



**Ciencia Latina**  
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2024,  
Volumen 8, Número 5.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i5](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5)

## **DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN MODELO LEAN SIX SIGMA COMO MÉTODO DE MEJORA CONTINUA EN LAS PYMES**

**DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A LEAN  
SIX SIGMA MODEL AS A CONTINUOUS  
IMPROVEMENT METHOD IN SMES**

**Israel Martínez Zárate**

Tecnologico Nacional de Mexico

**Iniria Guevara Ramírez**

Tecnologico Nacional de Mexico

**Jessica Cruz Manzo**

Tecnologico Nacional de Mexico

**Ramón Heredia García**

Tecnologico Nacional de Mexico

**Dulce María Osio Sánchez**

Tecnologico Nacional de Mexico

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rem.v8i5.14302](https://doi.org/10.37811/cl_rem.v8i5.14302)

## Desarrollo y Validación de un Modelo Lean Six Sigma como Método de Mejora Continua en las PyMes

**Israel Martínez Zárate**<sup>1</sup>

[israel.mz@tehuacan.tecnm.mx](mailto:israel.mz@tehuacan.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-7896-784X>

Tecnologico Nacional de Mexico  
Instituto Tecnologico de Tehuacan  
Universidad Nacional  
Mexico

**Iniria Guevara Ramírez**

[iniria.rg@tehuacan.tecnm.mx](mailto:iniria.rg@tehuacan.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-6390-1661>

Tecnologico Nacional de Mexico  
Instituto Tecnologico de Tehuacan  
Universidad Nacional  
Mexico

**Jessica Cruz Manzo**

[jessica.cm@tehuacan.tecnm.mx](mailto:jessica.cm@tehuacan.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0001-9872-1794>

Tecnologico Nacional de Mexico  
Instituto Tecnologico de Tehuacan  
Universidad Nacional  
Mexico

**Ramón Heredia García**

[ramon.hg@tehuacan.tecnm.mx](mailto:ramon.hg@tehuacan.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0009-0007-9343-1414>

Tecnologico Nacional de Mexico  
Instituto Tecnologico de Tehuacan  
Universidad Nacional  
Mexico

**Dulce María Osio Sánchez**

[osiodulcemaria20@gmail.com](mailto:osiodulcemaria20@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0003-5016-9453>

Tecnologico Nacional de Mexico  
Instituto Tecnologico de Tehuacan  
Universidad Nacional  
Mexico

### RESUMEN

Las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMES) juegan un papel esencial en el desarrollo económico a nivel mundial, impulsando la creación de empleos y fomentando la innovación en diversos sectores de creación de bienes y servicios. Sin embargo, estas empresas enfrentan retos significativos en cuanto a competitividad, eficiencia operativa y sostenibilidad. En grandes corporaciones, la metodología Lean Six Sigma (LSS) ha demostrado ser efectiva en la mejora continua de procesos, pero su aplicación en PyMES requiere una adaptación específica debido a la naturaleza y estructura única de estas organizaciones. Este trabajo presenta una metodología adaptada de LSS para PyMES, la cual está integrada por seis fases principales (Diagnóstico, Planeación, Investigación, Implementación, Seguimiento y Estandarización), que se enfoca en la simplificación de herramientas y procesos, haciendo énfasis en la flexibilidad y la optimización de recursos limitados. La metodología se validó, implementándola en una PyME del sector de embotelladoras de la región, que, con esta se consiguió alcanzar las metas establecidas en reducción de variabilidad de los productos, disminución de costos por reprocesos mejorando a su vez los tiempos de entrega y por supuesto aumentando la satisfacción de los clientes. Estos resultados destacan la efectividad del modelo propuesto, pero se recomienda continuar investigando y desarrollando el modelo propuesto para su aplicación en PyMES de otros sectores, con el fin de validar su eficacia y adaptabilidad en diferentes contextos empresariales.

**Palabras clave:** seis sigma esbelto, pymes, mejora continua, modelo, desarrollo

---

Autor principal 1

Correspondencia: [israel.mz@tehuacan.tecnm.mx](mailto:israel.mz@tehuacan.tecnm.mx)

# Development and Validation of a Lean Six Sigma Model as a Continuous Improvement Method in SMEs

## ABSTRACT

Small and medium-sized enterprises (SMEs) play an essential role in economic development worldwide, driving job creation and fostering innovation in various sectors for the creation of goods and services. However, these companies face significant challenges in terms of competitiveness, operational efficiency and sustainability. In large corporations, the Lean Six Sigma (LSS) methodology has proven to be effective in continuous process improvement, but its application in SMEs requires specific adaptation due to the unique nature and structure of these organizations. This paper presents an adapted LSS methodology for SMEs, which is integrated by six main phases (Diagnosis, Planning, Research, Implementation, Follow-up and Standardization), focusing on the simplification of tools and processes, emphasizing flexibility and optimization of limited resources. The methodology was validated by implementing it in an SME in the bottling sector in the region, which achieved the established goals of reducing product variability, reducing reprocessing costs, improving delivery times and, of course, increasing customer satisfaction. These results highlight the effectiveness of the proposed model, but it is recommended to continue researching and developing the proposed model for its application in SMEs in other sectors, in order to validate its effectiveness and adaptability in different business contexts.

**Keywords:** lean six sigma, smes, continuous improvement, model, development

*Artículo recibido 15 octubre 2024*

*Aceptado para publicación: 02 noviembre 2024*



## INTRODUCCIÓN

Las PYME enfrentan desafíos dinámicos relacionados con el medio ambiente, la competitividad y la mejora continua. Su papel es fundamental para el crecimiento económico de los países, pero también son responsables de una gran parte de las emisiones de carbono y la contaminación industrial (Singh et al., 2021). Por esta razón, es crucial que adopten estrategias que contribuyan a combatir el cambio climático. Entre estas estrategias, se destacan filosofías como Lean Manufacturing y Six Sigma, que, aunque tienen un gran potencial, su adopción y aplicación presentan ciertos retos. Estos desafíos incluyen la necesidad de avanzar desde la reducción de defectos en los procesos hasta la creación de una cadena de valor completamente libre de residuos (Powell et al., 2022).

Six Sigma es una metodología de mejora de procesos enfocada en la reducción de defectos y la variabilidad mediante el uso de técnicas estadísticas y análisis de datos. Su objetivo es alcanzar una calidad cercana a la perfección, con un máximo de 3.4 defectos por millón de oportunidades. Se basa en cinco fases clave: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (DMAIC). Esta metodología busca optimizar la eficiencia, mejorar la satisfacción del cliente y reducir costos en cualquier tipo de organización. Es aplicable a diversos sectores, incluidos manufactura y servicios (Dahab et al., 2024).

Lean Manufacturing es una filosofía de gestión enfocada en la optimización de procesos y la eliminación de desperdicios para maximizar el valor para el cliente. Se centra en identificar y eliminar actividades que no agregan valor en la cadena de producción, reduciendo tiempos de entrega, costos y recursos. Los principios clave incluyen la mejora continua, la estandarización de procesos y la flexibilidad para adaptarse a la demanda del mercado. Lean busca crear flujos de trabajo eficientes, mejorar la productividad y fomentar una cultura de mejora en todos los niveles de la organización.

La integración de ambas filosofías nos da como resultado Lean Six Sigma (LSS), que ha demostrado su utilidad, ya que trabaja en el enfoque a la mejora de la eficiencia y la calidad, que puede ser aplicado en diversas industrias, el cual permite mejorar su rentabilidad de estas. Sin embargo, su aplicación en PYMEs, particularmente en el contexto de la sostenibilidad, ha sido poco explorada. Las PYMEs, tienen una contribución importante en la economía de muchos países, podrían adoptar prácticas sostenibles que no solo optimicen sus operaciones, sino que también minimicen su impacto ambiental y ofrezca también beneficios a sus colaboradores y sociedad en general.



La fabricación sostenible apunta hacia objetivos muy claros, pero las herramientas utilizadas para lograr esos objetivos siempre se definirán en función de las nuevas tecnologías y maquinarias a las que puedan tener acceso. Lean Six Sigma (LSS) como herramienta no se introdujo originalmente con un enfoque ambiental, sino más bien con fines de productividad y reducción de costos, por tal motivo las empresas manufactureras necesitan equilibrar la productividad, rentabilidad y sostenibilidad para crear valor a largo plazo en un entorno económico complejo y dinámico. (Skalli et al., 2023).

## **METODOLOGÍA**

### **Desarrollo del modelo conceptual**

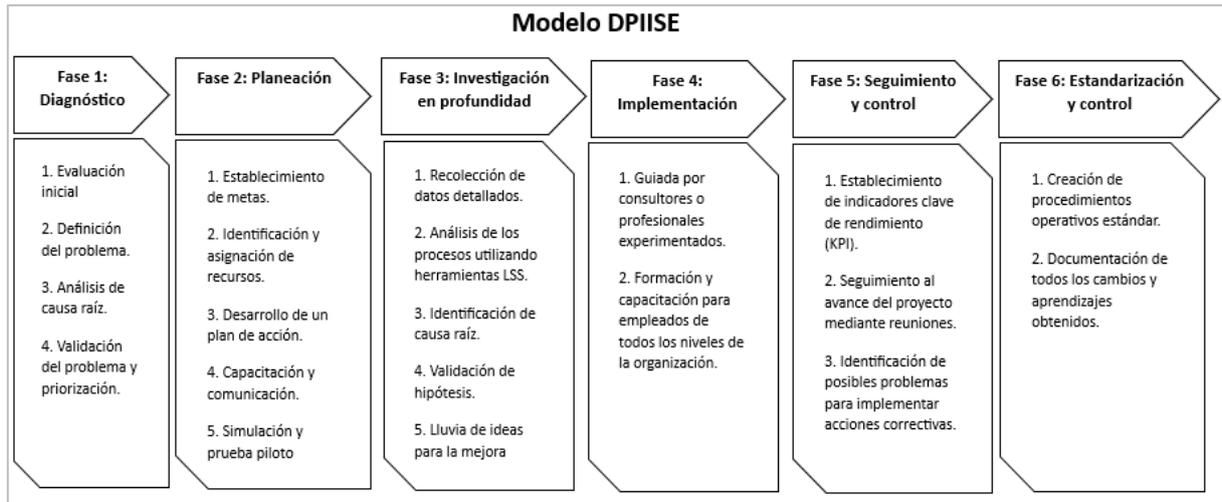
La metodología DMAIC (por sus siglas en inglés Define, Measure, Analyze, Improve, Control), que se utiliza para la implementación de Seis Sigma en las empresas, carece de una adaptación metodológica para su implementación en PyMES, ya que esta fue desarrollada por grandes corporaciones que cuentan con los recursos necesarios para llevar a cabo dicha implementación. Es por tal motivo, que se propone un modelo de implementación para pequeñas y medianas empresas que se adapte a las necesidades y recursos que estas disponen, el marco propuesto, denominado modelo DPIISE se organiza en seis fases principales, que son Diagnóstico, Planeación, Investigación, Implementación, Seguimiento y Estandarización (figura 1), destacando el diagnóstico que se debe realizar a las empresas para identificar fortalezas, debilidades y características específicas de las PyMES. Es fundamental reconocer que no existe un modelo perfecto debido a la gran cantidad de variables involucradas, y que la percepción de los modelos está influida por la experiencia, tanto personal como organizacional. Esta visión concuerda con la afirmación de Box y Draper (1986): "en esencia, todos los modelos son erróneos, pero algunos son útiles". Los líderes empresariales, directivos y responsables de mejora continua coinciden en que los modelos suelen no considerar las condiciones iniciales, los recursos disponibles y las competencias de la empresa. Por ello, en la primera fase del modelo, se evalúan los recursos con los que cuenta la empresa.

## **RESULTADOS**

A partir de la información anterior, se desarrolló un modelo de implantación de LSS (Lean Six Sigma) realista y específico para la empresa, en lugar de imponer un modelo predefinido (DMAIC) que podría no funcionar debido a la falta de compatibilidad y a la escasez de recursos.



**Figura 1. Modelo DPIISE**



Fuente Elaboración propia

### **Primera Fase: Diagnóstico y definición del problema.**

El diagnóstico y la definición del problema son fundamentales en cualquier proceso de mejora continua, especialmente en la aplicación de Lean Six Sigma (LSS) dentro de pequeñas y medianas empresas. Esta fase se centra en identificar de manera precisa las áreas que requieren intervención, utilizando las herramientas y técnicas propias de LSS para asegurar que el problema a resolver esté claramente delimitado y en sintonía con los objetivos estratégicos de la empresa.

#### **1. Evaluación Inicial del Estado de la Empresa**

El primer paso consiste en llevar a cabo una evaluación detallada del estado actual de la PyME. Este análisis incluye un examen minucioso de sus procesos operativos, estructura organizacional, capacidades tecnológicas y recursos humanos. La evaluación puede realizarse mediante entrevistas con los líderes clave, encuestas, revisión de documentos y observación directa de las operaciones.

Es esencial identificar cuellos de botella, desperdicios, variaciones en los procesos y otras ineficiencias que puedan estar afectando el desempeño de la empresa. También se debe considerar el nivel de conocimiento del personal en relación a LSS y otras metodologías de mejora continua, ya que esto influirá en la forma en que se desarrollará e implementará el programa de LSS.

#### **2. Definición Clara del Problema**

Con la evaluación inicial completada, el siguiente paso es definir el problema de manera clara y precisa, basándose en datos concretos. Es importante evitar abordar problemas vagos o demasiado amplios, y

en su lugar, enfocar en un problema específico que, al resolverse, tenga un impacto significativo en la eficiencia y competitividad de la PyME.

La definición del problema debe incluir:

**Descripción del problema:** Un enunciado claro y directo que resuma el problema identificado.

**Impacto:** Cuantificación del impacto del problema en términos de costos, tiempo, calidad u otros indicadores relevantes.

**Alcance:** Delimitación del problema en cuanto a procesos afectados, áreas de la empresa involucradas y recursos necesarios.

**Objetivos:** Definición de los objetivos que se buscan alcanzar al solucionar el problema.

### 3. Análisis de Causas Raíz

Para asegurar que se está abordando el problema adecuado, es fundamental realizar un análisis de las causas raíz, utilizando herramientas como el diagrama de Ishikawa o los 5 porqués. Este análisis ayuda a identificar no solo los síntomas del problema, sino también las causas subyacentes que deben ser abordadas para lograr una mejora sostenible.

### 4. Validación del Problema y Priorización

Finalmente, una vez que el problema ha sido definido y analizado, es crucial validar estos hallazgos con los líderes de la empresa y otras partes interesadas clave. Esta validación asegura que todos los involucrados estén alineados respecto a la importancia del problema y los objetivos del proyecto.

Es probable que durante la fase de diagnóstico se identifiquen múltiples problemas. En tal caso, será necesario priorizarlos en función de criterios como el impacto en la empresa, la facilidad de implementación y la disponibilidad de recursos. Esta priorización guiará la secuencia de implementación de las soluciones, asegurando un uso eficiente de los recursos limitados de la PyME.

Una vez comprendida la situación actual a través de la fase de diagnóstico, se puede desarrollar el plan de acción a seguir. Este plan, basado en la evaluación previa, se convierte en la base de la estrategia de implementación.

### Segunda Fase: Planeación

Una fase de implementación exitosa depende de un plan bien diseñado, este plan debe ser personalizado para la empresa y ajustado a sus capacidades y recursos. La fase de planeación es esencial para la



implementación exitosa de Lean Six Sigma (LSS) en pequeñas y medianas empresas (PyMEs). En esta etapa, se diseñan las estrategias y acciones necesarias para abordar el problema definido en la fase anterior. Una planificación adecuada asegura que los recursos sean utilizados de manera eficiente y que todas las actividades estén alineadas con los objetivos estratégicos de la empresa.

### **1. Establecimiento de Metas y Objetivos Claros**

El primer paso en la fase de planeación es establecer metas y objetivos específicos que se desean alcanzar mediante la implementación de LSS. Estos objetivos deben ser:

Específicos: Claramente definidos y centrados en los problemas identificados.

Medibles: Cuantificables para facilitar la evaluación del progreso.

Alcanzables: Realistas, teniendo en cuenta los recursos y capacidades de la PyME.

Relevantes: Alineados con los objetivos estratégicos de la empresa.

Temporales: Definidos en términos de un marco de tiempo para su realización.

Por ejemplo, si el problema identificado es la alta variabilidad en el tiempo de entrega de un producto, un objetivo podría ser reducir esa variabilidad en un 20% en un plazo de seis meses.

### **2. Identificación y Asignación de Recursos**

Una vez definidos los objetivos, es necesario identificar y asignar los recursos necesarios para la implementación del proyecto. Estos recursos incluyen:

Humanos: Selección de un equipo de proyecto con roles claramente definidos. Es importante que el equipo incluya personas con conocimiento en LSS, así como aquellos que están directamente involucrados en el proceso que se va a mejorar.

Financieros: Presupuesto estimado para cubrir costos asociados, como formación, consultoría, herramientas y tiempo de trabajo.

Tecnológicos: Herramientas y sistemas que serán utilizados para recopilar datos, analizar procesos y monitorear el progreso.

Materiales: Cualquier material adicional necesario para implementar cambios en los procesos.

Es crucial que los recursos sean adecuados y suficientes para lograr los objetivos establecidos, evitando la sobrecarga del equipo o la escasez de herramientas necesarias.



### **3. Desarrollo de un Plan de Acción Detallado**

Con los recursos asignados, se procede a desarrollar un plan de acción detallado. Este plan debe incluir:

**Tareas Específicas:** Desglose de las actividades necesarias para implementar cada solución. Cada tarea debe estar claramente definida y asignada a un responsable.

**Cronograma:** Establecimiento de un calendario que indique cuándo se completará cada tarea. El cronograma debe ser realista, permitiendo suficiente tiempo para la implementación y la resolución de problemas imprevistos.

**Indicadores de Desempeño:** Definición de métricas clave para evaluar el progreso del proyecto. Estos indicadores deben ser monitoreados regularmente para asegurar que el proyecto avanza según lo planificado.

**Riesgos y Contingencias:** Identificación de posibles riesgos que podrían afectar la implementación y desarrollo de planes de contingencia para mitigarlos. Esto incluye riesgos como la resistencia al cambio, problemas técnicos o falta de recursos.

### **4. Capacitación y Comunicación**

La capacitación del personal es un componente crítico en la fase de planeación. Es esencial que todos los involucrados comprendan los principios de LSS y cómo se aplicarán en el contexto de la empresa. La capacitación debe estar orientada tanto a los miembros del equipo de proyecto como al personal operativo que participará en la implementación.

Además, la comunicación juega un papel vital. Se debe establecer un plan de comunicación para mantener a todas las partes interesadas informadas sobre el progreso del proyecto, los cambios en los procesos y los resultados esperados. Una comunicación efectiva minimiza la resistencia al cambio y fomenta la colaboración.

### **5. Simulación y Prueba Piloto**

Antes de la implementación a gran escala, es recomendable realizar una simulación o una prueba piloto en una parte controlada del proceso. Esto permite identificar posibles problemas y ajustar el plan de acción antes de desplegarlo en toda la empresa. La prueba piloto también sirve como una oportunidad para validar los métodos y herramientas seleccionadas.



### **Tercera Fase: Investigación en profundidad**

La fase de investigación en profundidad es clave para entender a fondo las causas raíz de los problemas identificados en la fase de diagnóstico y definición del problema. En esta etapa, se recogen y analizan datos detallados sobre los procesos de la empresa, utilizando herramientas avanzadas de Lean Six Sigma (LSS) para obtener una visión clara de las áreas que requieren mejora. Este análisis exhaustivo es fundamental para desarrollar soluciones efectivas que aborden los problemas desde su origen.

#### **1. Recolección de Datos Detallados**

El primer paso en la investigación en profundidad es la recopilación de datos detallados y específicos sobre los procesos que se están evaluando. Es crucial que los datos sean precisos y representativos para garantizar la validez del análisis. Este proceso incluye:

**Datos Cuantitativos:** Recopilación de métricas clave como tiempos de ciclo, tasas de defectos, costos de producción, entre otros. Estas cifras proporcionan una base sólida para el análisis estadístico.

**Datos Cualitativos:** Recolección de información cualitativa, como observaciones de los operadores, feedback de clientes y auditorías de procesos. Estos datos ofrecen un contexto más amplio para comprender las dinámicas del proceso.

**Fuentes de Datos:** Utilización de diversas fuentes, como sistemas de gestión de calidad, informes de producción, entrevistas con el personal y encuestas a clientes, para asegurar una visión completa del proceso.

#### **2. Análisis de los Procesos Utilizando Herramientas LSS**

Con los datos recopilados, se procede al análisis detallado de los procesos mediante herramientas de LSS. Estas herramientas ayudan a identificar las causas raíz de los problemas y proporcionan una comprensión profunda de cómo funcionan los procesos actuales. Algunas de las herramientas utilizadas incluyen:

**Mapeo de Procesos:** Creación de mapas de procesos detallados para visualizar cada paso del proceso y detectar posibles cuellos de botella, redundancias o actividades que no añaden valor.

**Análisis de Causa Raíz (RCA):** Utilización de técnicas como los 5 porqués, el diagrama de Ishikawa (diagrama de pescado), o el análisis de Pareto para identificar las causas fundamentales de los problemas.



**Control Estadístico de Procesos (SPC):** Aplicación de gráficos de control y análisis estadístico para monitorear la variabilidad del proceso y determinar si las variaciones son normales o indicativas de un problema subyacente.

**Análisis de Capacidad del Proceso:** Evaluación de la capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones requeridas, utilizando índices de capacidad como Cp, Cpk, Pp, y Ppk.

### 3. Identificación de Causas Raíz

El análisis realizado permite identificar las causas raíz de los problemas. Es fundamental diferenciar entre las causas superficiales y las causas raíz, ya que estas últimas son las que verdaderamente deben ser abordadas para lograr mejoras sostenibles. Las causas raíz pueden estar relacionadas con diversos factores, los cuales podemos clasificar mediante el método conocido como las 6M:

**Materia prima:** Proveedores inconsistentes, materiales defectuosos o falta de estandarización en los insumos.

**Métodos de trabajo:** Procedimientos mal diseñados, falta de capacitación, métodos de trabajo ineficaces o métodos no estandarizados.

**Mano de obra:** Falta de compromiso o motivación del personal, resistencia al cambio, deficiencias en la comunicación.

**Medio ambiente:** Entorno de trabajo inadecuado, como iluminación, temperatura o espacio insuficiente.

**Mediciones:** No hay capacitaciones para quienes toman las mediciones de los productos, es inexistente el mantenimiento a equipos de medición, los equipos son obsoletos y difíciles de calibrar.

**Maquinaria:** La adecuada operatividad de la maquinaria es crucial para minimizar fallos, reducir tiempos de inactividad y asegurar la calidad del producto final, si el estado de la máquina es deteriorado, la eficiencia del equipo no será la ideal.

### 4. Validación de Hipótesis

Una vez identificadas las posibles causas raíz, es importante validar las hipótesis a través de pruebas y experimentos. Esto puede implicar:

**Pruebas de hipótesis:** Realización de experimentos controlados para confirmar si las causas identificadas realmente contribuyen a los problemas.



**Análisis de correlación y regresión:** Utilización de técnicas estadísticas para verificar las relaciones entre variables y confirmar la influencia de las causas identificadas.

**Simulaciones:** Creación de modelos de simulación para predecir el comportamiento del proceso bajo diferentes escenarios y validar las soluciones propuestas.

## **5. Generación de Ideas para la Mejora**

Con las causas raíz identificadas y validadas, se generan ideas y posibles soluciones para eliminar o mitigar estas causas. En esta etapa, se fomenta la creatividad y la colaboración, involucrando a todo el equipo de proyecto, así como a otros empleados que puedan ofrecer perspectivas valiosas. Las ideas se evalúan en términos de su viabilidad, impacto potencial, y alineación con los objetivos estratégicos de la PyME.

### **Cuarta Fase: Implementación**

Es recomendable que la fase de implementación sea inicialmente guiada por consultores o profesionales experimentados. La comunicación y un liderazgo fuerte son esenciales para el éxito de la implementación del LSS.

Para que la implementación sea exitosa, todos en la empresa deben hablar el mismo idioma, es decir, todos en la organización deben estar familiarizados con el proyecto de mejora que se está intentando implantar, es por esta razón que la formación debe dirigirse a empleados de todos los niveles. No todos necesitan el mismo nivel de conocimiento en LSS, pero todos deben entender la iniciativa de la empresa y su propósito. La capacitación es fundamental no solo para la ejecución de la iniciativa global, sino también para el éxito de cada proyecto individual. Es necesario tener en cuenta que surgirán obstáculos durante este proceso, lo que requerirá habilidades prácticas para superarlos.

Es importante reconocer que no todos los proyectos son iguales. Los problemas sencillos deben resolverse de inmediato, en contraste con los problemas complejos que requieren un análisis más a detalle. A medida que la empresa madura, los proyectos seleccionados y ejecutados deben evolucionar acorde con las crecientes capacidades de la organización.

### **Quinta Fase: Seguimiento y Control**

La fase de seguimiento y control en la implementación de Lean Six Sigma en PYMEs se centra en garantizar que las mejoras introducidas durante el proceso se mantengan y continúen generando los



resultados esperados. Durante esta etapa, se establecen indicadores clave de rendimiento (KPI) específicos para monitorear el avance de los proyectos de mejora. Se realizan reuniones periódicas para revisar estos indicadores y se utilizan herramientas de control como gráficos de control, auditorías internas y revisiones de desempeño para identificar posibles desviaciones.

Si se detectan problemas o variaciones que puedan afectar los resultados, se implementan acciones correctivas de inmediato para realinear el proyecto con los objetivos iniciales. Es esencial involucrar a todos los niveles de la organización en este proceso para asegurar que el control sea eficaz y que las mejoras se integren de manera sostenible en las operaciones diarias. La transparencia en la comunicación y la responsabilidad compartida son clave para el éxito en esta fase.

### **Sexta Fase: Estandarización y Documentación**

Una vez que las mejoras han sido controladas y se ha comprobado su efectividad, se procede a la fase de estandarización y documentación. En esta etapa, los nuevos procesos y prácticas optimizadas se formalizan mediante la creación de procedimientos operativos estándar (SOP). Estos SOPs sirven como guías claras y detalladas que describen cómo deben llevarse a cabo las tareas para asegurar la consistencia y calidad en la operación.

Además de la estandarización, se documentan todos los cambios y aprendizajes obtenidos durante el proceso de implementación de Lean Six Sigma. Esta documentación incluye análisis de datos, decisiones clave, mejoras logradas y lecciones aprendidas, y se organiza de manera que sea fácilmente accesible para futuros proyectos o auditorías. La estandarización y documentación no solo facilitan la replicación de éxitos en otras áreas de la empresa, sino que también crean una base sólida para la mejora continua a largo plazo, garantizando que el conocimiento y las mejores prácticas se preserven y se transmitan dentro de la organización.

La metodología propuesta se validó mediante la implementación de este modelo a una empresa embotelladora de la región, de la cual omitimos el nombre por políticas de confidencialidad,

### **1. Fase de Diagnóstico y Definición del Problema**

**Objetivo:** Identificar los problemas críticos que afectan la calidad, los costos y la eficiencia operativa en la producción de bebidas.



**Problema detectado:** La empresa tiene una tasa de defectos del 8% en sus lotes de producción, que se refleja principalmente en botellas mal selladas, volúmenes de llenado inconsistentes y problemas con el etiquetado. Esto genera desperdicios y reclamaciones por parte de los clientes. A continuación, se presentan los factores críticos de calidad que piden nuestros principales clientes.

**Tabla 1** – Fuente: elaboración propia

Cliente	VOC	Traducción del proceso	CTQ variable que mide el cumplimiento al cliente
Gerente de Producción	El exceso de peso está afectando significativamente el costo unitario del producto	El éxito de este proyecto nos permite reducir el costo unitario en al menos 1%	Costo/unidad
Gerente de Marca 1	Eliminar las variaciones de peso nos hará más fuertes para consolidar la marca	Reducción de variabilidad en peso empacado	Desviación Estándar Peso Empacado
Gerente de Marca 2	Necesito terminar con los reclamos por bajo contenido	Menor ocurrencia de unidades envasadas por debajo de especificación mínima	% reclamos por debajo contenido % reclamos por bajo peso
Servicio al Cliente	27% de las quejas recibidas tiene como problemas de peso y contenido.	Debemos tener un mejor control sobre la densidad del producto a envasar, así también lograr la menor variabilidad posible en peso y contenido empacado.	% reclamos por debajo contenido % reclamos por bajo peso Desviación Estándar Peso Empacado
Logística	Los estándares de peso cargados al sistema mantienen desactualizados debido a la alta variación en el área de línea	Reducir variabilidad y actualizar estándares en el sistema de Logística.	Desviación Estándar Peso Empacado

**Datos clave:**

*Producción diaria:* 10,000 botellas de diversas bebidas (jugos, agua saborizada, refrescos, bebidas alcohólicas).

*Defectos:* 800 botellas diarias con problemas de sellado y volumen.

*Desperdicios:* Pérdidas de hasta 100 litros diarios de producto debido a derrames por mal sellado.

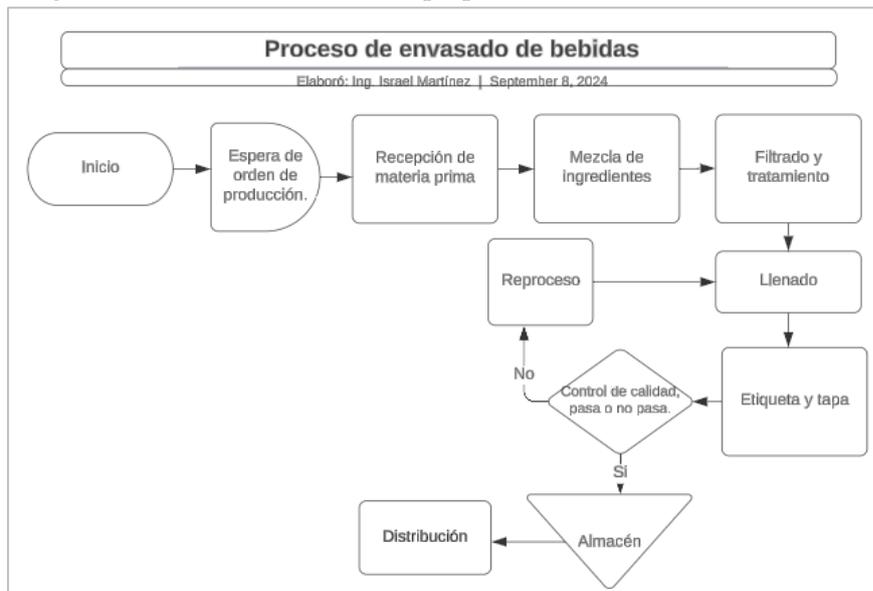
Se detecta también un bajo OEE (Overall Equipment Effectiveness) del 70%, principalmente por tiempos muertos entre lotes, cambio de formatos y mantenimiento no planificado.



**Mapeo del proceso:** Se mapeó el proceso desde la recepción de materias primas (agua, saborizantes, botellas, tapas) hasta el almacenaje y distribución. Se identificaron cuellos de botella en esperar órdenes de producción, en la etapa de llenado y sellado.

Un punto clave en la etapa de llenado es la calibración del CO2 en la máquina llenadora, ya que de esta depende que el llenado sea el correcto.

**Diagrama 1** – Fuente: elaboración propia.



## 2. Fase de Planeación

**Objetivo:** Planificar las acciones necesarias para reducir los defectos y mejorar la eficiencia.

### Metas

Reducir la tasa de defectos del 8% al 2% en seis meses.

Aumentar la eficiencia global del equipo (OEE) del 70% al 85%.

Reducir los tiempos de cambio de línea de 45 minutos a 20 minutos.

### Acciones implementadas

Se aplicó la metodología *SMED* para reducir los tiempos de cambio entre diferentes botellas/formatos.

Implementación del *Control Estadístico de Procesos (SPC)* en las etapas de llenado y sellado para identificar variaciones en tiempo real.

Capacitación al personal en metodología 5's, con esto se logró mantener el área de trabajo limpia y organizada.

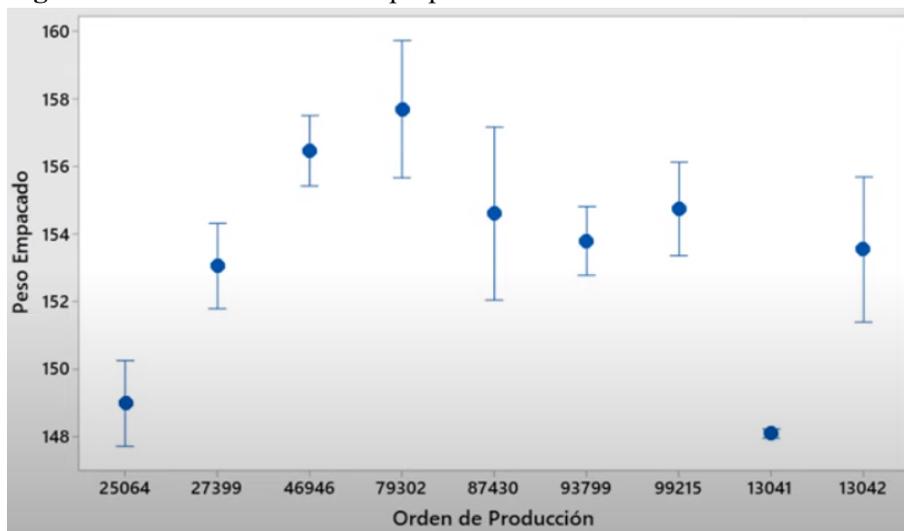
**Equipo de mejora:** Se conformó un equipo multidisciplinario con el jefe de producción, personal de mantenimiento, operarios y el ingeniero de calidad. Se les capacita en las herramientas de Six Sigma y Lean.

### 3. Fase de Investigación en Profundidad

**Objetivo:** Identificar las causas raíz de los problemas detectados.

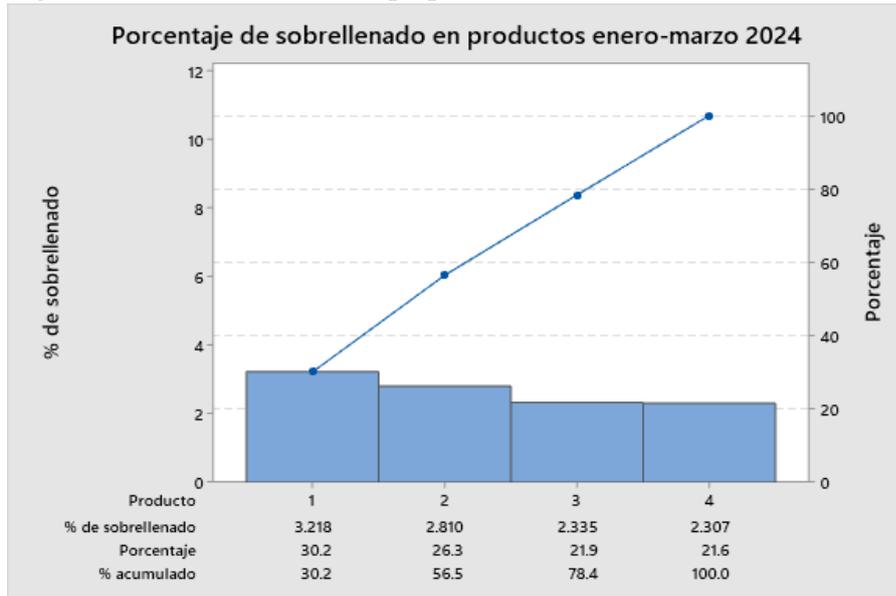
**Análisis de datos históricos:** Se analizaron los datos de producción de los últimos tres meses, identificando que el 70% de los defectos de sellado ocurren en los cambios de lote cuando se ajusta la maquinaria para diferentes tamaños de botellas. En la siguiente ilustración se puede ver la diferencia en de los llenados en diferentes órdenes de producción.

**Figura 2** – Fuente: Elaboración propia



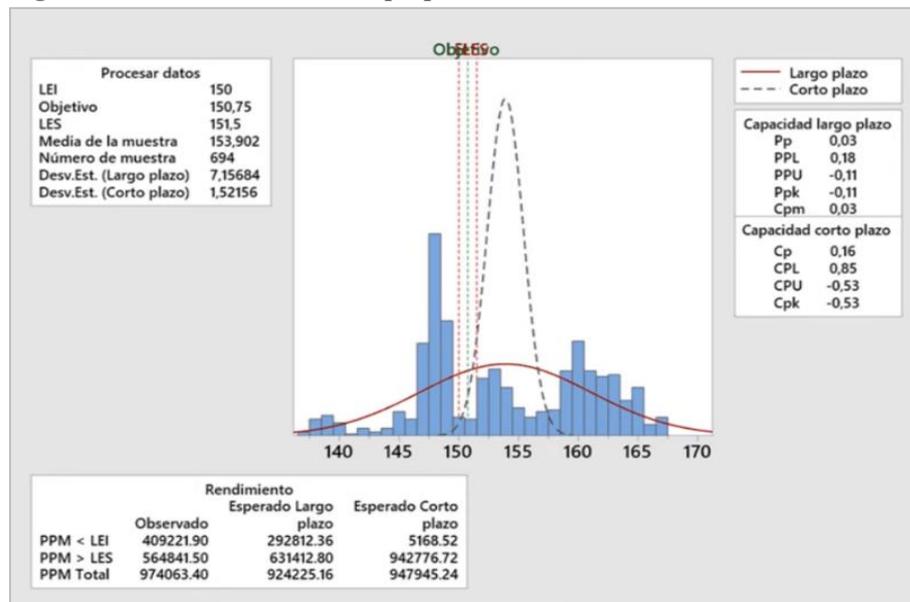
**Causa raíz del problema de volumen inconsistente:** Se descubrió que las máquinas de llenado estaban descalibradas, lo que causaba mucha variación en el volumen de llenado, esto daba como resultado que las botellas tuvieran entre 2% y 4% por debajo o por encima de lo establecido.

**Figura 3** – Fuente: Elaboración propia



También se puede observar en el histograma que, la variabilidad en el volumen de las botellas tiene mucha variabilidad y que es necesario hacer un ajuste.

**Figura 4** – Fuente: elaboración propia



**Estudio de tiempo y movimientos:** los tiempos de cambio de formato en las líneas de llenado eran bastante elevados debido a la falta de herramientas especializadas y la necesidad de ajustes manuales repetitivos, además de no contar con un manual de procedimientos para los cambios de presentación.

**Encuestas a los operarios:** Los trabajadores mencionan que la falta de mantenimiento preventivo causa problemas frecuentes con las máquinas de sellado, lo que explica el alto porcentaje de botellas mal selladas.

#### **4. Fase de Ejecución**

**Objetivo:** Implementar las soluciones propuestas en la planeación.

**Aplicación de SMED:** Se reorganizaron las herramientas y se estandarizaron los procedimientos para los cambios de formato, reduciendo los tiempos de 45 minutos a 25 minutos en los dos primeros meses. Para el sexto mes se tuvo un tiempo mínimo de 21 minutos, siendo este el mejor tiempo jamás visto en los cambios de presentación dentro de la empresa.

**Implementación de SPC:** Se instalaron controles en línea en las máquinas de llenado y tapado para medir la variabilidad en tiempo real. Los datos de llenado y sellado se monitorean constantemente, y se hacen ajustes automáticos en caso de detectar variaciones.

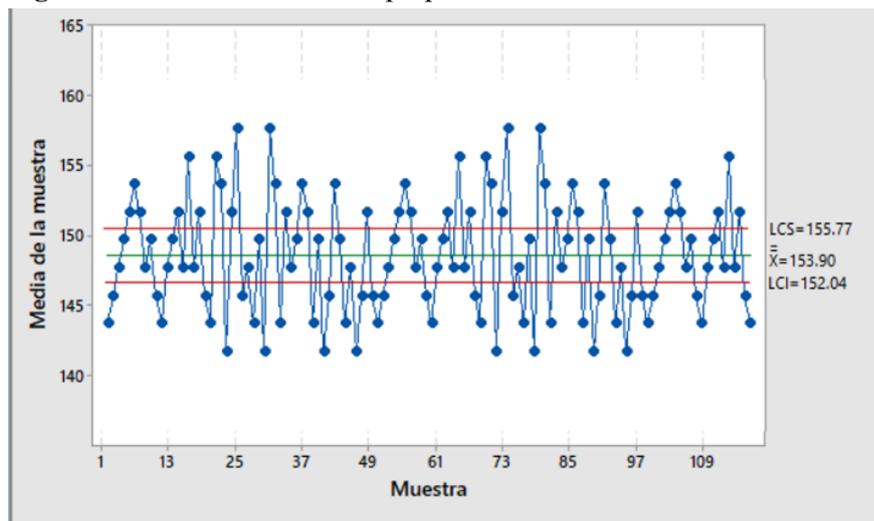
Luego de un plazo de 16 semanas para la implementación se han comprado los siguientes resultados:

1. Reducción significativa de la variación total
2. Aumento significativo en la estabilidad del proceso
3. Reducción significativa de la variación entre válvulas

A continuación, presentamos gráficos y pruebas estadísticas:

Reducción de eventos de puntos por fuera de los límites de control y evidente reducción de Gráfico de control antes y después de 16 semanas de implementación.

**Figura 5** – Fuente: elaboración propia.



**Mantenimiento preventivo:** Se implementa un programa de mantenimiento preventivo semanal para las máquinas de llenado y sellado, reduciendo las fallas y paros imprevistos en un 40%.

**Capacitación en 5s:** Los operarios participan en un programa de mejora del entorno de trabajo, lo que resulta en un área de producción más limpia y organizada, reduciendo errores y tiempos de búsqueda de herramientas.

## 5. Fase de Seguimiento y Control

**Objetivo:** Monitorear el progreso de las mejoras y asegurar que se mantengan.

**Revisión de indicadores clave:** Durante los primeros tres meses, el OEE aumenta del 70% al 80%, y la tasa de defectos se reduce al 4%. La empresa realiza reuniones semanales para evaluar los datos de SPC y ajustar las operaciones según sea necesario.

**Auditorías internas:** Se realizan auditorías mensuales para asegurar que los procedimientos de cambio de formato y mantenimiento preventivo se sigan al pie de la letra.

### Indicadores clave:

*OEE:* 80% a los tres meses.

*Tasa de defectos:* Reducción al 4% en la mitad del tiempo proyectado.

*Tiempos de cambio de formato:* Reducción de 45 minutos a 20 minutos en cuatro meses.

## 6. Fase de Estandarización y Documentación

**Objetivo:** Estandarizar los nuevos procesos y asegurarse de que las mejoras se mantengan a largo plazo.

**Documentación de procedimientos:** Se crean procedimientos documentados para el mantenimiento preventivo y los cambios de formato de las líneas de producción. Estos documentos se distribuyen entre todo el personal para asegurar que todos sigan los mismos pasos.

**Estandarización de mejores prácticas:** Los procedimientos de llenado, sellado y cambio de formato se estandarizan y se implementan como parte de las operaciones diarias.

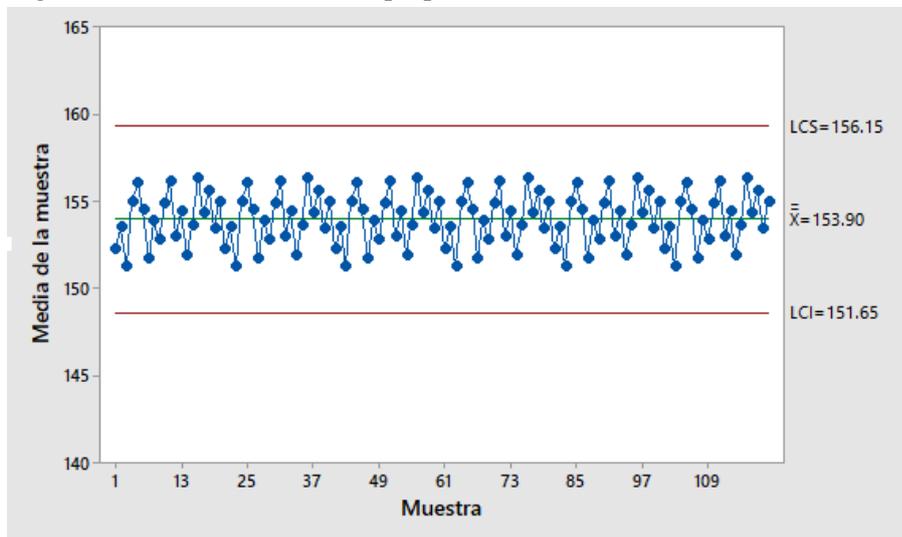
**Capacitación continua:** Se establece un programa de capacitación mensual para operarios nuevos y para repasar los procedimientos con el equipo existente. Además, se promueve un sistema de mejora continua donde los empleados pueden sugerir cambios.

**Revisión periódica de la documentación:** Cada seis meses se revisa y actualiza la documentación para asegurar que refleje las mejores prácticas y que cualquier nueva mejora quede documentada.

Resultados finales del proyecto

Indicadores	Valores Antes	Valores Después
Overweight	3.33%	1.70%
Underweight	0.86%	0.30%

Figura 6 – Fuente: elaboración propia



Beneficios económicos estimados para Enero 2025: \$104,000 pesos M.N.

## CONCLUSIONES

Se logró la implementación de un sistema de calidad, lean six sigma con el fin de establecer la uniformidad en los procesos con el objetivo de reducir la variación del producto final y con este método minimizar los defectos de un producto.

Realizando este proyecto de mejora de producción y calidad en la empresa, los resultados son positivos teniendo un beneficio económico estimado para enero 2025 de: \$104,000 pesos M.N, reduciendo el sobrellenado de un 3.33% a 1.70% y el llenado deficiente de un 0.86% a un 0.30%. Se recomienda seguir con el proceso de implementación de la metodología en otras áreas como lo son el área de líquidos, serigrafía y almacén, con esto se logrará integrar la filosofía de Lean Six Sigma en toda la empresa, siempre con el fin de buscar la excelencia operacional.

### Investigación futura

Este proceso de implementación y la metodología propuesta DPIISE, se debe seguir probando en otros ramos de la manufactura y de servicios, ya que esta investigación solamente está enfocada a la industria embotelladora y no podemos generalizar los resultados de esta, hacia otros contextos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Antony, J., Krishan, N., Cullen, D., & Kumar, M. (2012). Lean Six Sigma for higher education institutions (HEIs). *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61(8), 940–948. <https://doi.org/10.1108/17410401211277165>
- Cherrafi, A., Elfezazi, S., Chiarini, A., Mokhlis, A., & Benhida, K. (2016). The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model. *Journal of Cleaner Production*, 139, 828–846. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.101>
- Dahab, A., Younes, M. A., & Backar, S. (2024). Deployment of Lean Six Sigma framework with environmental considerations in SMEs: a case study. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 41(3), 389–417. <https://doi.org/10.1504/ijpqm.2024.137323>
- Erdil, N. O., Aktas, C. B., & Arani, O. M. (2018). Embedding sustainability in lean six sigma efforts. *Journal of Cleaner Production*, 198, 520–529. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.048>



- Farrukh, A., Mathrani, S., & Sajjad, A. (2021). A comparative analysis of green-lean-six sigma enablers and environmental outcomes: a natural resource-based view. *International Journal of Lean Six Sigma*, 15(3), 481–502. <https://doi.org/10.1108/ijlss-05-2021-0095>
- Hariyani, D., & Mishra, S. (2023). A descriptive statistical analysis of enablers for integrated sustainable-green-lean-six sigma-agile manufacturing system (ISGLSAMS) in Indian manufacturing industries. *Benchmarking: An International Journal*, 31(3), 824–865. <https://doi.org/10.1108/bij-06-2022-0344>
- Ibikunle, A. K., Rajemi, M. F., & Zahari, F. M. (2023). Implementation of lean manufacturing practices and six-sigma among Malaysian manufacturing SMEs: intention to implement IR 4.0 technologies. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 41(2), 447–468. <https://doi.org/10.1108/ijqrm-03-2022-0086>
- Muhammad, N., Upadhyay, A., Kumar, A., & Gilani, H. (2022). Achieving operational excellence through the lens of lean and Six Sigma during the COVID-19 pandemic. *The International Journal of Logistics Management*, 33(3), 818–835. <https://doi.org/10.1108/ijlm-06-2021-0343>
- Parmar, P. S., & Desai, T. N. (2020). Evaluating Sustainable Lean Six Sigma enablers using fuzzy DEMATEL: A case of an Indian manufacturing organization. *Journal of Cleaner Production*, 265, 121802. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121802>
- Powell, D., Magnanini, M. C., Colledani, M., & Myklebust, O. (2022). Advancing zero defect manufacturing: A state-of-the-art perspective and future research directions. *Computers in Industry*, 136, 103596. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103596>
- Psarommatis, F., Sousa, J., Mendonça, J. P., & Kiritsis, D. (2021). Zero-defect manufacturing the approach for higher manufacturing sustainability in the era of industry 4.0: a position paper. *International Journal of Production Research*, 60(1), 73–91. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1987551>
- Rathi, R., Kaswan, M. S., Garza-Reyes, J. A., Antony, J., & Cross, J. (2022). Green Lean Six Sigma for improving manufacturing sustainability: Framework development and validation. *Journal of Cleaner Production*, 345, 131130. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131130>



- Ruben, R. B., Vinodh, S., & Asokan, P. (2017). Lean Six Sigma with environmental focus: review and framework. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(9–12), 4023–4037. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-1148-6>
- Santos, B. B., Sigahi, T. F. A. C., Rampasso, I. S., Moraes, G. H. S. M. D., Leal Filho, W., & Anholon, R. (2023). Lean leadership: a bibliometric analysis. *Benchmarking: An International Journal*, 31(1), 265–277. <https://doi.org/10.1108/bij-07-2022-0468>
- Singh, M., Kaswan, M. S. S., & Rathi, R. (2024). Empirical analysis of strategies to overcome the barriers of LSS implementation in Indian small manufacturing enterprises: an application of ISM-MICMAC. *International Journal of Lean Six Sigma*, 15(4), 886–905. <https://doi.org/10.1108/ijlss-06-2023-0099>
- Singh, M., Rathi, R., & Garza-Reyes, J. A. (2021). Analysis and prioritization of Lean Six Sigma enablers with environmental facets using best worst method: A case of Indian MSMEs. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123592. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123592>
- Skalli, D., Charkaoui, A., Cherrafi, A., Garza-Reyes, J. A., Antony, J., & Shokri, A. (2023). Analyzing the integrated effect of circular economy, Lean Six Sigma, and Industry 4.0 on sustainable manufacturing performance from a practice-based view perspective. *Business Strategy and the Environment*, 33(2), 1208–1226. Portico. <https://doi.org/10.1002/bse.3546>
- Titmarsh, R., Assad, F., & Harrison, R. (2020). Contributions of lean six sigma to sustainable manufacturing requirements: an Industry 4.0 perspective. *Procedia CIRP*, 90, 589–593. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.044>

