

Universidad de Lima  
Facultad de Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Industrial



# **ENHANCING MACHINE AVAILABILITY IN PLASTIC SMEs THROUGH LEAN AND TPM: EVIDENCE FROM A PERUVIAN CASE STUDY**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial  
Artículo Científico

**Oscar Gonzalo Farfan Rodriguez**

**Código 20150512**

**Enzo Alessandro Medrano Vera**

**Código 20152074**

**Asesor**

**Wilson David Calderón Gonzales**

Lima – Perú  
Febrero del 2026

### Título

*ENHANCING MACHINE AVAILABILITY IN PLASTIC SMEs THROUGH LEAN AND TPM: EVIDENCE FROM A PERUVIAN CASE STUDY*

**Oscar Gonzalo Farfan Rodriguez**

20150512@aloe.ulima.edu.pe

**Enzo Alessandro Medrano Vera**

20152074@aloe.ulima.edu.pe

Universidad de Lima

**Wilson David Calderón Gonzales**

wcalder@ulima.edu.pe

Universidad de Lima

**Resumen:** El sector de manufactura de plásticos en el Perú enfrenta desafíos significativos relacionados con el tiempo de inactividad de las máquinas y los prolongados tiempos de preparación, lo cual limita la productividad e incrementa los costos operativos. Estudios previos han resaltado los beneficios del Lean Manufacturing y del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la eficiencia de los equipos; sin embargo, la integración de estas metodologías en las PYMEs sigue siendo limitada. Esta investigación abordó dichos desafíos mediante el desarrollo de un modelo de producción que integra herramientas de Lean Manufacturing, como SMED y Trabajo Estandarizado, con prácticas de TPM, específicamente Mantenimiento Autónomo y Mantenimiento Planificado. El modelo propuesto fue validado en una PYME peruana del sector plástico, obteniéndose un incremento del 9.25% en la disponibilidad de las máquinas y una reducción del 30.89% en el tiempo de cambio de molde. Estas mejoras aumentaron la capacidad de producción y la estabilidad del proceso, demostrando la efectividad del modelo en la reducción de paradas no planificadas. Este estudio contribuye al cuerpo de conocimiento al proporcionar un marco replicable para optimizar los procesos de manufactura en PYMEs plásticas, sugiriendo además explorar su escalabilidad en otros contextos industriales.

**Palabras Clave:** Lean Manufacturing, Mantenimiento Productivo Total, Disponibilidad de máquinas, PYMEs plásticas, Eficiencia operativa.

**Abstract** - The plastic manufacturing sector in Peru faces significant challenges related to machine downtime and prolonged set-up times, which limit productivity and increase operational costs. Previous studies have highlighted the benefits of Lean Manufacturing and Total Productive Maintenance (TPM) for improving equipment efficiency, yet the integration of these methodologies in SMEs remains limited. This research addressed these challenges by developing a production model integrating Lean Manufacturing tools, such as SMED and Standardized Work, with TPM practices, specifically Autonomous and Planned Maintenance. The proposed model was validated in a Peruvian SME within the plastic sector, resulting in a 9.25% increase in machine availability and a 30.89% reduction in mold changeover time. These improvements enhanced production capacity and process stability, demonstrating the model's effectiveness in reducing unplanned stoppages. This study contributes to the body of knowledge by providing a replicable framework for optimizing manufacturing processes in plastic SMEs, suggesting further exploration of its scalability in other industrial contexts.

**Keywords** - Lean Manufacturing, Total Productive Maintenance, Machine Availability, Plastics SMEs, Operation Efficiency.

**Línea de investigación IDIC – ULIMA:** (5) - Productividad y Empleo

**Área y Sub-áreas de Investigación:** (1) - Diseño y medición del trabajo.

**Objetivo (s) de Desarrollo Sostenible (ODS):** (8) - Trabajo decente y crecimiento económico

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector de manufactura de plásticos en el Perú constituye un pilar importante para diversas industrias como la alimentaria, farmacéutica y de consumo masivo. Sin embargo, enfrenta desafíos significativos asociados a la baja disponibilidad de los equipos productivos, originada principalmente por fallas no planificadas, deficiencias en el mantenimiento y prolongados tiempos de preparación de máquina. Esta situación repercute en la disminución de la productividad, el incremento de los costos operativos y la pérdida de competitividad frente a mercados más eficientes.

El diagnóstico realizado en una PYME del sector plástico evidenció que las fallas de componentes mecánicos, eléctricos y por lubricación insuficiente representan más del 80% de las pérdidas de disponibilidad, mientras que los tiempos de arranque y los cambios de molde prolongados contribuyen con más del 10% adicional. Estas condiciones generan una pérdida estimada de S/ 5.2 millones anuales por inactividad productiva.

Ante este panorama, se hace necesario implementar metodologías integradas de mejora continua, combinando herramientas de Lean Manufacturing (como SMED y trabajo estandarizado) con prácticas de Total Productive Maintenance (TPM) (mantenimiento autónomo y planificado), que permitan reducir paradas no planificadas, optimizar los tiempos de setup y aumentar la disponibilidad de los equipos. Solo a través de este tipo de intervenciones será posible asegurar un mejor aprovechamiento de la capacidad instalada, incrementando la productividad y contribuyendo a la sostenibilidad del sector.

### OBJETIVOS

#### Objetivo general

Incrementar la productividad y disponibilidad de la línea de extrusión–termoformado en una PYME del sector plásticos, mediante la integración de herramientas de Lean Manufacturing (SMED, trabajo estandarizado) y prácticas de Total Productive Maintenance (mantenimiento autónomo y planificado).

#### Objetivos específicos

Reducir los tiempos de arranque y de cambio de molde a través de la aplicación de la metodología SMED y la estandarización de procesos.

Disminuir el tiempo medio de reparación (MTTR) mediante la capacitación del personal en mantenimiento autónomo y la implementación de planes de mantenimiento planificado.

Aumentar el tiempo medio entre fallas (MTBF) aplicando análisis de fallas recurrentes y mejores prácticas de mantenimiento preventivo.

Lograr que la disponibilidad de los equipos alcance niveles cercanos al 90%, reduciendo pérdidas asociadas a paradas no planificadas.

### JUSTIFICACIÓN

El sector plástico es clave para la industria manufacturera peruana, ya que provee insumos a diversos sectores estratégicos como el alimentario, farmacéutico y de consumo masivo. Sin embargo, las empresas del rubro enfrentan pérdidas económicas significativas por fallas recurrentes en sus equipos, tiempos prolongados de preparación y falta de estandarización en las operaciones, lo que limita su competitividad.

La aplicación conjunta de Lean Manufacturing y TPM ofrece un enfoque integral que permite optimizar procesos, reducir tiempos improductivos y mejorar la confiabilidad de los equipos con una inversión accesible. Esta investigación es relevante porque demuestra que incluso en PYMEs con recursos limitados es posible obtener mejoras sustanciales en la eficiencia operativa, contribuyendo al crecimiento económico y a la sostenibilidad de la empresa.

**HIPÓTESIS (Si aplica)**

La disponibilidad y productividad de la línea de extrusión–termoformado en una PYME del sector plásticos mejoran significativamente con la implementación de un modelo que integra herramientas de Lean Manufacturing y prácticas de Total Productive Maintenance.

**DISEÑO METODOLÓGICO**

Tipo de investigación: Aplicada

La investigación es de tipo aplicada, ya que busca resolver un problema específico de baja disponibilidad y productividad en una línea de extrusión–termoformado, proponiendo un modelo de mejora basado en Lean Manufacturing y TPM que genere resultados tangibles en la empresa.

Enfoque: Cuantitativo

El enfoque es cuantitativo porque se emplean indicadores de gestión de equipos como disponibilidad, MTBF, MTTR y tiempos de setup, los cuales se comparan antes y después de la implementación del modelo, midiendo el impacto de las mejoras propuestas.

Alcance: Causal

El alcance es causal, dado que se busca identificar el efecto de la aplicación de Lean Manufacturing y TPM en la disponibilidad y productividad de la línea, estableciendo la relación entre la intervención y los resultados obtenidos.

Técnicas e instrumentos:

- Análisis de fallas recurrentes para identificar las principales causas de paradas no planificadas
- SMED (Single Minute Exchange of Die) para reducir tiempos de arranque y cambio de molde.
- Trabajo estandarizado mediante diagramas de operaciones y de actividades múltiples.
- Mantenimiento autónomo y planificado para mejorar MTBF y MTTR.
- Indicadores de gestión (Disponibilidad, MTBF, MTTR, % de reducción de setup) para evaluar los resultados.

Etapas del desarrollo de la investigación.

1. Diagnóstico inicial de la línea de extrusión-termoformado, identificando causas principales de pérdidas.
2. Levantamiento de información sobre fallas, tiempos de reparación, arranque y cambio de molde.
3. Diseño del modelo integrado de Lean + TPM con las herramientas seleccionadas.
4. Implementación piloto de mantenimiento autónomo, SMED y trabajo estandarizado.
5. Medición post-implementación y comparación de indicadores con la situación inicial (As-Is vs To-Be).
6. Control y retroalimentación para asegurar la sostenibilidad de las mejoras.

## **NOTAS (AGRADECIMIENTOS)**

Agradecimientos a mi familia, amigos y colegas con los que compartí en mi etapa de formación profesional.

## **REFERENCIAS**

- Plastics Europe. (2020). Plastics – the facts 2020: An analysis of European plastics production, demand and waste data. <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2020/>
- Torres Morales, R. J. (2023). Lean manufacturing success stories in SMEs: A literature review. *Huamachuco Scientific Research Journal*, 1(1), 47–55.
- Vega-Alvites, M., & Quiroz-Flores, J. C. (2022). Increased machine availability in a plastic injection molding plant through the implementation of TPM and Lean Manufacturing tools: An empirical research in Peru. In *Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*.
- Caso-Murillo, N., León Mejía, R., & Quiroz-Flores, J. (2023). Process improvement model based on Lean Manufacturing and Kaizen to increase machine availability at a plastics company. In *11th Annual International Conference (AIC) on Sciences and Engineering*, 2613(1).
- Ames, V., et al. (2019). Modelo de gestión de mantenimiento basado en Lean Manufacturing para incrementar la productividad de una empresa del sector de plástico. In *Proceedings of the 17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology* (pp. 1–9).
- Hernández Matías, J. C., & Vizán, A. (2013). *Lean manufacturing: Concepts, techniques and implementation*.
- Suzuki, T. (1992). *TPM in process industries*. Japan Institute of Plant Maintenance.
- Calderon, J., et al. (2025). Business process model re-design with a data-based Green Lean management approach with OEEM: A case of plastic product manufacturing firm. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 73(3), 289–314.
- Carrillo Landazábal, M. S., et al. (2019). Lean manufacturing: 5S and TPM, quality improvement tools. Case study of a metalworking company in Cartagena, Colombia. *Signos*, 11(1), 71–86.
- Vargas-Acha, J. A., Aramburu-Linares, T., & Quiroz-Flores, J. C. (2022). Application of the SMED method to increase the efficiency of the sealing process in a Peruvian company that produces flexible plastic. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 4453–4463).
- Zhang, T. X., & Chin, J. F. (2021). Implementing total productive maintenance in a manufacturing small or medium-sized enterprise. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(2), 152–175.
- Abad-Mendoza, J. S., Palga-Condori, M. A., & Collao-Díaz, M. F. (2024). Maintenance model based on Lean and TPM to increase machine availability in an SME in the plastic sector. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 86–94).

- Quiroz-Flores, J. C., & Vega-Alvites, M. L. (2022). Review Lean Manufacturing model of production management under the preventive maintenance approach to improve efficiency in plastics industry SMEs: A case study. *South African Journal of Industrial Engineering*, 33(2), 143–156.
- Mujica-Suarez, D., Salvador-Ayala, S., & Castro-Rangel, P. (2023). Successful implementation of the SMED and TPM tools under the PDCA methodology to increase order fulfillment in a company in the plastic sector. In *21st LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology* (pp. 1–8).
- Bazan-Chafloque, G., Sinchi-Perez, F., & Macassi-Jauregui, I. (2022). Improving perfect orders at a freight transportation SME through process management, autonomous maintenance, working methodology and demand forecast. In *2022 8th International Conference on Information Management (ICIM)* (pp. 176–181). Cambridge, United Kingdom.
- Shahriar, M. M., et al. (2022). Implementation of 5S in a plastic bag manufacturing industry: A case study. *Cleaner Engineering and Technology*, 8.
- Chaurey, S., Kalpande, D. S., & Gupta, R. C. (2023). Development and validation of TPM implementation practices in industries: Investigation from Indian SMEs. *Operations Management Research*, 16, 1814–1829.
- Mulongo, N. Y., & Kholopane, P. (2018). Measuring the effectiveness of total productive maintenance in the South African food manufacturing industry. In *Proceedings of the 8th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 1382–1389).
- Nakajima, S. (1988). Introduction to TPM: Total productive maintenance. <https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/home/catalog/id/2773/slug/introduction-to-tpm-total-productive-maintenance.html>
- Marcella, S., & Widjajati, E. P. (2024). Analysis of Lean Manufacturing implementation through the SMED method to reduce setup time in the injection molding machine process. *Journal of Applied Science, Engineering, Technology, and Education*, 6(1), 17–26.
- Olivera Sánchez, M., et al. (2025). Design of a method for reducing manufacturing time for auto parts by applying SMED. *Latin Science Multidisciplinary Scientific Journal*, 9(1), 9670–9690.
- Calderon Osco, J., et al. (2023). Operations management model based on 5S, TPM, and SMED to increase the effectiveness of equipment in a plastics company. In *International Congress on Innovation and Trends in Engineering* (pp. 1–6). Bogotá, Colombia.
- Singh, R. K., & Gurtu, A. (2022). Prioritizing success factors for implementing total productive maintenance (TPM). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 28(4), 810–830.
- Shafeek, H., Bahaiham, H., & Soltan, H. (2018). Lean manufacturing implementation using standardized work. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 15, 1814–1817.

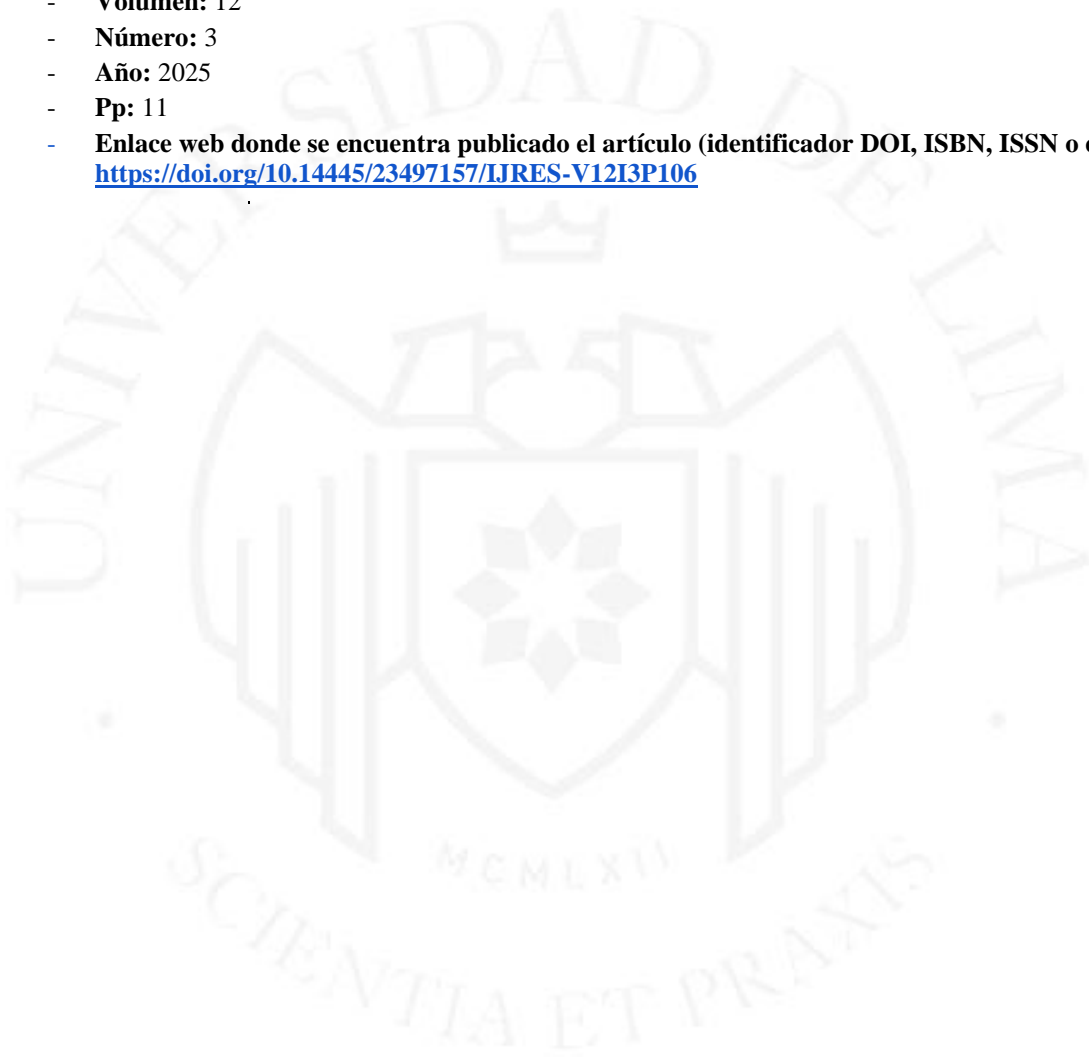
- Coronel-Vasquez, J., et al. (2022). Logistics management model to reduce non-conforming orders through Lean Warehouse and JIT: A case study in textile SMEs in Peru. In Proceedings of the 9th International Conference on Industrial Engineering and Applications (pp. 19–24). Barcelona, Spain
- Flores Pérez, A. E., Kcomt-Villavicencio, P. A., & Santa Maria-Sotelo, I. M. (2023). Improvement model to increase productivity using SLP, 5S and standard work at a Pisco producer SME in Peru. In Proceedings of the 4th Asia Pacific International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.
- Zaga-Quispe, J., Vicuna-Valera, B., & Flores-Perez, A. (2023). Continuous improvement model to increase productivity using Lean Manufacturing tools in an SME in the plastics industry. In Proceedings of the 4th Asia Pacific International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (pp. 720–729).
- Patkal, P. S., & Anasane, S. S. (2022). Implementation of standard work in healthcare industry. In Proceedings of the 2nd Indian International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (pp. 1110–1115).
- Echeverria-Garcia, L. M., Espinoza-Alarcon, J. C., & Quiroz-Flores, J. C. (2022). Warehouse management model based on Lean Manufacturing to reduce the incidence of ceramic tiles breakage in the retail sector. In Proceedings of the 1st Australian International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (pp. 1204–1216).
- Andrade Rozas, E., Robello Ponce, G., & Avalos-Ortecho, E. (2023). Application of Lean Manufacturing and TOC to increase productivity in a company in the hermetic windows sector. In Proceedings of the 8th North America Conference on Industrial Engineering and Operations Management.

## **ANEXO. Datos del artículo publicado**

- **Nombre del artículo:** Enhancing Machine Availability in Plastic SMEs through Lean and TPM: Evidence from a Peruvian Case Study
- **Autores:** Oscar Gonzalo Farfan Rodriguez, Enzo Alessandro Medrano Vera
- **Co autor(es):** Wilson David Calderón Gonzales

### **Presentación en revista**

- **Nombre de revista:** International Journal of Recent Engineering Science (IJRES)
- **Volumen:** 12
- **Número:** 3
- **Año:** 2025
- **Pp:** 11
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):**  
<https://doi.org/10.14445/23497157/IJRES-V12I3P106>



## 8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe




- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

### Exclusiones

- ▶ N.º de fuentes excluidas

---

### Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 6%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

---

### Marcas de integridad

#### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.