

Universidad de Lima  
Facultad de Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Industrial



# **PRODUCTION MODEL UNDER THE INTEGRATED APPROACH OF LEAN MANUFACTURING AND SLP TO INCREASE EFFICIENCY IN A COMPANY OF THE METAL MECHANIC SECTOR**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

**Marcelo Augusto Barreto Guillen**

**Código 20162856**

**Mauricio Sebastian Gonzales Sassarini**

**20163145**

**Asesor**

Juan Carlos Quiroz Flores

Lima – Perú

Setiembre de 2024

**Propuesta**  
**Carrera Ingeniería Industrial**

**Título**

*PRODUCTION MODEL UNDER THE INTEGRATED APPROACH OF LEAN MANUFACTURING AND SLP TO INCREASE EFFICIENCY IN A COMPANY OF THE METAL MECHANIC SECTOR*

**Autor(es)**

Marcelo Augusto Barreto Guillen  
20162856@aloe.ulima.edu.pe  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Lima, Perú

Mauricio Gonzales Sassarini  
20163145@aloe.ulima.edu.pe  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Lima, Perú

Juan Carlos Quiroz Flores  
jcquiroz@ulima.edu.pe  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Lima, Perú

Ezilda Cabrera Gil Grados  
ecabrera@ulima.edu.pe  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Lima, Perú

**Resumen:** El objetivo principal en este caso de estudio es demostrar cómo la implementación de herramientas de Lean Manufacturing han logrado aumentar la eficiencia general del proceso, principal problema encontrado en la investigación, para la elaboración de paneles termoacústicos, logrando disminuir las causas raíces: recorridos innecesarios y los productos defectuosos. El modelo propuesto se encuentra compuesto por herramientas de Lean Manufacturing como la estandarización del trabajo y la metodología 5S; además, se aplicó la herramienta SLP para poder realizar la redistribución de las actividades lo que permite organizar y optimizar la disposición de elementos en un espacio limitado. La metodología 5S permite tener un ambiente de trabajo organizado, ordenado, limpio, estandarizado y sostenible en el tiempo. El trabajo estandarizado permite establecer procedimientos y métodos de trabajo específicos para realizar una actividad de la misma manera siempre que se realice. Este enfoque combinado ha contribuido a mejorar la organización general de la planta, facilitando el flujo de trabajo y minimizando los recorridos innecesarios. Para poder validar los resultados de la propuesta de mejora se hizo uso de la simulación realizada en el software Arena. Los resultados obtenidos de la simulación fueron el aumento en 19.24% en la eficiencia general del proceso, la disminución de horas perdidas por productos defectuosos en 42.4% y la disminución por tiempos muertos en 26.7%.

**Palabras Clave:** Lean Manufacturing, Systematic Layout Planning, SLP, 5s, Trabajo Estandarizado, Metalmecánica, EPS, Industria Manufacturera, eficiencia, recorridos innecesarios, productos defectuosos

**Abstract:** Metal mechanics plays a relevant role in the entire productive structure of the economy since it is an indispensable supplier of capital goods such as equipment, infrastructure, spare parts, and machines. However, the lack of efficient production processes, the high rate of defective products, and unnecessary routes in factories and production workshops are some of the frequent problems that companies in this area have that directly affect their productivity. Consequently, extreme routes and the profiling area have been identified as the main bottlenecks in the production process, impacting production efficiency. Therefore, the main objective of this case study is to demonstrate how the implementation of Lean tools has managed to increase the efficiency of the process for the production of thermoacoustic panels, reducing unnecessary routes and defective products. The proposed model comprises Lean tools such as the standardization of work and the 5S methodology, and the SLP was also applied to carry out the redistribution of activities. A simulation was carried out in the Arena software to validate the improvement proposal's results. The results obtained from the simulation were an increase of 19.24% in the overall efficiency of the process, a decrease of 42.4% in hours lost due to defective products, and a 26.7% reduction in downtime

**Keywords:** Lean Manufacturing, Layout, SLP, 5S, Standardized Work, Metalworking, Expanded Polystyrene, Manufacturing Industry

**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):** (9) - Industria, innovación e infraestructura

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el caso de estudio se identifica una baja eficiencia en la línea de producción, en la actividad de perfilado, de los paneles termoacústicos, la cual se encuentra en un nivel de 76.56%. Este porcentaje representa una pérdida de 11,848.66 nuevos soles esta pérdida se da debido a la alta cantidad de horas hombres pérdidas en la actividad de perfilado, actividad que se realiza de manera manual, y los traslados innecesarios que realizan los operarios debido a una mala distribución de la planta.

Durante el 2022, la eficiencia en la actividad de perfilado, actividad crítica del proceso, presentó un ratio de eficiencia de 76.56%. 18.44% por debajo del estándar de la industria el cual se encuentra en 95% (Sayuti, Syarifuddin, & Fatimah, 2019).

Este bajo ratio se debe a 5 principales causas: Tensión del alambre micrón, medición errónea del bloque de poliestireno, mesa de trabajo inestable, alto tiempo en la búsqueda de herramientas y los recorridos innecesarios realizados por los operarios.

### **OBJETIVOS**

Incrementar la eficiencia en la actividad del perfilado (de un proceso) mediante la aplicación de las herramientas Systematic Layout Planning (SLP), la metodología 5S y la estandarización del trabajo y demostrar el impacto positivo que la aplicación de estas tiene en las empresas del sector metalmeccánico.

### **JUSTIFICACIÓN**

La industria metalmeccánica, vital para los mercados internos y sectores clave como la minería primaria, la construcción, la pesca industrial y los hidrocarburos, desempeña un papel significativo en el procesamiento productivo y la generación de empleo. Las exportaciones en 2021 ascendieron a 563 millones de dólares, impulsadas principalmente por la demanda de los países latinoamericanos. Frente a la creciente competitividad, la industria reconoce el papel crucial de la productividad y la eficiencia para obtener una ventaja competitiva mediante la reducción de tiempo y costos. Un estudio de caso identifica retos, entre ellos la baja productividad, los movimientos innecesarios y un alto índice de productos defectuosos en las empresas metalmeccánicas debido a su naturaleza de taller. Para abordar estos problemas, la propuesta recomienda integrar herramientas de fabricación ajustada como las 5S, la estandarización de métodos y el SLP para mejorar la productividad, reducir los residuos y minimizar los productos no conformes. En consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en materia de industria, innovación e infraestructuras, la industria aspira a mejorar la eficiencia general, reducir los costes de producción, reducir los plazos de entrega y mejorar la calidad de los productos. El modelo propuesto para la mejora de los procesos se centra en la eliminación de rutas innecesarias, la reducción del tiempo de inactividad y la resolución de los problemas derivados de las operaciones manuales y repetitivas. Mediante la integración de herramientas de fabricación ajustada, la industria pretende alinearse con los ODS, promoviendo prácticas sostenibles y fomentando la innovación en sus procesos.

### **HIPÓTESIS (Si aplica)**

La aplicación de un modelo de producción combinado basado en las metodologías de Lean Manufacturing y SLP incrementará el índice de eficiencia en la PYME del sector metalmeccánica

## DISEÑO METODOLÓGICO

Tipo: Aplicada

La presente investigación fue de tipo aplicada, debido a que está orientada a incrementar el índice de eficiencia mediante la implementación de un modelo de operaciones basado en herramientas Lean.

Enfoque: Cuantitativo

El enfoque es cuantitativo debido a que se busca evaluar, comparar e interpretar los datos cuantitativos obtenidos en la fase de diagnóstico y posterior a la implementación (validación), analizar el comportamiento de la misma muestra en la etapa posterior a la prueba.

Alcance: Causal

El alcance es causal porque el objetivo es conocer el efecto que produce la implementación de las herramientas Lean en la eficiencia de la empresa en estudio.

Técnicas e instrumentos:

- VSM
- 5S
- Poka Yoke
- SLP
- Trabajo estandarizado
- Método de Guerchet

Etapas del desarrollo de la investigación:

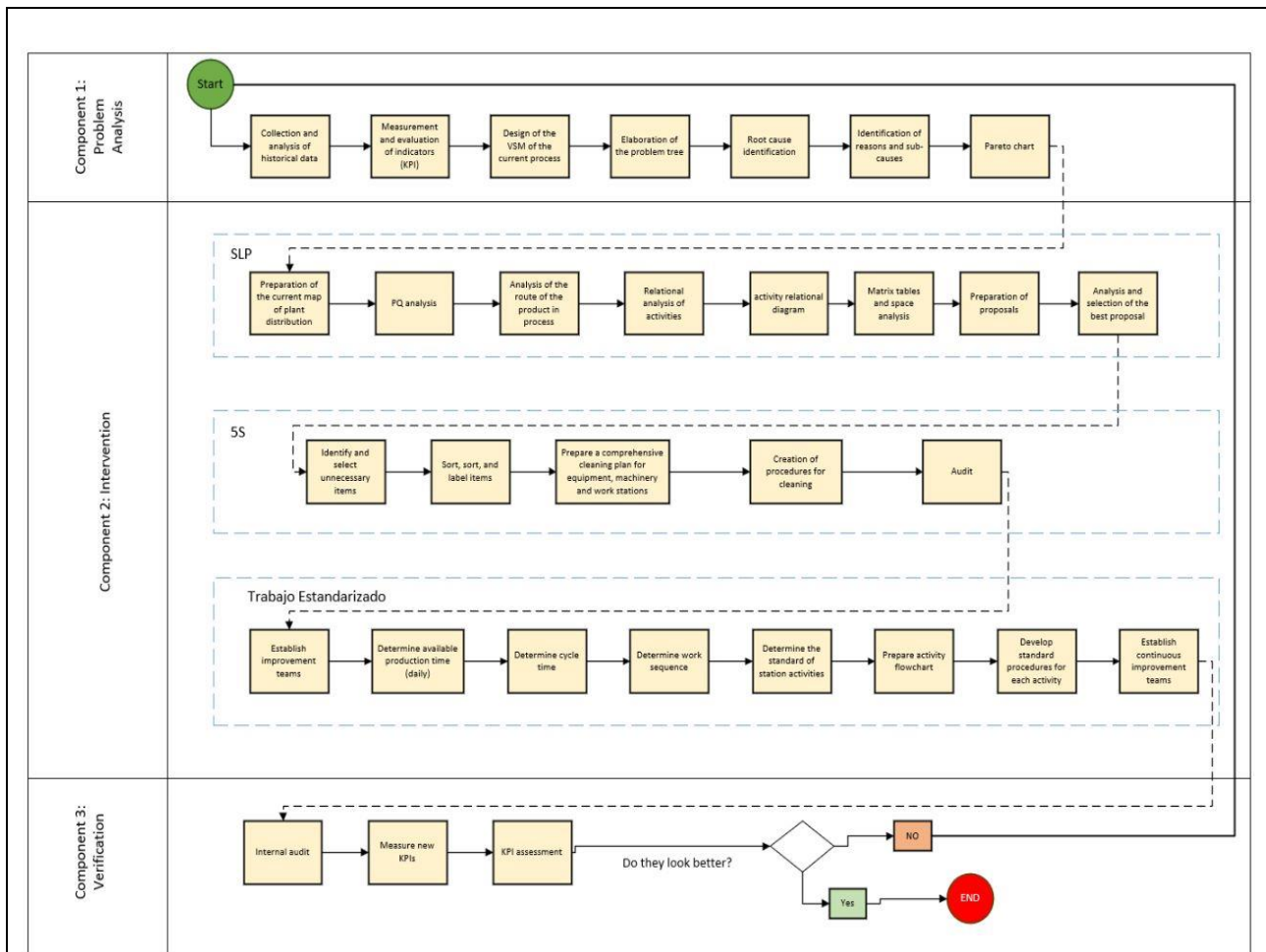
El desarrollo de nuestra investigación comenzó con la obtención de información fundamental sobre la empresa a través de entrevistas con el gerente general, el supervisor directo a cargo de los almacenes y la visita presencial a la fábrica de la organización. Analizamos detalladamente la información recopilada y, tras conocer el estado del proceso productivo, así como las instalaciones de la fábrica, llevamos a cabo un proceso de diagnóstico mediante la aplicación de Diagramas de Ishikawa y Paretos, lo que nos permitió reconocer el problema principal, así como las causas raíces de este.

Posteriormente, construimos un árbol de problemas para identificar las herramientas Lean adecuadas que nos permitieran alcanzar los objetivos planteados y abordar el problema principal de la empresa, que en este caso fue la baja eficiencia en el proceso de perfilado.

Una vez que definimos el plan de acción a desarrollar, con la ayuda de las herramientas y análisis de casos similares, llevamos a cabo una auditoría inicial 5S para validar el estado inicial de la planta productiva y el almacén de herramientas, los cuales iban a ser contrastados en el futuro con los resultados obtenidos posterior a la implementación de las mejoras.

Después de recopilar datos tanto del escenario inicial como del escenario después de aplicar el modelo integrado propuesto, plasmamos la información en una hoja de cálculo Excel y realizamos una simulación utilizando el software Arena.

Con los resultados obtenidos, confirmamos la viabilidad de la propuesta de mejora, tanto en la aplicación del piloto como mediante análisis estadístico a través del software Arena, al comparar ambos escenarios. Finalmente, presentamos los indicadores propuestos; los líderes de la empresa están en posición de tomar decisiones informadas y respaldadas en datos para abordar el problema identificado.



## NOTAS (AGRADECIMIENTOS)

Queremos expresar nuestro agradecimiento a Dios por ser nuestro principal guía y fuente de motivación durante las largas jornadas de investigación. Agradecemos a nuestros padres por brindarnos la vida y por apoyarnos en nuestra carrera; su confianza ha sido fundamental a lo largo de este extenso proceso universitario. También queremos agradecer a nuestros profesores, ya que gracias a su dedicación y enseñanzas, hemos llegado a ser los profesionales que hoy en día trabajan arduamente para contribuir al desarrollo de nuestro país. Por último pero no menos importante todas las personas que estuvieron directa o indirectamente apoyándonos para que esta investigación se lleve a cabo.

## REFERENCIAS

- [1] Grubor, N. Milicevic and N. Djokic, "The impact of store satisfaction on consumer responses in out-of-stock situations," *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, vol. 19, pp. 520-537, 2017.
- [2] T. W. Gruen, D. S. Corsten and S. Bharadwaj, "Retail Out of Stocks: A Worldwide Examination of Extent, Causes, and Consumer Responses," 2002.
- [3] J. C. Ehrenthal and W. Stölzle, "An examination of the causes for retail stockouts," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2013.
- [4] T. W. Gruen, "Gruen, T.W. (2007). A Comprehensive Guide To Retail Out-of-Stock Reduction In the Fast-Moving Consumer Goods Industry A research study conducted," 2007.

[5] Perú Retail, "Perú: ¿Cómo las empresas de retail reaccionaron este año ante la inesperada pandemia?," [Online] 2020, Nov. 23. Available: <https://www.peru-retail.com/peru-empresas-retail-reaccionaron-ante-pandemia/>

[6] M. Rezaei, M. A. Shirazi and B. Karimi, "IoT-based framework for performance measurement: A real-time supply chain decision alignment," *Industrial Management & Data Systems*, vol. 117, no.4, pp. 688-712, 2017.

[7] Y. Nuñez-Castañeda, M. Moreno-Samanamud, M. Shinno-Huamani, F. Maradiegue-Tuesta and J. Alvarez-Merino, "Improvement of Warehouses of Distribution Companies through Lean Warehouse and an Allocation Algorithm," 2019 7th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC), 2019, pp. 473-478.

[8] J. Gu, M. Goetschalckx and L. F. McGinnis, "Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review," *European Journal of Operational Research*, vol. 203, no 3, pp. 539-549, 2010.

[9] S. Sharma and B. Shah, "A proposed hybrid storage assignment framework: A case study," *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 64, pp. 870-892, July 2015.

[10] P. G. Abhishek and P. Maheshwar, "Achieving Lean Warehousing Through Value Stream Mapping," *South Asian Journal of Business and Management Cases*, vol. 9, no. 3, pp. 387-401, 2020.

[11] N. Buonamico, L. Muller and M. Camargo, "A new fuzzy logic-based metric to measure lean warehousing performance," *Supply Chain Forum: An International Journal*, vol. 18, no. 2, pp. 96-111, 2017.

[12] BPMInstitute.org, "BPM: Technology or Philosophy?," [Online], 2022.

[13] A. Agrawal, "Business Process Mapping for Enterprise Integration," Infosys Technology Ltd, 2005.

[14] W. Van Der Aalst and K. M. Van Hee, "Workflow management: models, methods, and systems," The MIT Press, 2004.

[15] J. Lee, N. Cho, M. H. Yun, and Y. Lee, "Data-Driven Design Solution of a Mismatch Problem between the Specifications of the Multi-Function Console in a Jangbogo Class Submarine and the Anthropometric Dimensions of South Koreans Users," *Applied Sciences*, vol. 10, no. 1, p. 415, January 2020

[16] A. Realyvásquez, F. J. Flor Moltalvo and J. Blanco, "Implementation of Production Process Standardization—A Case Study of a Publishing Company from the SMEs Sector," *Processes*, vol. 7, no. 10, p. 646, September 2019.

[17] S. Bragança and E. Costa, "An application of the lean production tool standard work," *Jurnal Teknologi*, vol. 76, no. 1, pp. 47-53, 2015.

[18] E. Flores and D. C. Whybark, "Implementing multiple criteria ABC analysis," *Journal of Operations Management*, vol. 7, no. 1-2, pp. 79.85, 1987.

[19] Guzel and A. S. Asiabi, "Improvement Setup Time by Using SMED and 5S an Application in SME," *International Journal of Scientific and Technology Research*, vol. 9, no 1, p. 3727-3732, January 2020.

- [20] J. Gu, M. Goetschalckx and L. F. McGinnis, "Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. European journal of operational research," European journal of operational research, vol. 203, no. 3, pp. 539-549, 2010.
- [21] S. Sharma and B. Shah, "A proposed hybrid storage assignment framework: a case study," International Journal of Productivity and Performance Management, vol. 64, no. 6, pp. 870-892, 2015.
- [22] J. C. Quiroz-Flores, D. S. Canales-Huaman and K. G. Gamio-Valdivia, "Integrated Lean Logistics - Warehousing model to reduce Lead Time in an SME of food sector: A research in Peru," in 2022 The 3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management (IEIM 2022), pp. 182-188, January 2022.
- [23] D. Silva-Campusano, D. Vega-Romero, A. Flores-Perez, J. C. Quiroz-Flores and M. Collao-Diaz, "Improvement Proposal Applying Standardized Work and 5'S to reduce the rate of returned orders of a Poultry company under the PDCA Cycle," in 7th North American International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, June 2022.
- [24] A. A. Márquez-Ordinola, J. A. Vásquez-Solis-Echegaray, J.C. Quiroz-Flores, A. E. Flores-Pérez and M. F. Collao-Díaz, "Integrated Lean-BPM Model to Increase Order Fulfillment In MYPES in The Textile Sector," [Unpublished], 2022.
- [25] B. Baby, N. Prasanth and D. S. Jebadurai, "Implementation of lean principles to improve the operations of a sales warehouse in the manufacturing industry," International Journal of Technology, vol. 9, no. 1, p. 46, 2018.
- [26] H. L. Lin and Y. Y. Ma, "A New Method of Storage Management Based on ABC Classification: A Case Study in Chinese Supermarkets' Distribution Center," SAGE Open, vol. 11, no.1, April 2021

## ANEXO. Datos del artículo publicado

- **Nombre del artículo:** Production Model under the Integrated Approach of Lean Manufacturing and SLP to Increase Efficiency in A Company of the Metal Mechanic Sector
- **Autores:** Marcelo Augusto Barreto Guillen, Mauricio Sebastian Gonzales Sassarini.
- **Co autor(es):** Juan Carlos Quiroz Flores, Ezila Maria Cabrera Gil Grados

### Publicación en revista

- **Nombre de la revista:** International Journal of Engineering and Technology
- **Volumen:** 15
- **Número:** 4
- **Año:** 2023
- **Pp:** 7
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):** <http://www.ijetch.org/show-131-1484-1.html>

### Presentación en congreso

- **Nombre del congreso:** The 12th International Conference on Industrial Technology and Management
- **Organizador:** ICITM
- **Sede:** Cambridge, United Kingdom
- **Año:** 2023
- **Pp:** 7
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):** <http://www.ijetch.org/show-131-1484-1.html>

## Paper\_Barreto-Gonzales

---

### INFORME DE ORIGINALIDAD

---

2%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

---

2%

★ Anthony Gonzales-Romero, Ibett Johana Huamani-Martinez, Juan Carlos Quiroz-Flores, Bertha Haydee Diaz-Garay. "Production Management Model Based on Lean and DDMRP Tools to Increase the Rate of Project Compliance in Manufacturing SMEs in the Metalworking Sector", 2022 8th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC), 2022

Publicación

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo