

Universidad de Lima  
Facultad de Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Industrial



# **INTEGRATED MODEL BASED ON TPM AND SMED TO INCREASE THE EFFICIENCY IN A PLASTIC SME IN PERU**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

**Salvatore Eugenio Aratoma Choque**

**Código 20190130**

**Asesor**

**Manuel Fernando Montoya Ramírez**

Lima – Perú

Abril de 2025

<b>Propuesta</b> <b>Carrera Ingeniería Industrial</b>
<b>Título</b>  Integrated Model Based on TPM and SMED to Increase the Efficiency in a Plastic SME in Peru
<b>Autor(es)</b> Salvatore Eugenio Aratoma Choque 20190130@aloe.ulima.edu.pe Universidad de Lima
<b>Resumen:</b> Desde hace años, el plástico se ha utilizado en todo el mundo por su capacidad de adquirir diferentes formas y texturas, además de su utilidad en aplicaciones como medicina, alimentación, agricultura, construcción y objetos cotidianos. El gran valor de la industria del plástico en el Perú se refleja en su aporte al PIB industrial del 4%, además de los 200.000 empleos que se generan anualmente. La investigación tuvo como objetivo analizar y desarrollar herramientas de lean manufacturing para conseguir un modelo que aumente la eficiencia del plan de producción en una empresa MYPE de plásticos. El mantenimiento preventivo, el cual se basa en la revisión de las maquinarias, aparatos y equipos para su buen funcionamiento, nos ayudó a aumentar el OEE en un 15% y reducir los costos de mantenimiento en un 35%; mientras que la herramienta SMED, la cual se basa en la identificación y medición los tiempos de cambios de la máquina, nos ayudó a reducir los tiempos de preparación de la maquinaria en un 41%. Al lograr estas mejoras, que fueron analizadas mediante KPI's y simuladas en el programa Arena, se obtuvo un aumento de la eficiencia del proceso productivo a un 75%.
<b>Palabras Clave:</b> Lean, SMED, TPM, eficiencia, sector plástico
<b>Abstract:</b> For years, plastic has been used around the world due to its ability to acquire different shapes and textures, and its usefulness in applications such as medicine, food, agriculture, construction, and everyday objects. The great value of the plastics industry in Peru is reflected in its contribution to the industrial GDP of 4%, in addition to the 200,000 jobs that are generated annually. The objective of the research was to analyze and develop lean manufacturing tools to achieve a model that increases the efficiency of the production plan in an SME plastics company. Preventive maintenance, which is based on the review of machinery, devices, and equipment for their proper functioning, helped us increase OEE by 15% and reduce maintenance costs by 35%; while the SMED tool, which is based on the identification and measurement of machine changeover times, helped us reduce machinery preparation times by 41%. By achieving these improvements, which were analyzed through KPIs and simulated in the Arena program, an increase in the efficiency of the production process to 75% was obtained.
<b>Keywords:</b> Lean, SMED, TPM, efficiency, plastic sector.
<b>Línea de investigación IDIC – ULIMA:</b> Operations Engineering & Management
<b>Área y Sub-áreas de Investigación:</b> Desarrollo Empresarial – Planeamiento y Gestión de operaciones
<b>Objetivo (s) de Desarrollo Sostenible (ODS):</b> ODS 9 – Industria, Innovación e Infraestructura

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como antecedente, en una empresa dedicada a la producción de moldes por inyección, se determinó que una de las principales causas de incumplimiento en la entrega de pedidos se debía a la baja eficiencia productiva del 82,3 % (Quiroz and Vega, 2022). Mientras que, en otra empresa que producía envases flexibles de polipropileno, se mantenía una eficiencia productiva del 63,85 % (Miranda et al., 2022). Debido a la baja eficiencia en la industria del plástico, se propuso un modelo con las herramientas TPM y SMED que mejoraron la disponibilidad de las líneas de producción y redujeron los tiempos de cambio de moldes, aumentando el OEE en un 13 % (Quiroz and Vega, 2022). En otro caso de estudio, al utilizar mantenimiento preventivo, se mejoró la productividad hasta en un 25 %, se redujeron en un 30 % los costos de mantenimiento y se alargó la vida de la maquinaria hasta en un 50 % (Arroyo y Obando, 2022). En cuanto a la herramienta SMED, se identificaron las actividades y tiempos de preparación, además de separarlas en actividades internas y externas, logrando así una reducción del tiempo de preparación del 37,66 % y un aumento de la productividad en un 3,17 % (Amrina et al., 2018). En el caso de estudio, la empresa mantenía una eficiencia productiva menor al promedio de la industria, ya que se identificó que la disponibilidad de la maquinaria no era óptima, los costos de mantenimiento eran muy elevados y los tiempos de preparación de las maquinarias eran altos. En este sentido, para solucionar los problemas descritos anteriormente, se ha desarrollado un sistema integrado en el que se aplicarán las herramientas Lean, TPM y SMED.

## OBJETIVOS

El objetivo general es aumentar la eficiencia del proceso productivo en una empresa SME del sector de plástico utilizando herramientas Lean Manufacturing.

- Aumentar el OEE para obtener mayor disponibilidad de la maquinaria utilizando la herramienta TPM.
- Reducir los costos de mantenimiento utilizando la herramienta TPM.
- Reducir los tiempos de preparación de la maquinaria utilizando la herramienta SMED.

## JUSTIFICACIÓN

El plástico es un producto que se puede adaptar a múltiples formas y texturas, lo cual le ha permitido desarrollarse en distintas industrias como la medicina, la alimentación, entre otras, generando más de 200,000 empleos e impactando al PBI industrial en un 4 % en Perú (SNI, 2019). Para lograr la modernización de las industrias del plástico, es de suma importancia la aplicación de la técnica Lean, que permite a las empresas eliminar actividades que no generan valor en el proceso productivo (Kawthar et al., 2019). Con referencia específica al artículo, técnica y económicamente se justifica, ya que se llevó el indicador de eficiencia del 56 % al 75 %, lo que permitió incrementar las unidades productivas y mejorar el cumplimiento del plan de producción.

## HIPÓTESIS

La aplicación del TPM y el SMED mejoran la eficiencia en una empresa PYME del sector plástico.

## DISEÑO METODOLÓGICO

Tipo: Aplicada

La presente investigación fue de tipo aplicada, debido a que está orientada a lograr mejorar la eficiencia operacional a través de la aplicación de las herramientas TPM y SMED.

Enfoque: Cuantitativo

El enfoque es cuantitativo debido a que se busca evaluar, comparar e interpretar los datos obtenidos en su fase de pre-test (diagnóstico) y posterior a la implementación (validación), analizar el comportamiento del mismo grupo (proceso) en la etapa post-test.

Alcance: Causal

El alcance es causal porque el objetivo es conocer el efecto que produce la implementación de las herramientas TPM y SMED en la eficiencia del proceso productivo de envases de plástico.

Etapas del desarrollo de la investigación. El desarrollo de la investigación tiene los siguientes pasos:

1. Diagnóstico inicial.
2. Selección del proceso.
3. Selección del método actual.
4. Diagramación del proceso.
5. Examinación del método actual.
6. Desarrollo del nuevo método.
7. Implementación del nuevo método.
8. Control.

## NOTAS (AGRADECIMIENTOS)

Agradezco a mis queridos padres, Eugenio y María, a mi hermana, Camila, y a mi pareja, Katherine, por su constante apoyo en cada objetivo que me propuse. A mi asesor, Manuel, por brindarme los conocimientos necesarios para realizar esta investigación; y a la Universidad de Lima, por proporcionarme las herramientas para desarrollarme profesionalmente.

## REFERENCIAS

- Agung, D., and Hasbullah, H., Reducing the product changeover time using SMED & 5S methods in the injection molding industry, *SINERGI*, vol. 23, 2019, <https://dx.doi.org/10.22441/sinergi.2019.3.004>.
- Allca, C., Yauri, M. and Saenz, M., Improvement model to increase efficiency through the use of 5S, TPM and SMED tools in a plastic SME company (#1052), *Leadership in Education and Innovation in Engineering in the Framework of Global Transformations: Integration and Alliances for Integral Development*, Buenos Aires, July 19-21, 2023, <https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2023.1.1.1052>.
- Ames, V., Vasquez, W., Macassi, I. and Raymundo, C., Modelo de Gestión de mantenimiento basado en Lean Manufacturing para incrementar la productividad de una empresa del sector Plástico, *Industry, Innovation, and Infrastructure for Sustainable Cities and Communities: Proceedings of the 17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*, Montego Bay, Jamaica, July 24-26, 2019, <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.33>.
- Amrina, U., Didi, J. and Eko, P., Setup Reduction in Injection Moulding Machine Type JT220RAD By Applying Single Minutes Exchange of Die (SMED), *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 453, Jakarta, Indonesia, August, 2018, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/453/1/012033>.
- Arroyo, C. and Obando, R., Importancia de la implementación de mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos, *E-IDEA Journal of Engineering Science*, vol. 4, pp. 59-69, Ecuador, June 30, 2022, <https://doi.org/10.53734/esci.vol4.id240>.

- Bataineh, O., Al-Hawari, T., Alshraideh, H. and Dalalah, D., A sequential TPM-based scheme for improving production effectiveness presented with a case study, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 25, pp. 144-161, Istanbul, Turkey, 2019, <https://doi.org/10.1108/JQME-07-2017-0045>.
- Caso, N., León, R. and Quiroz J., Process improvement model based on Lean manufacturing and Kaizen to increase machine availability at a plastics company, *AIP Conference Proceedings*, January 30, 2023, <https://doi.org/10.1063/5.0119321>.
- Da Silva, I. and Godinho, F., Single-minute exchange of die (SMED): a state-of-the-art literature review, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 102, pp. 4289-4307, June 19, 2019, <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03484-w>
- Jurik, L., Hornakova, N. and Domcekova, V., The application of SMED method in the industrial enterprise, *International Scientific Journal about Logistics*, vol. 7, pp. 269-281, September 2020, <https://doi.org/10.22306/al.v7i4.189>.
- Kawthar, A., Ali, H. and Ameer, H., Evaluation and Improvement of Manufacturing System Using Computer Software Arena, *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, vol. 15, pp. 71-78, December 2019, <https://doi.org/10.22153/kej.2019.10.003>.
- Mbogo, K., Factors for Effective Implementation of Lean Manufacturing Practice in Selected Industries in Tanzania, *Procedia Manufacturing*, vol. 33, pp. 351-358, Salaam, Tanzania, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.04.043>.
- Miranda, L., Toledo, L. and Altamirano, F., Optimization model to increase the efficiency of the flexible packaging production process applying the Johnson Method, SMED and TPM in a SME in the Plastics Sector, *Education, Research and Leadership in Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions*, Boca Raton, July 18-22, 2022, <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.748>.
- Morales, J. and Rodriguez, R., Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 92, pp. 1013-1026, 2017, <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0052-4>.
- Pinto, G., Silva, F., Fernandes, N., Casais, R., Baptista, A. and Carvalho, C., Implementing a maintenance strategic plan using TPM methodology, *International Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 11, pp. 192-204, Porto, Portugal, September 29, 2020, <https://doi.org/10.24867/IJIEM-2020-3-264>.
- Prakash, C., Implementation of Lean Tools in Apparel Industry to Improve Productivity and Quality, *Curr Trends Fashion Technol Textile Eng.*, vol. 4, pp. 1, India, April 19, 2018, <https://doi.org/10.19080/CTFTTE.2018.04.555628>.
- Quiroz, F. and Vega, A., Review lean manufacturing model of production management under the preventive maintenance approach to improve efficiency in plastics industry SMES: a case study, *The South African Journal of Industrial Engineering*, vol. 32, pp. 143-156, 2022, <https://doi.org/10.7166/33-2-2711>.
- Ramazan, S. and Aycan, K., A Case Study on Reducing Setup Time Using SMED on a Turning Line, *Gazi University Journal of Science*, vol. 35, pp. 60-71, Türkiye, March 1, 2022, <https://doi.org/10.35378/gujs.735969>.
- Schindlerová, V. and Sajdlerová, I., Potential of Using TPM to Increase the Efficiency of Production Processes, *Tehnicki vjesnik*, vol. 27, pp. 737-743, Ostrava, Czech Republic, January 2020, <https://doi.org/10.46254/AN4.12.202201>.
- SNI-Sociedad Nacional de Industrias (abril). La industria del plástico genera unos 200 mil empleos. <https://sni.org.pe/industria-del-plastico-genera-alrededor-200-mil-puestos-trabajo/>
- Vega, A. and Quiroz, J., Increased machine availability in a plastic injection molding plant through the implementation of TPM and Lean Manufacturing tools: An Empirical Research in Peru, *Education, Research and Leadership in Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions*, Boca Raton, July 18-22, 2022, <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.185>.
- Vieira, A., Silva, T., Campilho, R., Ferreira, L. and Pereira, J., SMED methodology applied to the deep drawing process in the automotive industry, *Procedia Manufacturing*, vol. 51, pp. 1416-1422, Porto, Portugal, November 19, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.197>.

Viren, P. and Guiping, H., Improving Manufacturing Supply Chain by Integrating SMED and Production Scheduling, *Industrial and Manufacturing Systems Engineering (IMSE)*, vol. 5, Ames, USA, January 2021, <https://doi.org/10.3390/logistics5010004>.

## ANEXOS.

### Datos del artículo publicado

- **Nombre del artículo:** Integrated Model Based on TPM and SMED to Increase the Efficiency in a Plastic SME in Peru
- **Autores:** Salvatore Eugenio Aratoma Choque
- **Co autor(es):** Manuel Fernando Montoya Ramírez

### Publicación en revista

- **Nombre de la revista:** International Journal of Industrial Engineering and Operations Management
- **Volumen:** 5
- **Número:** 155
- **Año:** 2024
- **Pp:** 651 - 661
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):** <https://doi.org/10.46254/AF05.20240155>

### Presentación en congreso

- **Nombre del congreso:** 5th African International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Johannesburg, South Africa, April 23-25, 2024
- **Organizador:** IEOM Society International
- **Sede:** Johannesburg, South Africa
- **Año:** 2024
- **Pp:** 651 - 661
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):** <https://doi.org/10.46254/AF05.20240155>




## 9% 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 17 palabras)

### Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 8%  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.