

# Métodos Sistémicos para Elevar la Calidad en la Industria Automotriz

Aarón Morales Calderón, Héctor Velázquez Domínguez y Jorge Rojas Ramírez

Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica - Zacatenco, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, 07738 México  
e-mail: amoralesc1400@alumno.ipn.mx, hvelazquezd1300@alumno.ipn.mx, jrojasr@ipn.mx  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9790-0978> / [0009-0008-6016-445X](https://orcid.org/0009-0008-6016-445X) / [0000-0002-0779-1242](https://orcid.org/0000-0002-0779-1242)

**Resumen**— Este artículo analiza diversos métodos sistémicos utilizados en la industria automotriz para mejorar la calidad en los procesos de producción y ensamblaje. A través de una revisión sistemática exploratoria, se identificaron metodologías clave como *Six Sigma*, *Core Tools*, producción esbelta o manufactura *lean* y visión artificial, las cuales han demostrado su eficacia en la reducción de defectos y la optimización de procesos. Los resultados destacan que *Six Sigma* permite mejorar la calidad y prevenir fallas, mientras que las *Core Tools* son esenciales para el diseño y control en la manufactura. Además, el uso de una matriz de evaluación contribuye a la reducción de duplicidades y a la optimización de la carga de trabajo en las líneas de ensamble. Asimismo, la implementación de la visión artificial en el contexto de la Industria 4.0 mejora la precisión y automatización de los procesos de inspección de calidad. En la parte final se profundiza el aspecto sistémico del tema, en que la calidad no es únicamente de orden técnico, ni el servicio al cliente está limitado a la fácil accesibilidad al producto, sin observar la seguridad y la operación entre otros atributos.

**Palabras Clave**— Calidad sistémica, calidad automotriz, *Six Sigma*, mejora continua, manufactura *lean*, visión artificial.

**Abstract**— This article analyzes various systemic methods used in the automotive industry to improve quality in production and assembly processes. Through an exploratory systematic review, key methodologies such as *Six Sigma*, *Core Tools*, *Lean Manufacturing*, and *artificial vision* were identified, demonstrating their effectiveness in defect reduction and process optimization. The results highlight that *Six Sigma* enhances quality and prevents failures, while *Core Tools* are essential for design and quality control in manufacturing. Additionally, the use of an evaluation matrix contributes to reducing duplications and optimizing workload in assembly lines. Furthermore, the implementation of artificial vision within the context of Industry 4.0 improves the accuracy and automation of quality inspection processes. Finally, the systemic aspect of the subject is addressed, in which quality is not only of a technical nature, nor is customer service limited to easy accessibility to the product, without observing safety and operation among other attributes.

**Keywords**— Systemic quality, automotive quality, *Six Sigma*, continuous improvement, lean manufacture, artificial vision.

## I. INTRODUCCIÓN

La calidad es un factor clave en la industria automotriz, ya que influye directamente en la seguridad, la confiabilidad y la satisfacción del cliente. Con la creciente competencia global y la automatización de procesos, las empresas deben adoptar métodos sistémicos que permitan mejorar continuamente la calidad sin afectar los costos de producción.

La industria automotriz se ha vuelto cada vez más exigente en términos de calidad. Para cumplir con los requisitos, las empresas del sector, incluyendo las pequeñas y las medianas (PYMES), han implementado sistemas de gestión de calidad como ISO/TS 16949 [1]. Estos sistemas de calidad les permiten mejorar la productividad a largo plazo.

Las características clave de estos sistemas de calidad en la industria automotriz incluyen:

- Implementación de procesos de inspección y control de calidad, como el *Global Standard Inspection Process* (GSIP) [2].
- Cumplimiento de estándares de producción y sistemas de control de calidad [3].
- Desarrollo de productos y procesos flexibles, de manufactura esbelta (también denominada *lean*), para satisfacer los requisitos de calidad de la industria [4].
- Adopción de sistemas de gestión de la calidad, como las 5S y las incluidas en el paradigma esbelto [5].

Ahora bien, el cumplimiento de los requisitos establecidos en las normas para cubrir los aspectos técnicos, desde una perspectiva sistémica, lleva a incluir en la calidad la satisfacción de condiciones adicionales del entorno. Entre ellos, seguridad y salud del ser humano, eliminación de desperdicios en el proceso y confiabilidad en la operación de los vehículos producidos [6].

Las siguientes secciones se centran en aspectos ingenieriles de la normatividad en el proceso de inspección global estándar y de tecnologías de inspección por visión artificial, para presentar posteriormente los aspectos sistémicos de la calidad.

## II. DESARROLLO

La recopilación de información acerca de las técnicas existentes se realizó mediante una revisión sistemática exploratoria [7] donde se emplearán las cinco fases fundamentales, planteando la pregunta: ¿cuáles son los métodos presentes para la mejora de calidad en la industria automotriz? Definiendo lo anterior, se eligen las palabras clave, que son: calidad automotriz, six sigma, mejora continua, lean manufacturing. Éstas, en conjunto a los criterios de inclusión y exclusión como las bases de datos de revistas científicas que se consultarán, el año de publicación, entre otros, ayudan a delimitar los artículos de consulta. Una vez seleccionados éstos, se procede a extraer los datos obtenidos en cada estudio, para posteriormente realizar un análisis de resultados.

### A. Métodos normativos de calidad

El control de calidad mediante el entorno Six Sigma es una filosofía que permite identificar, enfocar y perfeccionar la calidad de servicios y productos, con énfasis en la eliminación de desperdicios y un proceso estadístico que mide la capacidad del sistema para cumplir con los requerimientos del cliente [8].

Las *Core Tools* son un conjunto de herramientas desarrolladas originalmente en la industria automotriz para diseñar, desarrollar, medir, registrar, analizar y aprobar productos y servicios de calidad que satisfagan las necesidades y expectativas del cliente [9].

Uno de los trabajos consultados propone un diseño de matriz como herramienta para la evaluación de requerimientos de calidad y para lograrlo se llevó a cabo un análisis utilizando el análisis de causa y efecto de Ishikawa en la evaluación de riesgos [10].

Por otra parte, se menciona el diseño de una metodología de cinco etapas para medir la confiabilidad en las líneas de ensamble automotriz además de implementar un modelo matemático [11].

### B. Técnicas avanzadas de inspección

Agregando a lo anterior cabe mencionar el gran impulso que los desarrollos tecnológicos en automatización han aportado a la actividad de la inspección en la cadena productiva automotriz. Por ello, se subraya el interés en profundizar investigaciones sobre su aplicación local. Dentro de estas técnicas de inspección para la calidad destaca la visión artificial, que en la literatura se resaltan los beneficios de su implementación y su integración con otras aplicaciones de la industria 4.0 [12].

Este aspecto de la automatización, que requiere de tecnologías de conectividad informática, es valioso en la producción de automóviles en lo que se refiere a alcanzar altos estándares de precisión y eficacia en favor del cliente. Como

ejemplo particular del ensamble de puertas bajo visión artificial, se ha verificado la eficacia de las tareas, gracias a la precisión, la rapidez y la conectividad entre actuadores físicos.

### C. Sobre la calidad sistémica

Se anuncia en varios medios [13] la oferta de crear una serie de automóviles eléctricos de acceso a la mayoría de la población, que genera una alta expectativa. Cabe entonces hacer la pregunta sobre la inclusión en su diseño de la calidad integral. El mercado internacional es altamente competitivo y se han citado aspectos técnicos de su conceptualización actual.

La visión sistémica debe entonces contemplar el ciclo de producción, distribución y utilización en su conjunto en el cumplimiento de la calidad. Aunque es relevante proyectar la industria nacional armadora de automotores, no es una cuestión evidente que se logre al primer intento. Y menos cuando el argumento más promocionado es el bajo precio. En un acercamiento fundamental, la calidad ha de considerar la incorporación de adelantos tecnológicos de ayuda al conductor, comodidad en el ámbito interior, protección ante colisiones, disponibilidad de estaciones de recarga de energía, previsión de entidades de mantenimiento y existencia de refacciones, con el aparato legal aplicable a estos vehículos [14].



Fig. 1. Promoción del proyecto politécnico de autos eléctricos [13].

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es cada una de las investigaciones consultadas se pudo observar el beneficio de cada técnica de inspección de calidad además de sus implicaciones y su factibilidad.

Las capacidades de emplear el entorno Six Sigma ofrece un gran beneficio para la prevención de defectos y la consecuente mejora de la calidad en procesos de pintura automotriz. Equiparando a esto, las *Core Tools* ayudan a diseñar, controlar y mejorar la calidad en diferentes aspectos de la línea de fabricación automotriz.

Con la matriz de evaluación mencionada [10] se otorgó una apreciable mejora en la carga de trabajo y una reducción de las duplicidades de la línea de ensamble estudiada.

Cabe mencionar que la metodología para medir la confiabilidad en líneas de ensamble presentó un índice de disponibilidad del 75.55%, y los otros factores más influyentes fueron de un 87.25% y la calidad con un índice de 90.15%.

En cuanto a la revisión documental sobre la visión artificial, se hace hincapié en su capacidad de influir en la calidad, por llevar a cabo con precisión, eficiencia y de forma automatizada los procesos en la manufactura automatizada.

La integralidad en la calidad, además de garantizar que los procesos de fabricación entreguen los productos con el pleno cumplimiento de los estándares funcionales, amplíen su visión a los temas complementarios de satisfacción plena de los usuarios en la adquisición, la operación y la subsistencia del automóvil, como producto satisfactor de necesidades [14].

#### IV. CONCLUSIONES

El análisis de diversas metodologías de mejora de calidad en la industria automotriz permitió identificar técnicas efectivas para optimizar procesos y reducir defectos. La implementación de Six Sigma demostró su capacidad para prevenir fallas y mejorar la calidad, mientras que las Core Tools resultaron esenciales para el diseño y el control de calidad en la fabricación.

Estas metodologías no sólo impactan positivamente en la producción, sino que también contribuyen a la satisfacción del cliente, la reducción de costos y la competitividad en el mercado. La integración de herramientas avanzadas y tecnologías emergentes dentro del marco de la Industria 4.0 permite una evolución constante hacia procesos más eficientes, automatizados y sostenibles.

En conclusión, la implementación de metodologías de calidad es un factor clave para la innovación y el éxito en la industria automotriz, garantizando productos de alto desempeño.

La visión de sistemas, que considera su entorno, en el aspecto de las empresas fabricantes de vehículos automotores evalúa su desempeño en función de la satisfacción por parte de sus consumidores en la integralidad del ciclo de utilización del producto, para validar el cumplimiento de la calidad.

La producción de automóviles ofrece en la actualidad el atractivo de que sus vehículos responden a las necesidades del mundo moderno en cuidado del ambiente, movilidad, accesibilidad a más consumidores y varios aditamentos de tecnología incorporados en el producto, además de la modernidad tecnológica 4.0 incluida en los procesos.

Pero cuando se anuncia que la ventaja de un producto para el consumidor es el precio, el cuestionamiento es la falta de visión de ingeniería de sistemas. Con ésta, debe complementarse el servicio al cliente para cumplir con el conjunto de expectativas en los aspectos de la seguridad, la comodidad del usuario conductor o pasajero, el mantenimiento y la puesta a disposición de una red de recarga de energía, así como la adaptación a la infraestructura vial de las ciudades locales.

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradecen las ayudas recibidas por los alumnos en el programa de formación de investigadores dentro del proyecto SIP IPN 20240352 y la beca de estudios de Maestría en Ciencias en Ingeniería de Sistemas de uno de ellos por parte del CONAHCYT.

#### REFERENCIAS

- [1] N. Yepes González, E. López Castaño, C. Quintero Guzmán & J. J. González Bulla, "Factores que Impactan en la Selección e Implantación del Sistema de Gestión ISO/TS 16949: Caso del Sector Industrial de Autopartes de la Ciudad de Bogotá", *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 24, pp. 143-162, 2014, Accessed: Feb. 22, 2025. [Online]. Available: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-81702014000100008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-81702014000100008&script=sci_arttext)
- [2] V. V. Gómez, J. C. N. Guzmán & M. E. G. Ulín, "Implementación de un Sistema de Calidad en una Planta de Transmisiones de la Industria Automotriz", *Emerging Trends in Education*, vol. 2, pp. 77-101, 2017. DOI: 10.19136/Jeeos.a2n2.2795
- [3] M. Blanco Jiménez, S. A. Guerra Moya, P. Villalpando Cadena & J. Castillo Villarreal, "Calidad e Integración Exitosa de la Cadena Automotriz de las PYMES en el Estado de Nuevo León", 2010. <http://eprints.uanl.mx/12552/>
- [4] B. Keyte & D. Locher, (2014). *La Empresa Lean Total: Mapeo del Flujo de Valor para Procesos Administrativos*, México: Trillas.
- [5] L. L. González Romeo, *Metodología Sistemática y Ciberfísica para la Implementación de la Industria 4.0 en Empresas Mexicanas de la Industria Automotriz del Sector Manufacturero*, Tesis de Doctorado en Ingeniería de Sistemas, México: Instituto Politécnico Nacional, 2024.
- [6] J. Rojas Ramírez, E. E. García Villa, A. Morales Calderón & H. Velázquez Domínguez, "Compaginación de Soluciones de Automatización en Sistemas de Humanos y Máquinas", en *XXII Congreso Nacional de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas*, pp. 147-149, México: IPN, 2023.
- [7] H. Fernández Sánchez, K. King & C. B. Enríquez Hernández, "Revisiones Sistemáticas Exploratorias como Metodología para la Síntesis del Conocimiento Científico", *Enfermería Universitaria*, vol. 17, no. 1, pp. 87-94, 2020. <https://doi.org/10.22201/eneo.23958421e.2020.1.697>
- [8] M. B. Becerra Rodríguez, Á. A. Franco Baltazar, A. Hernández Hernández, I. E. López Navarro & L. J. Ríos Aguilar, "Control de Calidad para un Proceso de Pintura Automotriz bajo un Entorno Lean Six Sigma", *Multidisciplinas de la Ingeniería*, vol. 8, no. 12, pp. 133-144, 2023. <https://doi.org/10.29105/mdi.v8i12.253>
- [9] J. Rodríguez, "Las Herramientas de Core Tools", *SPC Group*, agosto de 2019. <https://spcgroup.com.mx/las-herramientas-core-tools/>

- [10] J. Muñoz Rodríguez & J. M. Velázquez Ramírez, "Diseño de Matriz como Herramienta para la Evaluación de Requerimientos de Calidad, Medio Ambiente y Seguridad", *Project Design and Management*, vol. 5, no. 1, 2023. <https://doi.org/10.35992/pdm.5v1i.1129>
- [11] G. Orrantía Daniel, *et al.*, "Metodología para Medir la Confiabilidad en Líneas de Ensamble", *RIDE. Revista Iberoamericana de Investigación y Desarrollo Educativo*, vol. 12, no. 24, e054, 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1217>
- [12] F. K. Konstantinidis, S. G. Mouroutsos & A. Gasteratos, "The Role of Machine Vision in Industry 4.0: An Automotive Manufacturing Perspective", *IEEE Int. Conference on Imaging Systems and Techniques*, pp. 1-6, 2021. <https://doi.org/10.1109/IST50367.2021.9651453>
- [13] A. Avendaño, "Contribuye IPN al Desarrollo del Primer Auto Eléctrico Mexicano", *Gaceta Politécnica*, Año LXI, vol. 21, No. 1838, pp. 8-10. <https://www.ipn.mx/assets/files/imageninstitucional/docs/gaceta-quincenal/2025/01/g-1838.pdf>
- [14] W. Karwowski, G. Salvendy, L. Albert, W. Ch. Kim, B. Denton, M. Dessouky, A. Dolgui, V. Duffy, S. Kumara, J. Li, A. M. Madni, L. McGinnis, W. Rouse, J. Shamma, M. Shen, D. Simchi-Levi, J. Swann & M. K. Tiwari (2025). "Grand Challenges in Industrial and Systems Engineering", *International Journal of Production Research*, vol. 63, no. 4, pp. 1538-1583. <https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2432463>