



Julio-Diciembre 2026

Recibido: 20-02-2026

Aceptado: 02-04-2026

Estrategias de mejora de la calidad y la productividad en empresas del sector de empaques plásticos flexibles, bajo el enfoque Lean Six Sigma

Autor: Daniel A. Palmero T.⁷

Correo electrónico: danielpalmerot@gmail.com,
Adscripción: Facultad de Ciencias Económicas y Sociales,
Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

Agustín A. Mejías Acosta⁸

amejiasa@uc.edu.ve

Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia,
Venezuela

Resumen: La presente investigación, tuvo como objetivo proponer estrategias de mejora de calidad y productividad, a través del enfoque Lean Six Sigma en el sector de empresas de empaques de plásticos flexibles. El estudio analiza e incorpora cambios en la cadena de producción iniciando con la recepción de los pedidos hasta la entrega final del producto, buscando mejorar los tiempos de entrega en empresas de empaques plásticos flexibles. Los puntos críticos encontrados mediante la aplicación de los pasos del DMAIC, están

⁷ Ingeniero Industrial (Universidad de Carabobo) y Magíster en Administración de Empresas. Jefe de Planta en el sector de empaques plásticos en Aragua. Trayectoria aplicando métodos de ingeniería y análisis cuantitativos para la optimización de procesos productivos industriales. ID ORCID: [0009-0003-2692-1510](https://orcid.org/0009-0003-2692-1510)

⁸ Ingeniero y Magíster en Ingeniería Industrial (Universidad de Carabobo). Doctor en Ciencias Agrícolas (UCV). Postdoctorado en Ciencias Administrativas y Gerenciales (FACES-UC). Docente-Investigador de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo (ROR: 05sj7yp62), especialista en análisis estadístico y mejora de procesos. ID ORCID: [0000-0002-6887-1836](https://orcid.org/0000-0002-6887-1836)

centrados en el proceso de producción, la gestión de compras de materia prima, la comunicación entre las áreas de comercialización y producción, y los reprocesos de producción de los empaques. Una vez detectadas las fallas, se proponen estrategias para implementar la mejora de la calidad y la productividad, a través de la filosofía Lean Six Sigma o Seis Sigma para optimizar los procesos, aplicando técnicas y herramientas de mejora continua como: VSM, *Poka Yoke*, ANOVA, otros. A través de estas herramientas, se encontraron fallas recurrentes de calidad en los procesos productivos y elevados tiempos de fabricación (780 minutos), lo que permitió, con base en el análisis de datos y resultados de ANOVA, implementar propuestas de mejoras con el fin de reducir el ciclo a 620 minutos, reducir los desperdicios y mejorar la calidad, para finalmente, aumentar la satisfacción del cliente y la competitividad de las empresas del sector.

Palabras clave: calidad, productividad, lean six sigma, mejora continua, empaques plásticos flexibles.

Strategies for improving quality and productivity in companies in the flexible plastic packaging sector, using the lean six sigma approach

Abstract: This research aimed to propose quality and productivity improvement strategies using the Lean Six Sigma approach in the flexible plastic packaging industry. The study analyzes and incorporates changes in the production chain, starting with order reception and ending with final product delivery, seeking to improve delivery times in flexible plastic packaging companies. Critical issues identified through the application of DMAIC steps centered on the production process, raw material purchasing management, communication between marketing and production areas, and packaging reprocessing. Once the flaws are detected, strategies are proposed to implement quality and productivity improvements using the Lean Six Sigma or Seis Sigma philosophy to optimize processes, applying continuous improvement techniques and tools such as VSM, *Poka Yoke*, ANOVA, and others. Using these tools, recurring quality flaws in production processes and high manufacturing lead times (780 min) were identified. Based on data analysis and ANOVA results, these tools enabled the implementation of improvement proposals to reduce the cycle to 620 minutes, reduce waste and improve quality, ultimately

increasing customer satisfaction and the competitiveness of companies in the sector.

Keywords: quality, productivity, lean six sigma, continuous improvement, flexible plastic packaging.

Introducción

En el mundo cambiante y acelerado, las empresas se enfrentan al impacto de las exigencias del mercado global y los constantes avances tecnológicos en sus ciclos de producción, los cuales son parte integral de sus funciones junto con la administración y comercialización, diversas investigaciones han profundizado en la combinación de enfoques de mejora continua para beneficiar a las organizaciones (Lameijer *et al.*, 2021; Saad *et al.*, 2024), siendo Corea del Sur, Japón y China los líderes en la optimización de procesos (He y Park, 2024), mientras que en América Latina su uso es limitado, lo cual ha afectado la competitividad de las empresas (Tortorella y Fettermann, 2024a). Esta brecha competitiva es especialmente crítica en las pequeñas y medianas empresas, donde la falta de robustez operativa limita la capacidad de respuesta; no obstante, autores como Bhamu *et al.* (2024) sugieren que la integración de estrategias ágiles permite a estas organizaciones optimizar procesos sin requerir las estructuras masivas de las grandes corporaciones.

Por otro lado, en el contexto venezolano, algunas empresas han tenido que cerrar debido a no alinearse con la vanguardia de los cambios exigidos por el mercado, y a la alta competencia en precios, lo que subraya la importancia del compromiso de la dirección y la alta gerencia para realizar cambios que mejoren la satisfacción de las demandas del mercado. Mantener un enfoque claro y una alineación de los recursos mentales y emocionales es crucial para implementar estrategias de mejora efectivas.

En este sentido, nuevos enfoques de mejora continua como Lean Six Sigma, que combinan filosofías de calidad y productividad, contribuyen a optimizar los procesos, coadyuvan a optimizar los procesos y superar los puntos críticos que impiden alcanzar las metas de eficiencia y calidad. *Lean Six Sigma*, se centra en el cliente, el manejo eficiente de datos y la eliminación de la variabilidad en los procesos. Con base en los autores Díaz y López (2025), “la

productividad y la calidad están estrechamente relacionadas con la satisfacción del cliente, que hoy en día han impulsado un nuevo paradigma en la gestión de las operaciones de empresas de manufactura y servicio” (p. 21); quienes sostienen, además, que dicha satisfacción depende de factores críticos como la calidad del producto, la calidad del servicio y el precio. Las empresas deben innovar continuamente y utilizar herramientas de gestión para centrarse en el cliente, lograr sus objetivos y minimizar los problemas post-entrega.

Además, estudios como los de Tortorella & Fettermann (2024a), han demostrado que, aunque las empresas reconocen la importancia de la mejora continua, no todas logran implementar acciones estratégicas efectivas para mejorar la productividad. La logística interna, en conjunto con la Manufactura Esbelta (*Lean Manufacturing*), juega un papel crucial en la optimización de los recursos y la reducción del desperdicio en el proceso de producción.

Al respecto, la industria del plástico, especialmente las empresas de empaques plásticos flexibles que atienden al sector de alimentos, enfrenta el desafío de cumplir con las exigencias de inocuidad alimentaria y desarrollar procesos de bajo impacto ambiental, social y económico. En este escenario, la innovación en el envasado ha transformado la industria de alimentos y bebidas, lo que exige a las empresas garantizar la calidad de los mediante un envasado adecuado. Como señalan Salvatierra *et al.* (2025), la competitividad en la manufactura moderna depende de una gestión de operaciones robusta que logre maximizar la productividad mediante la optimización de los flujos de trabajo y la reducción de tiempos no productivos.

Los empaques plásticos flexibles desempeñan funciones clave como la protección del producto, la conveniencia y la comunicación de la imagen del mismo, siendo un factor determinante en la comercialización. De acuerdo con Kumari *et al.* (2024), la selección de materiales avanzados es fundamental para garantizar la integridad de la cadena de valor, permitiendo reducir las pérdidas post-procesamiento y mejorar la percepción de calidad del consumidor. Así mismo, la optimización de los sistemas de empaque permite alcanzar una reducción de pérdidas operativas en la cadena de comercialización de entre un 8% y el 12%, impactando directamente en la eficiencia de los recursos y la rentabilidad del sector (Park & Kwon, 2026). En el

mercado venezolano, las empresas de este sector buscan competir mediante el precio, la calidad y el tiempo de respuesta, siendo estos dos últimos elementos el enfoque principal de esta investigación.

Fundamentos teóricos

Teoría de mejora de la calidad y productividad

El ámbito empresarial transita por ciclos de crecimiento y declive, especialmente en las organizaciones de producción donde la brecha entre la planificación y el resultado operativo genera estados de alerta. Históricamente, la eficiencia técnica encuentra su base en la administración científica de Taylor (1911) y Fayol (1916), quienes establecieron la estandarización como premisa de control. Sin embargo, en la manufactura contemporánea, la productividad no puede aislarse de la resiliencia estratégica. Como señalan Tortorella y Fettermann (2024b), la implementación de modelos de mejora en economías emergentes de América Latina requiere una adaptabilidad que los manuales tradicionales no contemplan, transformando la mejora continua en una herramienta de supervivencia ante la volatilidad económica.

La evolución de esta teoría encuentra su génesis en los trabajos de Shewhart (1931), quien mediante el Control Estadístico de Procesos (CEP) permitió distinguir entre variaciones aleatorias y causas asignables. Esta visión fue expandida por la filosofía sistémica de Deming (1989) y la planificación de Juran (1993), consolidando el enfoque de Gestión de la Calidad Total (TQM). En particular, la democratización de las herramientas estadísticas de Ishikawa (1988) y el diseño robusto de Taguchi (1986) constituyen la base epistemológica de esta investigación. Según Gutiérrez (2020), la calidad y la productividad son dos caras de la misma moneda; no es posible mejorar una sin reducir la variabilidad de la otra, ya que la mala calidad genera costos ocultos que merman directamente la capacidad competitiva de la organización.

Teoría de la calidad

La teoría de la calidad ha evolucionado desde una visión puramente técnica hacia una estandarización global de carácter estratégico. Según la Organización Internacional de Normalización (ISO, 2015), la calidad es el "grado en el que un conjunto de características inherentes de un

objeto cumple con los requisitos" (p. 31). Al respecto, Mejías *et al.* (2018) sostienen que un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) no es un fin en sí mismo, sino un mecanismo articulador que optimiza la capacidad de respuesta organizacional frente a las expectativas del cliente. Para estos autores, la robustez de un SGC radica en su capacidad para fomentar la coherencia operativa y reducir el desperdicio mediante la estandarización de procesos clave.

Recientes revisiones de literatura, como la realizada por Citybabu y Yamini (2024), destacan que la teoría de la calidad atraviesa una fase de hibridación denominada Calidad 4.0. En este paradigma, los principios clásicos convergen con la analítica de datos masivos para lograr una calidad predictiva. En este sentido, la propuesta de Mejías *et al.* (2018) sobre la mejora continua como eje transversal resulta vital para el sector de empaques, donde la variabilidad de los insumos obliga a que el SGC actúe como un filtro técnico que permita el desarrollo de marcos de trabajo LSS4.0 orientados a alcanzar la excelencia operacional (Skalli *et al.*, 2025).

Six sigma y la reducción de la variabilidad operativa

El enfoque *Six Sigma* se fundamenta en la aplicación de un rigor estadístico avanzado para minimizar la variabilidad y alcanzar niveles de precisión cercanos a la perfección. Según Harry y Schroeder (2000), pioneros en la expansión del método, *Six Sigma* no es solo una métrica de 3.4 defectos por millón de oportunidades (DPMO), sino una estrategia de negocios diseñada para aumentar la rentabilidad a través de la optimización de procesos. No obstante, la verdadera evolución hacia el modelo actual surge con George (2002), quien introduce el concepto de *Lean Six Sigma*, argumentando que la reducción de la variabilidad debe complementarse con la eliminación de actividades que no agregan valor (desperdicios) para maximizar la velocidad del flujo de trabajo.

En la manufactura de polímeros, el éxito de esta metodología depende de la correlación entre las variables de entrada y los resultados del producto final. Como sostienen Gutiérrez (2020) y Laisequilla (2024), alcanzar la excelencia requiere que los equipos dominen tanto las herramientas estadísticas como los principios de la Manufactura Esbelta propuestos por George (2002). Esta sinergia permite reducir la variabilidad técnica en parámetros como el calibre

del film y eliminar el desperdicio de materia prima importada, optimizando la estructura de costos en entornos volátiles (Tortorella & Fettermann, 2024b). Actualmente, autores como Shbool *et al.* (2025) y Narkhede *et al.* (2026) coinciden en que la integración de *Six Sigma* con la analítica de datos permite a las organizaciones predecir fallas mediante el monitoreo de variables críticas y la priorización de áreas de mejora estratégica en la manufactura (Shbool *et al.*, 2025; Narkhede *et al.*, 2026).

Metodología DMAIC

El despliegue de *Six Sigma* se ejecuta a través del ciclo estructurado DMAIC [Definir - Medir - Analizar - Mejorar – Controlar]. De acuerdo con Laisequilla (2024) y Brook (2020), esta metodología garantiza que las decisiones de mejora se basen en evidencia fáctica derivada del análisis de datos. En la fase de "Analizar", el uso combinado del Mapa de Flujo de Valor (VSM), el Diagrama de Causa-Efecto y el Análisis de Varianza (ANOVA) permite identificar las causas raíz de las variaciones y cuantificar el impacto de las variables críticas en el proceso.

La sostenibilidad de los cambios constituye el desafío final del modelo. Según Skalli *et al.* (2025) y Shbool *et al.* (2025), la fase de "Control" establece mecanismos de monitoreo continuo para estandarizar las soluciones adoptadas y asegurar la estabilidad de los indicadores de desempeño mediante la evaluación de modos de falla y la priorización de áreas de mejora en la industria de empaques (Skalli *et al.*, 2025; Shbool *et al.*, 2025). El uso de herramientas como el Poka-Yoke y las gráficas de control de Shewhart bajo el rigor de DMAIC asegura que las mejoras en la eficiencia operativa sean permanentes y protejan la inversión en materiales.

Particularidades del sector de empaques plásticos flexibles en Venezuela

La industria de empaques flexibles en Venezuela, específicamente en el eje industrial de Aragua, presenta una singularidad operativa que la distingue de los modelos de manufactura convencionales. La producción de empaques para alimentos exige un control riguroso de la reología de los polímeros y de los parámetros de extrusión (temperatura, presión y soplado) para garantizar propiedades de

barrera y sellado hermético. Sin embargo, este rigor técnico se ve comprometido por la inestabilidad en el suministro de resinas y la fluctuación en la calidad de los insumos importados.

Bajo este entorno, la variabilidad de los tiempos de ciclo y el incremento de desperdicios en el set-up de las máquinas flexográficas no son solo fallas de proceso, sino riesgos de sostenibilidad financiera ante la inflación. En Venezuela, esto obliga a reducir drásticamente defectos como el *ghosting* o fallas de registro cromático para evitar la pérdida de material virgen. Como sostienen Salvatierra et al. (2025), en la industria del plástico, la estandarización y la eliminación de mudas (desperdicios) mediante herramientas Lean son determinantes para mantener la competitividad y la eficiencia en el uso de recursos críticos. En este sentido, Martínez et al. (2024) destacan que el uso de herramientas como el *Value Stream Mapping* (VSM) permite diagnosticar causas raíz de desperdicio vinculadas al desconocimiento operativo, proponiendo la metodología de las 5S como una solución de bajo costo y alta efectividad para estandarizar procesos en las PYMES del sector plástico.

Complementando esta visión, Pírela (2024) sostiene que la supervivencia de la industria nacional depende de una gestión eficiente que logre sortear la inestabilidad del entorno mediante la capacitación y la innovación. Para este autor, la adopción de la economía circular y la Agenda 2030 —a través de la reducción de espesores y la simplificación de estructuras— es clave para disminuir costos operativos y el impacto ambiental sin comprometer la calidad (Pírela, 2024). Así, el estudio de *Lean Six Sigma* aquí no es una opción estética, sino una herramienta para garantizar la inocuidad alimentaria y la supervivencia operativa sin elevar costos por re-trabajos de material.

Materiales y métodos

Diseño de la investigación

La investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo-propositivo, con un diseño de campo no experimental transversal. Se seleccionó este diseño debido a que permite caracterizar la situación de las empresas en un momento único y proponer estrategias de mejora basadas en el análisis de datos. Al

respecto, Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) explican que el enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías (p. 6). Bajo esta premisa, el diseño de campo facilita la obtención de información directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular deliberadamente las variables, bajo un carácter transversal que implica una recolección en un tiempo único (Palella y Martins, 2017, p. 88).

Población y muestra

La población estuvo conformada por tres (3) empresas del sector de empaques plásticos flexibles ubicadas en el estado Aragua (Eje Maracay-Cagua), Venezuela, seleccionadas mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional o por conveniencia. Al respecto, Arias (2020) sostiene que este procedimiento permite al investigador elegir las unidades de estudio bajo criterios o juicios previamente establecidos para asegurar la pertinencia de los datos en función de los objetivos.

Se consideraron los siguientes criterios:

(1) poseer procesos de producción similares (montaje, impresión, laminación, corte),

(2) atender al sector alimentos como clientes principales, y

(3) disponibilidad para participar en el estudio. Aun con un tamaño de muestra reducido, estas unidades son representativas de las PYME del sector en la región y permiten un análisis técnico profundo de las variables (Palella y Martins, 2017, p. 116), cumpliendo con la necesidad de obtener información de sujetos con características de interés específico para la investigación (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018, p. 201).

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la presente investigación, se utilizó la técnica de la observación directa no participante. Al respecto, Arias (2020) sostiene que este procedimiento permite al investigador captar la realidad de los hechos en su contexto natural, sin intervenir en el fenómeno para garantizar que los registros sean un fiel reflejo de la operatividad. El proceso fue

ejecutado directamente por el investigador durante un período de doce (12) semanas, con una frecuencia de dos (2) visitas semanales de cuatro horas cada una, rotando entre los turnos de mañana y tarde para captar la variabilidad del proceso.

Para sistematizar el levantamiento, se diseñó una guía de observación estructurada como instrumento de recolección, la cual permitió registrar de manera estandarizada:

- (a) tiempos de ciclo por estación de trabajo mediante cronometraje,
- (b) ocurrencia y tipología de defectos en el producto terminado,
- (c) flujo de materiales y cuellos de botella en la línea, y

(d) efectividad de la comunicación entre las áreas de impresión y corte. Este instrumento facilitó la organización de los datos primarios para su posterior tratamiento estadístico (Palella y Martins, 2017, p. 126).

Complementariamente, se aplicó una entrevista semiestructurada a gerentes y supervisores para triangular las causas raíz de las desviaciones observadas en planta.

Procedimiento

El estudio se desarrolló en cinco fases, alineadas con la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). Bajo esta premisa, Gutiérrez (2020) plantean que esta ruta metodológica permite estructurar los esfuerzos de optimización mediante el análisis estadístico para la reducción de la variabilidad en los procesos operativos. Esta secuencia de trabajo se ejecutó de la siguiente manera:

1) Definir: se realizaron reuniones técnicas con la gerencia para delimitar el problema crítico y los objetivos de mejora en las tres empresas.

2) Medir: se recopilaron datos históricos de producción y calidad de los últimos seis (6) meses para establecer la línea base del desempeño actual.

3) Analizar: se aplicaron herramientas estadísticas (Diagrama de Pareto e histogramas) para identificar las causas raíz de las fallas, validando los datos mediante pruebas de normalidad.

4) Mejorar: se diseñaron propuestas de optimización (*Value Stream Mapping* futuro, *Poka Yoke* y estandarización) con la participación directa del personal de planta.

5) Controlar: se definieron indicadores clave (KPI) y hojas de verificación para asegurar la sostenibilidad de las mejoras en el tiempo.

Análisis de datos

El procesamiento y análisis de la información se realizó mediante los softwares Microsoft Excel y Minitab. En este sentido, Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) sostienen que el análisis cuantitativo se efectúa mediante programas computacionales para garantizar la precisión en el cálculo de las estadísticas descriptivas e inferenciales. Bajo esta premisa, el tratamiento de los datos se estructuró de la siguiente manera:

-Estadística Descriptiva: se calcularon medidas de tendencia central (media) y de dispersión (desviación estándar) para determinar el índice de cumplimiento en los periodos de entrega (Figura 2) y el volumen de kilogramos devueltos (Figura 3). Estos datos permitieron establecer la línea base del proceso de producción.

Herramientas de Diagnóstico y Control: se utilizó el Diagrama de Pareto para jerarquizar las fallas de calidad (identificando el 45% en errores de impresión) y se aplicaron Gráficos de Control para analizar la estabilidad de las mediciones del espectrodensitómetro. Asimismo, se empleó el Mapa de Flujo de Valor (VSM) para identificar cuellos de botella en el flujo de materiales.

-Estadística Inferencial: se aplicó la Prueba de Normalidad (Anderson-Darling) como requisito previo para la ejecución del Análisis de Varianza (ANOVA) de un solo factor. Esta prueba de hipótesis, tal como plantean Gutiérrez (2020), permitió comparar los tiempos de ciclo entre las tres empresas evaluadas para determinar si existen diferencias significativas en su capacidad de respuesta hacia el cliente.

Finalmente, se emplearon herramientas de apoyo como el SIPOC, el Diagrama de Flujo y el Árbol CTQ para organizar los requerimientos críticos de calidad y facilitar la interpretación de los resultados en tablas y gráficos comparativos (Palella y Martins, 2017, p. 174).

Resultados

El sector de empaques flexibles en el estado Aragua representa un eslabón crítico en la cadena de suministros de productos de consumo masivo. Para asegurar el rigor científico del estudio, se definieron las variables bajo una relación de causa-efecto. La variable independiente corresponde a las Estrategias de Mejora Six Sigma, operacionalizada a través de la estandarización y el control estadístico. Por otro lado, la variable de pendiente es la Eficiencia Operativa, medida mediante el cumplimiento de entregas y la tasa de defectos. Esta estructura se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1 Aplicación de la ruta metodológica DMAIC y herramientas de control

Etapa	Objetivo técnico	Herramientas aplicadas	Métrica / variable controlada
Definir	Delimitar el alcance y requerimientos críticos (CTQ).	SIPOC, Diagrama de Flujo, Árbol CTQ.	V. Dependiente: Índice de cumplimiento de entregas (%).
Medir	Establecer la línea base y flujo de valor actual.	Mapeo de Flujo de Valor (VSM) y cronometraje.	V. Interviniente: Lead Time y kg fabricados/pedidos.
Analizar	Identificar causas raíz de la variabilidad y rechazos.	Diagrama de Pareto y Diagrama Causa-Efecto.	V. Dependiente: Kg devueltos por fallas de impresión (45%).
Mejorar	Validar la reducción de variabilidad entre empresas.	Análisis de Varianza (ANOVA) y VSM Futuro.	V. Independiente: Estandarización de procesos internos.
Controlar	Garantizar la estabilidad del proceso	Poka-Yoke y Gráficos de Control (X-R).	Métrica: Mediciones del espectrodensitómetro (Delta E).

flexográfico.

La ruta metodológica sintetizada en la Tabla 1 permitió una transición desde el diagnóstico empírico hacia una solución técnica basada en datos, operacionalizando la eficiencia operativa (variable dependiente) a través de controles en la estandarización de procesos (variable independiente). Esta estructura garantizó que cada fase del DMAIC abordara una dimensión específica de la variabilidad, pasando del análisis de causas raíz en la producción hasta la validación estadística de las mejoras propuestas.

Bajo esta lógica, la ejecución práctica inició con la fase Definir, donde el análisis SIPOC (ver Figura 1) permitió delimitar el alcance del proceso desde la recepción de resinas hasta el despacho final. Este mapeo macro identificó que la variabilidad crítica se origina específicamente en la interfaz entre la planificación comercial y el set-up de impresión flexográfica. Al determinar que la colorimetría es el CTQ con mayor desviación, se estableció una línea base de nivel Sigma de 2.8, confirmando una oportunidad de mejora significativa.

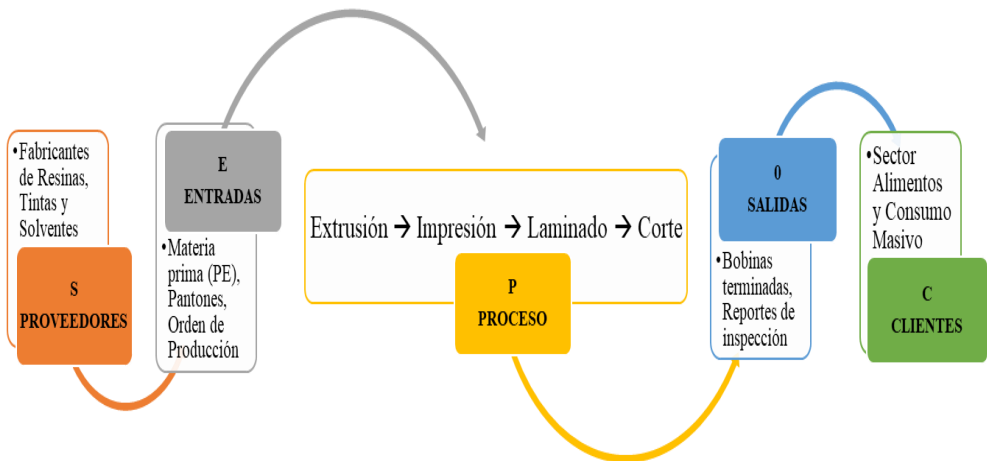


Figura 1. Diagrama SIPOC del flujo de producción de empaques flexibles

Como se observa en el mapeo del proceso (Figura 1), la etapa de Impresión Flexográfica constituye el núcleo del valor agregado, pero es también donde se concentra la mayor complejidad técnica debido a

los requerimientos de colorimetría (Pantones). El diagnóstico facilitado por este diagrama sugiere que los retrasos en las entregas no son producto de la falta de materia prima, sino de ineficiencias en la transición hacia el producto terminado.

En este sentido, al analizar el desempeño operativo mediante el índice de cumplimiento del periodo de entrega, se obtuvieron los resultados que se presentan en la Figura 2.

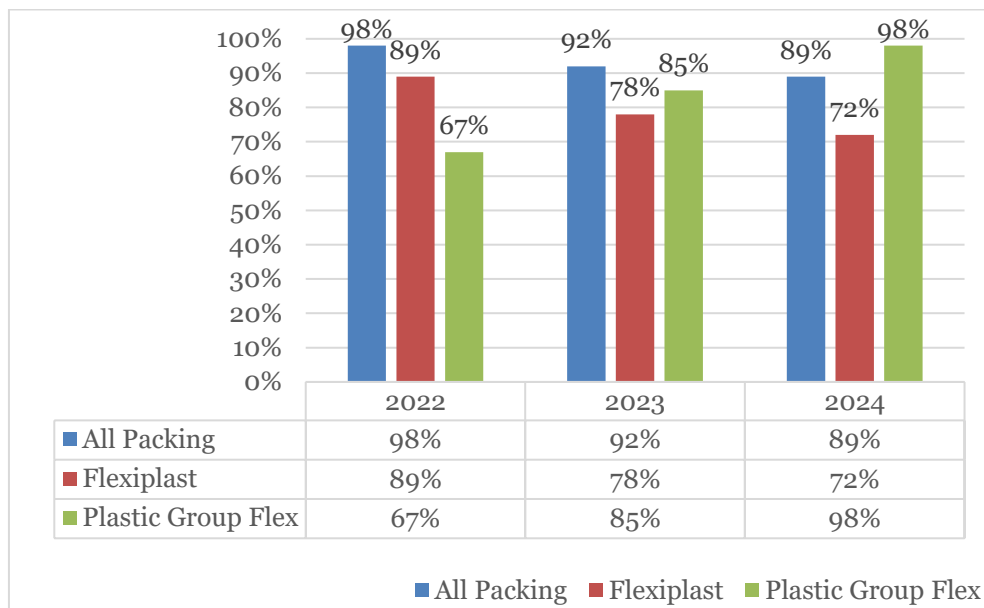


Figura 2 índice de cumplimiento en los periodos de entregas de productos terminados

Fuente: elaboración propia a través de los datos obtenidos en las empresas.

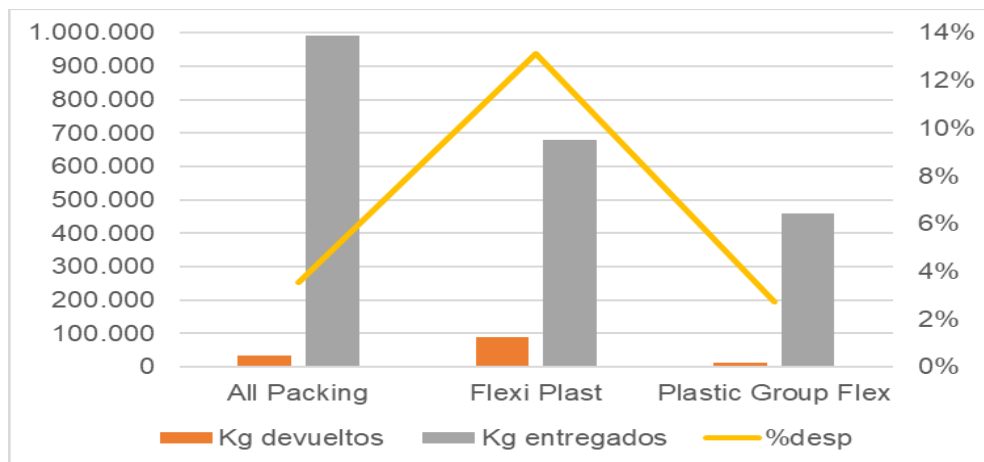
Como se puede apreciar en la Figura 2, el índice de cumplimiento promedio se sitúa en un 85%. De acuerdo con la observación directa y los estándares de competitividad para el sector de empaques en el estado Aragua, el valor objetivo para esta métrica debe ser superior al 90%.

Esta diferencia es significativa ya que, aunque existe una holgura pactada del 10% con los clientes —debido a los elevados tiempos de ciclo inherentes al procesamiento de bobinas de empaques flexibles—,

las organizaciones aún presentan escenarios de entregas tardías. Este hallazgo confirma que la ineficiencia operativa supera los márgenes de tolerancia comercial, validando la necesidad de una intervención mediante estrategias *Six Sigma* para estabilizar los tiempos de respuesta.

Por otra parte, se analizó un segundo elemento de desempeño relacionado con la calidad: la relación entre kilogramos entregados y kilogramos devueltos o puestos en reclamo. Los resultados de este indicador se presentan en la Figura 3.

Figura 3. Kilogramos devueltos por reclamos de calidad



Fuente: elaboración propia a través de los datos obtenidos en las empresas.

Adicional a esta información, se evidenció la recurrencia de dos fallas críticas: defectos de sellado y defectos de impresión. Mediante la aplicación de un Diagrama de Pareto, se determinó que el problema por mala impresión representa el 45% de la incidencia total. Para analizar técnicamente esta variabilidad, se procesaron las mediciones del espectrodensitómetro mediante un ANOVA de un solo factor, el cual arrojó un p -valor < 0.05 , confirmando que la desviación cromática (ΔE) no es aleatoria, sino que depende significativamente del turno de trabajo.

Este hallazgo estadístico identifica la falta de estandarización en el

set-up como la causa raíz de los re-procesos, impactando directamente en la estructura de costos y en el incumplimiento de los tiempos de entrega.

Una vez validada la causa raíz mediante el análisis estadístico, se procedió al rediseño del flujo de valor. Como resultado, se contrastó el Estado Actual (Figura 4), con un ciclo ineficiente de 780 minutos, frente al Estado Futuro (Figura 5), el cual proyecta una optimización técnica de 620 minutos, logrando estandarizar los tiempos de entrega (LT) a 6 minutos por estación y los cambios (C/O) a 60 minutos.

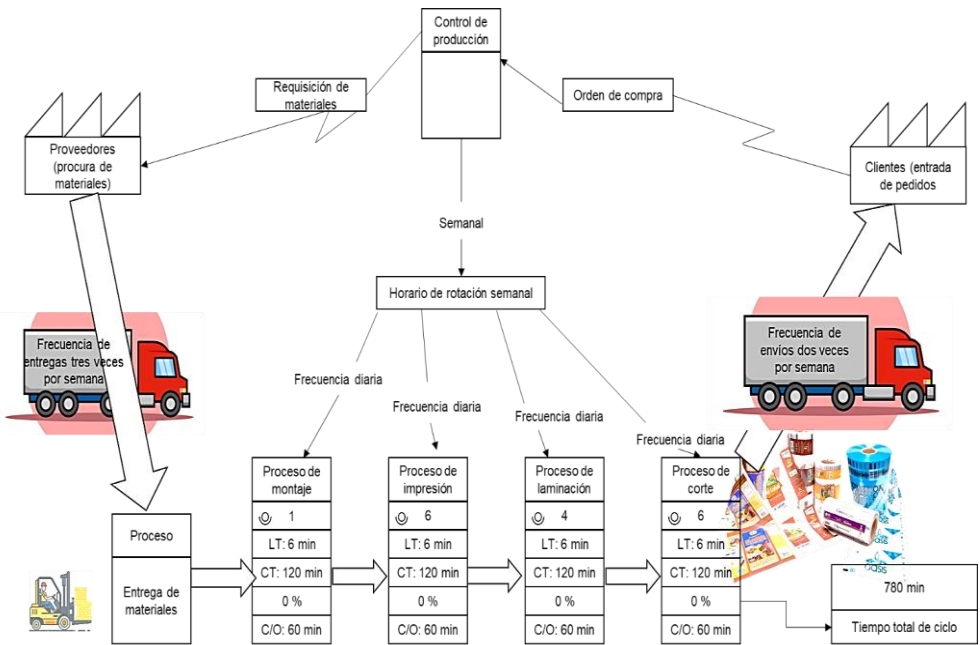


Figura 4. Mapa de Flujo de Valor (VSM) - Diagnóstico del Estado Actual

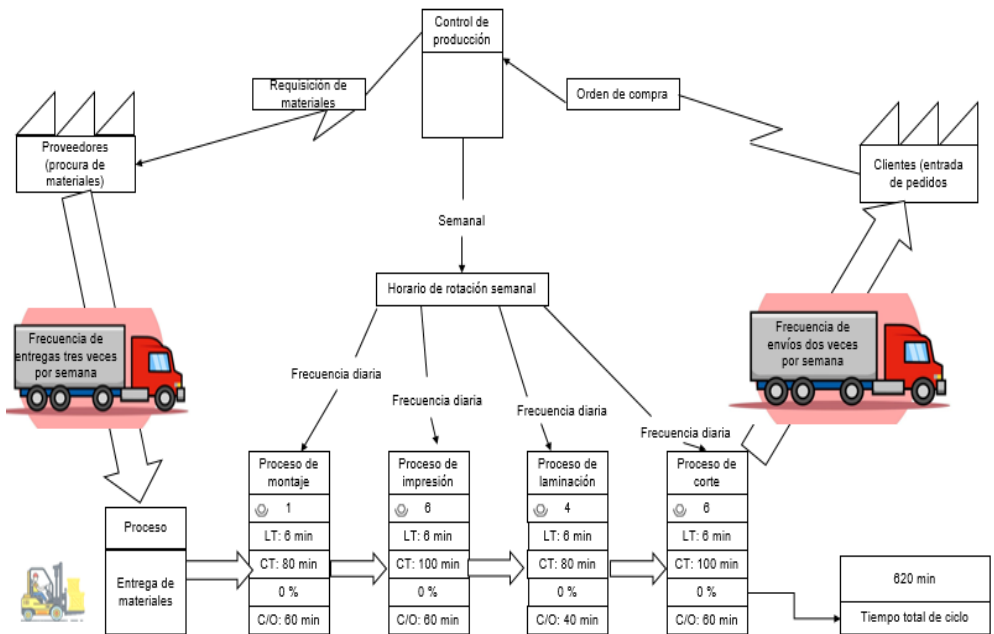


Figura 5. Mapa de Flujo de Valor (VSM) - Propuesta del Estado Futuro

La relación entre los hallazgos de cumplimiento y los indicadores de calidad revela un patrón de ineficiencia sistémica. Al analizar los tiempos de ciclo, se determinó que los re-procesos generados por el 45% de fallas en la impresión no solo incrementan el desperdicio de materia prima, sino que consumen la holgura del 10% pactada originalmente con los clientes. Esta desviación técnica explica por qué, a pesar de las tolerancias comerciales, el índice de cumplimiento se mantiene estancado en un 85%. Bajo esta premisa, la optimización del flujo hacia un ciclo de 620 minutos (Estado Futuro) se vuelve indispensable para recuperar dicha holgura, situándose por encima del umbral de rentabilidad operativa esperado para el sector de empaques en Aragua.

Finalmente, al integrar la tasa de defectos de impresión con la variabilidad detectada en los tiempos de entrega, se estima que el proceso actual de estas organizaciones opera en un nivel de capacidad de proceso (Sigma) inferior a 3.0. Este diagnóstico de línea base confirma una alta inestabilidad en el sistema productivo y justifica la transición hacia la fase de Mejora de la metodología DMAIC, orientada

específicamente a la estandarización de los parámetros del espectrodensitómetro para estabilizar la producción y reducir la brecha de entregas tardías.

La validez de los hallazgos fue ratificada en una mesa técnica con los gerentes de planta, quienes confirmaron que el 85% de cumplimiento es producto de la saturación operativa por re-procesos. Como respuesta técnica, se validó la implementación de un sistema Poka Yoke dual (ver Figura 6), que integra la delimitación física de áreas de trabajo con una Hoja de Verificación de Procesos. Esta herramienta estandariza el registro del diferencial de color (ΔE) en tres momentos del turno, permitiendo que cualquier desviación técnica sea detectada en la fuente. Esta transición de un control reactivo a uno proactivo es lo que garantiza la estabilidad del ciclo de 620 minutos propuesto, asegurando que la producción se mantenga dentro de los límites de control estadístico y otorgando fiabilidad práctica a la estrategia de mejora.

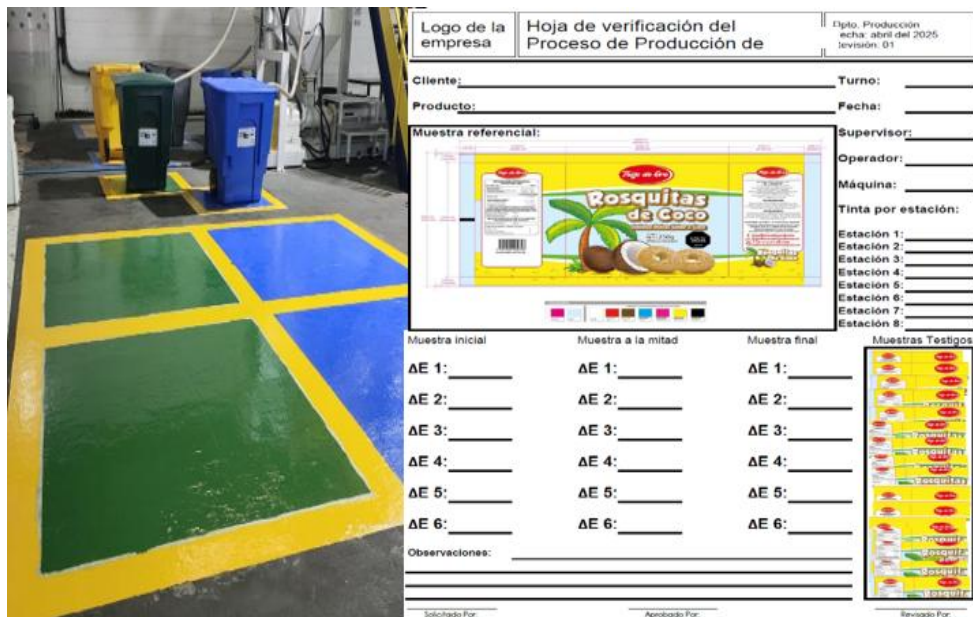


Figura 6. Sistema Poka-Yoke físico y operativo para la estandarización del control de variabilidad (ΔE) en los procesos de extrusión e impresión

Discusión

El análisis de los hallazgos en las organizaciones de empaques flexibles del estado Aragua permite contrastar la realidad operativa local con los postulados teóricos de la metodología Six Sigma. A diferencia de la sección de resultados, donde se evidenció una brecha cuantitativa, la discusión busca interpretar por qué estos indicadores afectan la competitividad del sector.

En primera instancia, el hallazgo de un 85% de cumplimiento en las entregas, aun contando con una holgura del 10%, difiere de lo expuesto por Kumari *et al.* (2024), quienes sostienen que la flexibilidad en los plazos suele estabilizar la cadena de suministro en mercados emergentes. En las empresas estudiadas, la holgura no actúa como un amortiguador de eficiencia, sino que es absorbida por la variabilidad interna. Este fenómeno se alinea con lo expuesto recientemente por Kaswan y Singh (2025), quienes en su estudio sobre manufactura sostenible demuestran que, en sectores de procesos continuos, la inestabilidad en los parámetros técnicos de entrada es el principal detractor de la eficiencia operativa, anulando cualquier estrategia de flexibilidad comercial. Esto sugiere que el problema no es la promesa comercial, sino una incapacidad de respuesta técnica que *Six Sigma* busca corregir mediante la reducción de tiempos de ciclo.

La incidencia del 45% en defectos de impresión como causa raíz de los retrasos guarda una estrecha relación con las investigaciones de Salazar *et al.* (2023), quienes señalan que la falta de estandarización en el set-up es el principal generador de desperdicios en la industria flexográfica. Al contrastar esto con los hallazgos en las empresas de Aragua, se evidencia que la posesión de tecnología (espectrodensitómetros) es insuficiente sin un control operativo robusto. La implementación del sistema *Poka-Yoke* dual (Figura 6) responde a esta brecha técnica, alineándose con la tesis de García (2022) sobre la necesidad de metodologías que aseguren la calidad en la fuente, y encontrando un sólido respaldo en Shbool *et al.* (2025), quienes sostienen que la eficacia de *Lean Six Sigma* en el sector de empaques depende de la integración de controles que permitan evaluar los modos de falla y priorizar las áreas de mejora con mayor impacto operativo. Este enfoque permite que la medición del ΔE deje de ser un registro pasivo para convertirse en un mecanismo de control

activo, garantizando que la variabilidad detectada en el ANOVA sea mitigada de forma sostenible.

Cabe destacar que tanto el diagnóstico de las causas raíz como la propuesta del sistema Poka-Yoke fueron presentados y validados mediante mesas técnicas con el personal gerencial y operativo de las empresas objeto de estudio en el estado Aragua. Esta retroalimentación permitió confirmar la viabilidad técnica de la hoja de control de ΔE y su integración en el flujo de trabajo diario, asegurando la aceptación de la herramienta por parte de los actores involucrados.

A pesar de la solidez de los hallazgos, esta investigación presenta limitaciones que deben ser consideradas en futuras líneas de estudio. El análisis se restringió a variables operativas internas (impresión y sellado), sin profundizar en la variabilidad reológica de las tintas importadas ni en las fluctuaciones térmicas de la extrusión bajo cortes eléctricos estacionales en el estado Aragua. Asimismo, la ventana de observación de seis meses impide evaluar el impacto de la fatiga de materiales en el nivel Sigma a largo plazo.

No obstante, las implicaciones prácticas de este estudio son significativas para el sector de empaques flexibles. La transición de un cumplimiento del 85% hacia el objetivo del 90% no depende de mayores inversiones en maquinaria, sino de la disciplina estadística introducida por el DMAIC. Como sostienen Skalli *et al.* (2023) y ratifican Marques *et al.* (2025) en su análisis sobre la sostenibilidad de resultados en mercados volátiles, la integración de Lean Six Sigma en la manufactura moderna permite un marco de trabajo integrado que garantiza la predictibilidad de los procesos. La implementación de la hoja de control y el Poka-Yoke físico (Figura 6) constituye, por tanto, un modelo replicable para otras organizaciones de la región que busquen estabilizar sus tiempos de respuesta y reducir costos por no-calidad.

Propuesta de implementación del modelo Lean Six Sigma

Para transformar los hallazgos en una solución operativa aplicable al sector de empaques flexibles en el eje industrial de Aragua, se ha diseñado un plan de despliegue basado en la ruta crítica DMAIC. Este esquema operativo responde a la necesidad de estabilizar la

variabilidad técnica en entornos de alta incertidumbre económica (Tortorella & Fettermann, 2024a). Las acciones tácticas, la asignación de responsabilidades y las métricas de control proyectadas para un ciclo de ejecución de 24 semanas se detallan a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2 Plan de implementación detallado para la optimización de procesos mediante Six Sigma

Fase DMAIC	Acciones Tácticas (Aporte Concreto)	Responsables	Indicadores y Metas (KPI)
Definir	Definición de Críticos para la Calidad (CTQ) y límites de tolerancia en extrusión.	Gerencia de Planta y Black Belt	Aprobación del Project Charter (100%).
Medir	Muestreo de variabilidad de calibre (film) y registro de tiempos de set-up.	Jefes de Turno y Green Belts	Capacidad de proceso inicial ($C_{pk} > 1.33$).
Analizar	Identificación de causas raíz de desperdicio mediante AMEF y diagramas de Pareto.	Equipo de Ingeniería de Procesos	Validación de variables críticas (X's).

Mejorar	Optimización de parámetros de soplado (DoE) y reducción de tiempos SMED en prensas.	Operadores y Green Belts	y	Reducción de Scrap (Meta: - 15%).
---------	---	--------------------------	---	-----------------------------------

Conclusiones

Una vez finalizada la investigación bajo la metodología Lean Six Sigma, se concluye que la variabilidad crítica en el sector de empaques plásticos flexibles del estado Aragua no reside en la capacidad instalada, sino en la falta de estandarización operativa. El diagnóstico inicial permitió identificar que el 45% de los retrasos en las entregas son consecuencia directa de defectos cromáticos en la impresión, lo que sitúa el cumplimiento actual en un 85%, por debajo de la meta estratégica del 90%.

La aplicación de la fase de Analizar, mediante el uso de ANOVA y herramientas de diagnóstico, demostró que la medición del $\square E$ era subjetiva y carecía de una frecuencia de control efectiva. En respuesta, la fase de Mejorar validó que la implementación de un Poka-Yoke dual (Figura 6) y una Hoja de Verificación estandarizada permiten capturar desviaciones en tiempo real. Esta intervención técnica transforma el control de calidad de un registro pasivo a un mecanismo preventivo que asegura la calidad en la fuente, tal como demanda la cadena de suministro de alimentos de consumo masivo en Venezuela.

Finalmente, se establece que el uso del ciclo DMAIC garantiza resultados medibles al optimizar los tiempos de procesamiento reflejados en el VSM. La reducción de desperdicios y la eliminación de re-trabajos mediante los controles propuestos permiten orientar la producción hacia el nivel de "cero defectos". Se concluye que la disciplina estadística, más que la inversión en capital, es el factor determinante para estabilizar los tiempos de respuesta y alcanzar los niveles de satisfacción del cliente exigidos en el mercado actual.

Referencias

- Arias, F. G. (2020). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* (7.^a ed.). Episteme.
- Brook, Q. (2020). *Lean Six Sigma and Minitab: The complete toolbox guide for business improvement* (6ta ed.). OPEX Resources Ltd.
- Citybabu, G., & Yamini, S. (2024). Lean Six Sigma 4.0 – a framework and review for Lean Six Sigma practices in the digital era. *Benchmarking: An International Journal*, 31(9), 3288-3326. <https://doi.org/10.1108/BIJ-09-2022-0586>
- Crosby, P. B. (1996). *Quality is still free: Making quality certain in uncertain times*. McGraw-Hill.
- Deming, W. E. (1989). *Fuera de la crisis*. Ediciones Díaz de Santos.
- Díaz, B. y López, J. (2025). *La fábrica que habla: Manual de Lean Manufacturing*. Universidad de Lima. Perú.
- Fayol, H. (1916). *Administration industrielle et générale*. Dunod et Pinat.
- George, M. L. (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*. McGraw-Hill.
- Gutiérrez, H. (2020). *Calidad y Productividad* (5ta ed.). McGraw-Hill.
- Harry, M., & Schroeder, R. (2000). *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. Doubleday.
- He, Z., & Park, S. H. (2024). Digital transformation and quality management: Evidence from East Asian manufacturing firms. *International Journal of Production Economics*, 268, 109-115. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.109115>
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management* (13th ed.). Pearson.
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.

- Ishikawa, K. (1988). *¿Qué es el control total de calidad? La modalidad japonesa*. Norma.
- Juran, J. M. (1993). *Juran sobre la planificación para la calidad*. Díaz de Santos.
- Kumari, S., Debbarma, R., Nasrin, N., Khan, T., Taj, S., & Bhuyan, T. (2024). Recent advances in packaging materials for food products. *Food Bioengineering*, 3, 236–249. <https://doi.org/10.1002/fbe2.12096>
- Laisequilla, J. I. (2024). *Metodologías de Mejora Continua: Lean Six Sigma en la Industria 4.0*. Editorial Universitaria.
- Lameijer, B. A., Pereira, W., & Antony, J. (2021). The implementation of Lean Six Sigma for operational excellence in digital emerging technology companies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(9), 260-284. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2020-0373>
- Marques, P., Conceição, L., Carvalho, A. M., & Reis, J. (2025). Driving sustainable operations: Aligning Lean Six Sigma practices with sustainability goals. *Sustainability*, 17(19), 8898. <https://doi.org/10.3390/su17198898>
- Martínez, A., Hernández-Gracia, T. J., Duana, D., y Martínez, E. (2024). Proceso productivo aplicando el Value Stream Mapping en la industria del plástico. *Revista Venezolana de Gerencia*, 29(106), 568-580. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.106.7>
- Mejías Acosta, A. A., Gutiérrez Pulido, H., Duque Araque, D., D'Armas Regnault, M., & Cannarozzo Tinoco, M. (2018). *Gestión de la Calidad: Una herramienta para la sostenibilidad organizacional*. Universidad de Carabobo. <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/handle/123456789/8423>
- Narkhede, G., Naranje, V., & Mahajan, S. (2026). Tri-dimensional review on integrating industry 4.0 and Lean Six Sigma for manufacturing excellence. *Discovery Sustainability*, 7(1), 1-22. <https://doi.org/10.1007/s43621-026-02961-z>
- Organización Internacional de Normalización «ISO». (2015). *Norma Internacional ISO 9000. Sistemas de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario*.

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>

- Parella, S., y Martins, F. (2017). *Metodología de la investigación cuantitativa* (4.^a ed.). Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Park, E., & Kwon, K. H. (2026). Smart and sustainable food packaging: recent advances in active/intelligent technologies and future directions. *Scifood*, 20(1), 1-19. <https://doi.org/10.5219/scifood.83>
- Pírela, O. (2024). Innovación en la industria plástica zuliana. Perspectivas Sostenibles para el 2030. *CICAG: Revista Electrónica Arbitrada del Centro de Ciencias Administrativas y Gerenciales*, 22(1), 138-152. <https://ojs.urbe.edu/index.php/cicag/es/article/view/3361>
- Saad, S. M., Bahadori, R., Jhovar, C., & Zhang, H. (2024). Industry 4.0 and Lean Manufacturing – a systematic review of the state-of-the-art literature and key recommendations for future research. *International Journal of Lean Six Sigma*, 15(5), 997-1024. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-02-2022-0021>
- Salvatierra, D. D. M., Ramos Alfonso, Y., & Castro Coello, R. L. (2025). Lean manufacturing y su aplicación en la industria de plástico. *Ingeniería Industrial*, (48), 63-87. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2025.n48.7659>
- Shbool, M. A., Al-Bazi, A., Yacoub, H., Zakarneh, M., Altkhaimi, M., & Alazazmeh, A. (2025). A Proposed Lean Six Sigma-Based Approach for Prioritizing the Impactful Improvement Areas: The Packaging Industry. *Management Systems in Production Engineering*, 33(1), 1-15. <https://doi.org/10.2478/mspe-2025-0018>
- Shewhart, W. A. (1931). *Economic Control of Quality of Manufactured Product*. D. Van Nostrand Company.
- Skalli, D., Charkaoui, A., Cherrafi, A., Garza-Reyes, J. A., Antony, J., & Shokri, A. (2023). Industry 4.0 and Lean Six Sigma integration in manufacturing: A literature review, an integrated framework and proposed research perspectives. *Quality Management Journal*, 30(1), 16-40. <https://doi.org/10.1080/10686967.2022.2144784>
- Skalli, D., Cherrafi, A., Charkaoui, A., Chiarini, A., Shokri, A., Antony, J., ... Foster, M. (2025). Integrating Lean Six Sigma and Industry

4.0: developing a design science research-based LSS4.0 framework for operational excellence. *Production Planning & Control*, 36(8), 1060–1086. <https://doi.org/10.1080/09537287.2024.2341698>

Taguchi, G. (1986). *Introduction to Quality Engineering: Designing Quality into Products and Processes*. Asian Productivity Organization.

Taylor, F. W. (1911). *The principles of scientific management*. Harper & Brothers.

Tortorella, G. L., & Fettermann, D. (2024a). Lean Manufacturing implementation in unstable economies: A Latin American perspective. *International Journal of Production Economics*, 260, 108-124. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.109015>

Tortorella, G. L., & Fettermann, D. C. (2024b). Implementation of Lean Six Sigma in Latin American manufacturing companies: Barriers and critical success factors. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 35(2), 245-268. <https://doi.org/10.1108/JMTM-06-2023-0234>.