problema general. En este caso, los problemas de tensión del hilo y precisión en los diseños representan el 80% de los defectos totales, lo que los convierte en prioridades inmediatas para el proyecto.

Figura 1. Análisis de Pareto – Defectos en bordados.



La etapa de Medir estableció los indicadores esenciales de calidad, facilitando el enfoque de esfuerzos en las problemáticas principales. La recolección y análisis de datos, aprendidos en el curso de Control Estadístico de Calidad (IND4303), posibilitaron la detección de defectos asociados con la tensión del hilo y la precisión del diseño. Durante la etapa de análisis, instrumentos tales como el Diagrama de Ishikawa y el Análisis de Pareto, implementados con conocimientos de Ingeniería de Métodos (IND2302), facilitaron la identificación de las causas fundamentales y la priorización de áreas de mejora, garantizando soluciones eficaces y sostenibles. En este sentido, el control estadístico de calidad resulta esencial en la optimización de procesos industriales, permitiendo la reducción de la variabilidad y la mejora del desempeño productivo (Montgomery, 2019).

Figura 2. Diagrama de Ishikawa.



El Diagrama de Ishikawa (Figura 2) fue aplicado con base en los conocimientos adquiridos en Ingeniería de Métodos (IND2302), permitiendo clasificar las principales causas de defectos en seis categorías: Individuos, procedimientos, equipo, materiales, entorno y gestión. Se identificaron factores críticos como la falta de capacitación, la variabilidad en insumos y el desgaste de maquinaria. Este análisis evidenció que los problemas afectan múltiples áreas del proceso, por lo que la fase de mejoramiento en el modelo DMAIC implementó soluciones enfocadas en optimizar recursos y mejorar la calidad del producto final. Estas acciones no solo redujeron defectos, sino que también fortalecieron la vinculación del taller con clientes internacionales y el sector industrial.

Desarrollo de las propuestas de mejora

- Capacitación continua del personal operativo
 - Se implementó un programa de formación trimestral enfocado en técnicas de bordado, mantenimiento básico de maquinaria y control de calidad, lo que redujo errores humanos y estandarizó la producción.
- Estandarización de procedimientos operativos
 - Se elaboraron manuales que definieron parámetros precisos en cada fase del proceso de bordado, disminuyendo la variabilidad y asegurando mayor uniformidad en los resultados.
- Mantenimiento preventivo
 - Se estableció un calendario mensual para la inspección, limpieza y calibración de las cabezas de bordado, lo que prolongó la vida útil de las máquinas y redujo defectos por fallas mecánicas.
- Control de calidad de materiales

- Se implementó un protocolo de inspección para verificar la calidad de los hilos y otros insumos antes de la producción, evitando defectos como roturas de hilos o bordados irregulares.
- Monitoreo del entorno laboral
- Se instalaron sensores para medir y regular la humedad y temperatura en el taller, minimizando defectos derivados de condiciones ambientales inestables.
- Supervisión y evaluación continua
- Se realizaron auditorías internas semanales para evaluar el desempeño de los operadores y revisar los productos terminados, lo que fortaleció la cultura de calidad.
- Digitalización del control de calidad
- Se integró un sistema digital para registrar incidencias, recopilar estadísticas y monitorear el rendimiento del taller en tiempo real, facilitando la toma de decisiones y la mejora continua.

Durante la etapa de Control, se implementaron estrategias de supervisión continua y evaluación de indicadores clave de rendimiento (KPI), aprendidos en la materia de Mejora Continua (IND2310) que serán expuestos a continuación, con el objetivo de asegurar la viabilidad de las mejoras implementadas en el proceso de bordado, evitando la reaparición de problemas y consolidando un estándar de calidad elevado. Diversos estudios han demostrado que el control sostenido de los procesos es esencial para la estabilidad operativa en pequeñas y medianas empresas, asegurando la optimización de los recursos y la reducción de defectos (Bohigues, 2015).

Indicadores clave de desempeño (KPI)

1. Defectos por millón de oportunidades (DPMO): Este indicador cuantifica los defectos detectados en relación con las oportunidades de error en una gran escala, proporcionando una visión detallada del nivel de calidad en el proceso.

$$\text{Fórmula: } DPMO = \left(\frac{\text{Defectos detectados}}{\text{Total de oportunidades de error}} \right) \times 1,000,000$$

- Metodología de medición:
 - Los defectos detectados corresponden a todas las incidencias registradas durante la inspección de un lote, mientras que el total de oportunidades de error se obtiene multiplicando el número de bordados inspeccionados por las posibles fallas que pueden presentarse en el proceso.
- 2. Porcentaje de bordados aceptados por lote: Este indicador evalúa la proporción de bordados que cumplen con los estándares de calidad en comparación con el total producido.

$$\text{Fórmula: } \text{Porcentaje de bordados aceptado} = \left(\frac{\text{Bordados aceptados}}{\text{Total de bordados producidos}} \right) \times 100$$

- Metodología de medición:

- Bordados aceptados: Los bordados aceptados se definen como aquellos que satisfacen los estándares de calidad establecidos, mientras que el total de bordados producidos simboliza la cantidad total de piezas finalizadas e inspeccionadas previamente.
- 3. Tiempo promedio de inspección por lote (min): Este indicador mide el tiempo invertido en la inspección de calidad para cada lote de bordados, asegurando un equilibrio entre productividad y detalle en la evaluación.

Fórmula: *Tiempo promedio de inspección por lote* = $\left(\frac{\text{Tiempo total de la inspección}}{\text{Número de lotes inspeccionados}} \right)$

- Metodología de medición:
 - El tiempo total de inspección corresponde a la suma del tiempo dedicado a revisar los bordados en todos los lotes, mientras que el número de lotes inspeccionados representa la cantidad de evaluaciones realizadas en un periodo determinado.

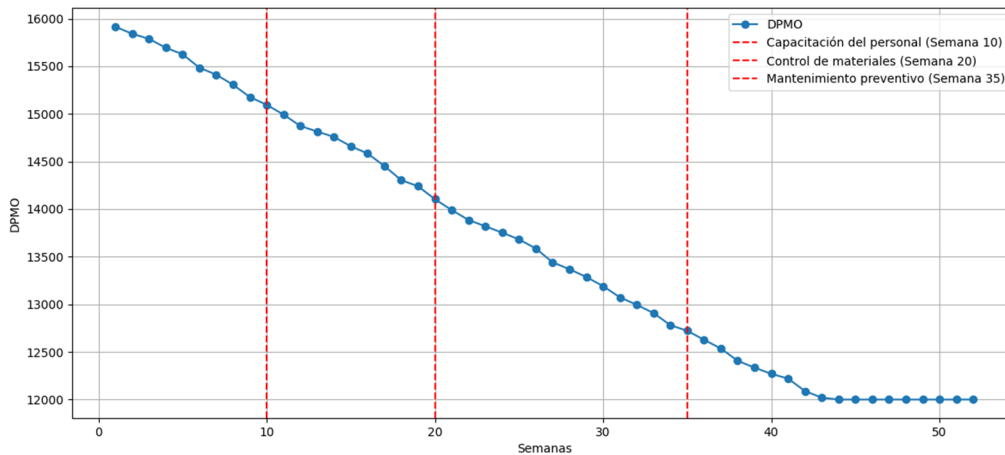
RESULTADOS

Los resultados del proyecto exhiben un avance significativo en la calidad del bordado en el taller de Umán, disminuyendo la tasa de defectos del 16% al 12%, con una mejora efectiva del 11%. Este progreso subraya la relevancia del monitoreo a través de Indicadores Clave de Rendimiento (KPI), facilitando la identificación y corrección de problemas en tiempo real.

Las estrategias más eficaces incluyen la formación del personal, que optimizó el funcionamiento de las máquinas y disminuyó los errores humanos, y la instauración del mantenimiento preventivo, que maximizó la precisión de los equipos y minimizó las fallas técnicas. La administración de materiales mitigó las variaciones en la calidad de los insumos, previniendo defectos derivados de hilos insuficientes y desalineaciones.

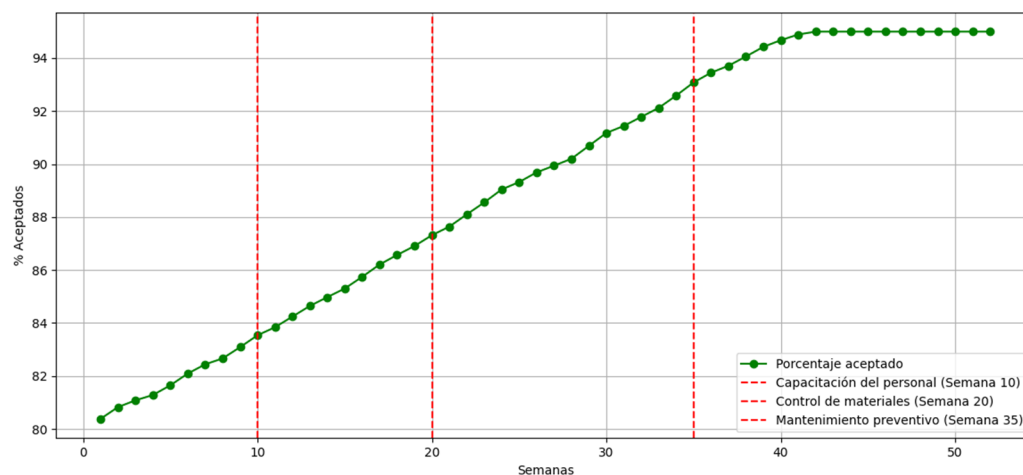
La inspección continua mediante indicadores clave de rendimiento (KPI), tales como el DPMO y la proporción de bordados aceptados por lote, facilitó la evaluación de la estabilidad del proceso, logrando niveles cercanos al 90% de calidad. Las representaciones gráficas evidencian la progresión de estos indicadores, evidenciando cómo las optimizaciones implementadas robustecieron la competitividad del taller y su vínculo con clientes de carácter internacional.

Figura 3. Defectos por millón de oportunidades (DPMO).



La Figura 3 evidencia una disminución progresiva en los defectos por millón de oportunidades durante el año 2024. En sus etapas iniciales, el indicador registraba aproximadamente 16,000, lo que evidenciaba un elevado grado de defectos. No obstante, tras la formación del personal (semana 10), la gestión de materiales (semana 20) y la implementación de mantenimiento preventivo (semana 35), el DPMO descendió a 12,000 al concluir el año. Las disminuciones más pronunciadas coinciden con estas intervenciones, lo que corrobora la eficacia de las estrategias implementadas. El estudio de este indicador, fundamentado en herramientas adquiridas en el curso de Control Estadístico de Calidad (IND4303), facilitó la validación de la estabilidad del proceso y la mejora en la calidad del producto final.

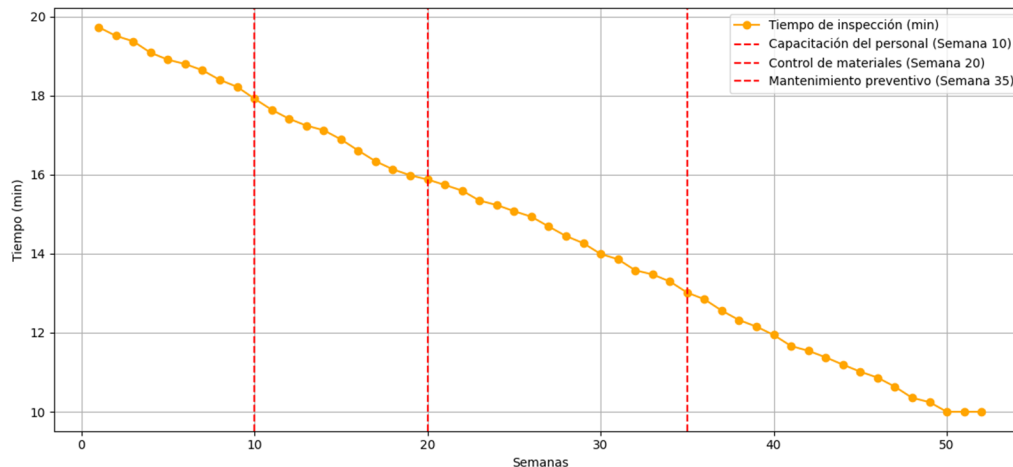
Figura 4. Porcentaje de bordados aceptados por lote.



La Figura 4 evidencia un avance gradual en la calidad del proceso de bordado a lo largo del año 2024. En sus etapas iniciales, el porcentaje de bordados aceptados ascendía al 80%, lo que evidenciaba una elevada incidencia de defectos. No obstante, al concluir el año, el indicador sobrepasó el 90% tras la formación del personal (semana 10), la gestión de materiales (semana 20) y el mantenimiento preventivo (semana 35). Estos hallazgos,

examinados utilizando instrumentos adquiridos en el Control Estadístico de Calidad (IND4303), ponen de manifiesto cómo las estrategias implementadas optimizaron la uniformidad y minimizaron los defectos en el proceso de bordado.

Figura 5. *Tiempo promedio de inspección por lote.*



El gráfico de la Figura 5, que representa el tiempo medio de inspección por lote, evidencia una mejora progresiva en la eficiencia del proceso durante el año 2024. En sus etapas iniciales, la inspección requería aproximadamente 20 minutos por lote, atribuible a la ausencia de estandarización y la necesidad de evaluaciones meticulosas para la detección de defectos. Con la instauración de mejoras tales como la formación del personal en la semana 10 y el mantenimiento preventivo en la semana 35, se observó una disminución progresiva en el tiempo de inspección, alcanzando los 10 minutos por lote al término del año.

Estos hallazgos evidencian no solo una mejora en la calidad de los bordados, sino también una optimización en la eficiencia operacional, lo que posibilita la liberación de recursos y el incremento de la productividad del taller. En suma, los indicadores clave evidencian una disminución sostenida del DPMO, un incremento en la proporción de bordados aceptados y una reducción en el tiempo de inspección, lo que fortalece la competitividad del taller en relación con los estándares internacionales.

En contraste con otros proyectos de optimización, la incorporación de metodologías estructuradas como DMAIC y la utilización de indicadores específicos han evidenciado ser fundamentales para la generación de mejoras sostenibles y replicables en procesos de producción. Esta perspectiva establece al taller de Umán como un punto de referencia para las pequeñas y medianas empresas que aspiran a perfeccionar sus operaciones conforme a los estándares de calidad más rigurosos.

CONCLUSIÓN

Esta investigación demuestra que la aplicación de DMAIC, en el marco de la metodología Six Sigma, facilitó la optimización del proceso de bordado industrial, lo que resultó en una reducción de defectos del 16% al 12% y en el fortalecimiento de la conexión del taller con el sector automovilístico. La implementación de estrategias tales como la formación del

personal, el mantenimiento preventivo y el control de materiales resultó en mejoras sostenibles sin la necesidad de inversiones considerables, consolidando este enfoque como una opción factible para pequeñas y medianas empresas que aspiran a incorporarse en las cadenas de suministro a nivel global.

La implementación de Indicadores Clave de Rendimiento (KPI) fue crucial para supervisar los progresos y asegurar la estabilidad de los procesos, promoviendo la toma de decisiones fundamentada en datos. Adicionalmente, la adquisición de conocimientos en disciplinas como el Control Estadístico de Calidad (IND4303), la Ingeniería de Métodos (IND2302), los Sistemas Integrados de Empresa (IND4306), la Mejora Continua (IND2310) y la Administración y Evaluación de Proyectos (IND3307) fue esencial para el desarrollo de este proyecto, facilitando la implementación de herramientas de análisis, optimización y control de calidad en un contexto tangible.

Este estudio destaca la relevancia de la interrelación entre la academia y la industria, evidenciando que la educación en ingeniería industrial otorga las habilidades requeridas para afrontar problemas complejos, optimizar la eficiencia operativa y fomentar el desarrollo del sector manufacturero.

BIBLIOGRAFÍA

- Bohigues Ortiz, A. (2015). *Desarrollo e implementación de un modelo Seis Sigma para la mejora de la calidad y de la productividad en pymes industriales* [Tesis de maestría, Universitat Politècnica de València]. RiuNet. <https://riunet.upv.es/entities/publication/60807caa-023b-4cd3-b18d-f44526c7f223>
- George, M. L. (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma quality with lean speed*. McGraw-Hill.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.
- INEGI. (2023). *Indicador Trimestral de la Actividad Económica Estatal (ITAAE): Análisis regional, región sur-sureste (octubre-diciembre 2023)* [tabla]. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/itaae/itaae2023_04_Tab.docx
- Montgomery, D. C. (2020). *Introduction to statistical quality control* (8th ed.). Wiley.
- Téllez, N. R., & Blanco Bautista, R. (2018, 31 de julio). *Una experiencia académica de vinculación industria con PYMES de la zona industrial de Xalostoc*. ANFEI Digital, (9). <https://anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/454>