Universidad de Lima

Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Industrial

CONTINUOUS IMPROVEMENT MODEL TO INCREASE PRODUCTIVITY USING LEAN MANUFACTURING TOOLS IN AN SME IN THE PLASTICS INDUSTRY

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Bruno Marcelo Vicuña Valera

Código 20183423

Jose Carlos Zaga Quispe

Código 20182093

Asesor

Juan Carlos Quiroz Flores

Lima – Perú

Octubre de 2024

Propuesta
Carrera Ingeniería Industrial

Título

CONTINUOUS IMPROVEMENT MODEL TO INCREASE PRODUCTIVITY USING LEAN MANUFACTURING TOOLS IN AN SME IN THE PLASTICS INDUSTRY

Autor(es)
Bruno Marcelo Vicuña Valera
20183423@aloe.ulima.edu.pe
Jose Carlos Zaga Quispe
20182093@aloe.ulima.edu.pe

Universidad de Lima

Resumen: Hoy en día, las empresas enfrentan una fuerte competencia a nivel mundial, lo que genera una gran presión para aumentar la productividad y reducir los costos de producción. La baja productividad se refleja en una gran cantidad de mermas, tiempos improductivos y devoluciones en el proceso de extrusión de una PYME de la industria del plástico. Por lo tanto, se propone un modelo enfocado en la mejora continua para aumentar la productividad utilizando herramientas de Lean Manufacturing como el Trabajo Estandarizado, SMED y TPM. A través de una simulación del proceso de extrusión utilizando el software Arena, se logró validar un aumento en la productividad del proceso de extrusión del 4.97%, pasando de 0.21 a 0.22. Asimismo, la herramienta de Trabajo Estandarizado redujo la cantidad de mermas en un 30.44%, la herramienta SMED redujo los tiempos de calibración de la máquina extrusora en un 9.76%, y finalmente, la herramienta TPM, enfocada en el cuarto pilar de mantenimiento de calidad, logró reducir las bobinas de láminas termocontraibles defectuosas en un 28.38%.

Palabras Clave: Mejora continua, indicadores clave de rendimiento, industria del plástico, productividad, Lean Manufacturing

Abstract: Nowadays, companies face strong competition worldwide, so there is great pressure to increase productivity and reduce production costs. Low productivity is reflected in a high amount of waste, unproductive times, and returns in the extrusion process of an SME in the plastics industry. Therefore, a model focused on continuous improvement is proposed to increase productivity using Lean Manufacturing tools such as Standard Work, SMED, and TPM. Through a simulation of the extrusion process using the Arena software, it was possible to validate an increase in the productivity of the extrusion process by 4.97%, going from 0.21 to 0.22. Likewise, the Standard Work tool reduced wastage by 30.44%, the SMED tool reduced extruder machine setup times by 9.76%, and finally, the TPM tool, focused on its fourth pillar of quality maintenance, was able to reduce defective products by 28.38%.

Keywords: Continuous improvement, key performance indicators, plastic industry, productivity, Lean Manufacturing.

Línea de investigación IDIC – ULIMA

Área y Sub-áreas de Investigación:
Área: Operations Research & Analysis

Sub-área: Operations Research

Objetivo (s) de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionado (s) al tema de investigación.
ODS 9 - INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la industria del plástico, muchas empresas enfrentan desafíos significativos relacionados con la baja productividad. En esta investigación, se ha identificado que la productividad promedio del proceso de extrusión en la empresa objeto de estudio a lo largo del periodo 2021 fue de 0.21, lo que está por debajo del índice promedio de productividad del sector manufacturero, que es de 0.31. Esta brecha de 0.10 indica que la empresa no solo está operando por debajo de los estándares del sector, sino que también enfrenta problemas como la alta cantidad de mermas, tiempos improductivos y una alta tasa de devoluciones de bobinas de láminas termocontraibles. Además de afectar la eficiencia operativa, estos factores generan costos adicionales que impactan negativamente en la rentabilidad de la empresa, representando hasta un 8% de la utilidad bruta.

Por este motivo, es que distintos autores implementaron diversas herramientas de Lean Manufacturing para aumentar la productividad en sus empresas. Por ejemplo, Britto et al. (2020) y Godina et al. (2018) aplicaron SMED para reducir los tiempos de setup, lo que permitió maximizar el tiempo de producción. Florez et al. (2020) utilizaron Trabajo Estandarizado y Kanban para mejorar la gestión de flujos de trabajo, mientras que Pena et al. (2020) implementaron Kaizen y 5S para fomentar la mejora continua y la organización del espacio de trabajo. Canahua Apaza (2020) y Pinto et al. (2020) se centraron en TPM para mejorar la disponibilidad de las máquinas y la calidad del producto, reduciendo así los tiempos de inactividad y los defectos. En consecuencia, estas metodologías contribuyeron a optimizar procesos, reducir mermas y mejorar la eficiencia operativa, resultando en un aumento significativo de la productividad.

La investigación aborda vacíos significativos en el estudio de la baja productividad en Pymes de la industria del plástico, un área que ha sido poco explorada en comparación con otras industrias. Se identifican problemas como la alta cantidad de mermas, tiempos improductivos, y una alta tasa de devoluciones, que generan costos considerables para las empresas. Este enfoque busca ofrecer un modelo de mejora continua que proporciona soluciones prácticas y adaptadas a las particularidades del sector. Al abordar estos vacíos, la investigación contribuye al estado del arte y aporta un valor diferenciado.

Finalmente, la pregunta de investigación es: ¿Cómo puede un modelo de mejora continua basado en herramientas de Lean Manufacturing (Trabajo Estandarizado, SMED y TPM) aumentar la productividad de una PYME en la industria del plástico?

OBJETIVOS

El objetivo principal de la investigación es aumentar la productividad de una PYME dedicada a la fabricación de bobinas de láminas termocontraibles en la industria del plástico en un 10%. Para lograr este resultado, se propone un modelo de mejora continua compuesto por tres herramientas de Lean Manufacturing: Trabajo Estandarizado, SMED y TPM, el cual se delimitará exclusivamente al proceso de extrusión de la empresa. Asimismo, se plantearon objetivos específicos para reducir la cantidad de mermas en un 20%, los tiempos de calibración en un 15% y la cantidad de bobinas defectuosas en un 20%. Además, este estudio presenta un modelo cuyas herramientas se alinean a los principios de Lean Manufacturing y se desarrollan en armonía con la línea de producción, lo que permite alcanzar los objetivos establecidos.

JUSTIFICACIÓN

Desde un enfoque teórico, la investigación enriquece el conocimiento sobre la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing, como SMED, Trabajo Estandarizado y TPM, proporcionando un marco conceptual sólido para la optimización de procesos productivos. Metodológicamente, la propuesta se basa en un enfoque sistemático que incluye la identificación de problemas, la propuesta de implementación de herramientas de mejora y la medición de resultados.

Económicamente, un incremento del 4.97% en la productividad se traduce en una mayor rentabilidad para la PYME. Esto ocurre porque se reducen las mermas, tiempos improductivos y las devoluciones, lo que genera ahorros que pueden ser reinvertidos en el negocio. Además, la participación de los empleados en la implementación de estas mejoras fomenta un ambiente laboral más comprometido y satisfactorio, lo que puede resultar en una mayor retención de talento y un clima organizacional positivo.

En conjunto, la propuesta no solo aborda la eficiencia económica, sino que también mejora la sostenibilidad y la productividad de una PYME de la industria del plástico al reducir mermas y costos. Esto impulsa la innovación en procesos productivos y fortalece la infraestructura industrial, contribuyendo al Objetivo de Desarrollo Sostenible 9: Industria, Innovación e Infraestructura, al crear una industria más resiliente y competitiva.

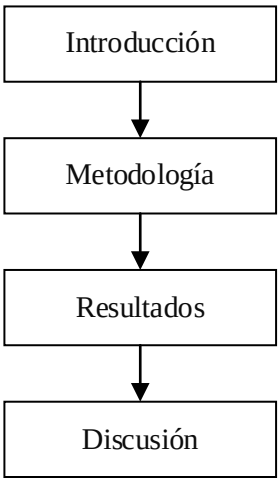
HIPÓTESIS

Es posible aumentar la productividad utilizando herramientas de Lean Manufacturing en una PYME de la industria del plástico.

DISEÑO METODOLÓGICO

Esta investigación es de tipo aplicada, ya que busca resolver el problema de baja productividad en una PYME de la industria del plástico buscando la mejora en sus procesos. El enfoque es cuantitativo, ya que se utilizan datos numéricos para medir y evaluar mejoras en los indicadores. El estudio tiene un alcance explicativo, ya que no solo describe las mejoras obtenidas, sino que también analiza las causas de los problemas de productividad y explica cómo las herramientas implementadas influyen en los resultados obtenidos.

Las etapas del desarrollo de investigación son tres: Introducción, Métodología, Resultados y Discusión.



Introducción

Se explica la situación actual de la empresa, el problema de baja productividad y la justificación del uso de herramientas Lean Manufacturing. Se revisan investigaciones anteriores que han aplicado con éxito dichas herramientas para aumentar la productividad.

Métodología

La investigación sigue una metodología estructurada en cinco etapas: diagnóstico, estado del arte, aporte, validación, discusión y conclusiones.

Resultados

Se presentan los resultados numéricos obtenidos después de la simulación del modelo óptimo. Se analiza el aumento en la productividad, reducción de mermas, tiempos y bobinas defectuosas, comparando el estado inicial y final.

Discusión

Se explican los impactos observados tras la implementación del modelo Lean y se compara con los hallazgos de investigaciones previas. Además, se reflexiona sobre las limitaciones del estudio y las oportunidades de mejora.

Restricciones

Nuestra investigación se enfoca en una propuesta de mejora continua y no en un proyecto de implementación, debido a limitaciones en tiempo y recursos económicos.

Limitaciones

Nuestra investigación enfrenta limitaciones como la falta de datos históricos precisos, variabilidad de los procesos y recursos tecnológicos limitados, lo que podría afectar la precisión del análisis.

NOTAS (AGRADECIMIENTOS)

Queremos agradecer a nuestras familias, quienes con su apoyo incondicional y motivación nos han impulsado a lo largo de este camino académico. Agradecemos también a la Universidad de Lima, nuestra casa de estudios, por brindarnos las herramientas y el conocimiento necesarios para desarrollar esta investigación. Finalmente, queremos agradecer a nuestro asesor, Alberto Enrique Flores Pérez, por su orientación y apoyo, que han sido claves en el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

Acevedo Borrego, Adolfo Oswaldo , & Cachay Boza, Orestes , & Linares Barrantes, Carolina (2017). Enfoque de productividad y mejora en el ingeniero industrial de San Marcos. Estudio exploratorio para competitividad de categoría mundial. Industrial Data, 20(1),95-104.[fecha de Consulta 27 de Junio de 2022]. ISSN: 1560-9146. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81652135011

Aldea Molina, A. L. (2021). Influencia del rediseño de los procesos productivos de una empresa de envolturas flexibles basado en la mejora continua. Industrial Data, 24(1), 7–22. https://doi.org/10.15381/idata.v24i1.19616

Almeida, A., & Cunha, J. (2017). The implementation of an Activity-Based Costing (ABC) system in a manufacturing company. Procedia Manufacturing, 13, 932–939. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.162

Awasthi, A. K., Shivashankar, M., & Majumder, S. (2017). Plastic solid waste utilization technologies: A Review. IOP Conference Series.Materials Science and Engineering, 263(2). https://doi.org/10.1088/1757-899X/263/2/022024

Benitez, E., Becker, M., Baierle, I., Schaefer, J., Brittes, J., Moraes, L., & Brittes, L. (2021). Expected impact of industry 4.0 technologies on sustainable development: A study in the context of Brazil's plastic industry. Sustainable Production and Consumption, Volumen 21, 102-122. https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.07.018

Brito, M., Vale, M., Leão, J., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., & Gonçalves, M. A. (2020). Lean and Ergonomics decision support tool assessment in a plastic packaging company. In Procedia Manufacturing (Vol. 51, pp. 613–619). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.086

Canahua Apaza, N. M. (2021). Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica. Industrial Data, 24(1), 49–76. https://doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402

Costa, T., Silva, F. J. G., & Pinto Ferreira, L. (2017). Improve the extrusion process in tire production using Six Sigma methodology. Procedia Manufacturing, 13, 1104–1111. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.171

Escalante Torres, O. E. (2021). Modelo de balance de línea para mejorar la productividad en una empresa de procesamiento de vidrio templado. Industrial Data, 24(1), 219–242. https://doi.org/10.15381/idata.v24i1.19814

Fernández-Pérez, J., Cantero, J. L., Álvarez, J. D., & Miguélez, M. H. (2017). Composite Fiber Reinforced Plastic one-shoot drilling: Quality inspection assessment and tool wear evaluation. Procedia Manufacturing, 13, 139–145. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.021

Flores, G., Valenzuela, R., Viacava, G., & del Carpio, C. (2020). Model to reduce waste in the production of labels in peruvian companies of the plastic sector by applying autonomous maintenance, kanban and standardization of work. Paper presented at the Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology. https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.96

Godina, R., Pimentel, C., Silva, F.J.G, & Matias, J. (2018). A structural Literature Review of the Single Minute Exchange of Die: The Latest Trends. Procedia manufacturing, 17(2018), 783-790. doi.org/10.1016/J.PROMFG.2018.10.129

Jagusiak-Kocik, M. (2017). PDCA cycle as a part of continuous improvement in the production company - A case study. Production Engineering Archives, 14(14), 19-22. https://doi.org/10.30657/pea.2017.14.05

Jiménez, A., Puerta, J., Gómez, J., et al. (2019). Influencia de las propiedades de la materia prima en el desempeño del proceso de extrusión. Revista de Ingeniería Energética, 40(1), 73-80.

Juiña, L., Cabrera, V. H., & Reina, S. (2017). Aplicación de la teoría de restricciones en la implementación de un Sistema de Manufactura CAD-CAM en la industria Metalmecánica-Plástica. Enfoque UTE, 8(3), 56–71. https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n3.167

Klement, N., Silva, C., & Gibaru, O. (2017). A Generic Decision Support Tool to Planning and Assignment Problems: Industrial Application & Industry 4.0. Procedia Manufacturing, 11, 1684-1691. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.293.

Koay, M. H., Budin, S., & M, A. A. A. W. (2019). Effect of injection moulding parameters in reducing the shrinkage of polypropylene product using Taguchi analysis. IOP Conference Series.Materials Science and Engineering, 505(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/505/1/012060

Kumar, R. (2019). Kaizen a tool for continuous quality improvement in indian manufacturing organization. International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences, 4(2), 452-459. https://doi:10.33889/ijmems.2019.4.2-037

Kuznetsov, A. P., Koriath, H. J., Kalyashina, A. V., & Langer, T. (2018). Equivalence assessment method for the resource efficiency of equipment, technologies and production systems. In Procedia Manufacturing (Vol. 21, pp. 525–532). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.153

Lopes, R., Silva, F., Godina, R., Campilho, R., Dieguez, T., Ferreira, L.P., & Baptista, A. (2020). Reducing scrap and improving an air conditioning pipe production line. Procedia Manufacturing, Volumen 51, 1410-1415. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.196.

Lundgren, M., Hedlind, M., Silvar, G., & Kjellberg, T. (2018). Process Design as Fundament in Efficient Process Planning. Procedia Manufacturing, 25, 487-494. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.06.126.

Marinelli, A., Deshmukh, A., Janardhanan, M., & Nielsen, I. (2021). Lean manufacturing and Industry 4.0 combinative application: Practices and perceived benefits. IFAC-PapersOnLine, Volume 54(1), 288-293. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.034.

Mehami, J., Nawi, & Ray Y Zhong, (2018). Smart automated guided vehicles for manufacturing in the context of Industry 4.0. Procedia Manufacturing, Volume 26, 1077-1086. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.144.

Page, M., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffman, T., Mulrow, C., Shamseer, L., Tetzlaff, J., & Akl, E.. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. Revista Española de Cardiología, Volumen 74(9), 790-799. https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016.

Parenti P., Cataldo, S., Grigis, A., Covelli, M., & Annoni, M. (2019). Implementation of hybrid additive manufacturing based on extrusion of feedstock and milling. Procedia Manufacturing, Volumen 34, 738-736. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.230

Pena, R., Ferreira, L.P., Silva, F.J.G., Sá, J.C., Fernandes, N.O., & Pereira, T. (2020). Lean manufacturing applied to a wiring production process. Procedia Manufacturing, 51, 1387-1394. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.193.

Perellada, M., & Albelo, M. (2020). Análisis de la gestión energética en la Empresa Elementos de Riego para la agricultura. Revista Ingeniería Agrícola, 10(2). Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola

Pérez, S., Gallego, S., & García, M. (2021). Production optimization oriented to value-added: from conceptual to a simulation case study. IOP Conference Series.Materials Science and Engineering, 1193(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/1193/1/012100

Pérez Gao Montoya, M. (2017). Implementación de herramientas de control de calidad en MYPEs de confecciones y aplicación de mejora contínua PHRA. Industrial Data, 20(2), 95. https://doi.org/10.15381/idata.v20i2.13955

Pinto, B., Silva, F.J.G., Costa, T., Campilho, R.D.S.G., & Pereira, M.T. (2019).A Strategic Model to take the First Step Towards Industry 4.0 in SMEs. Procedia Manufacturing, Volume 38, 637-645. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.082.

Pinto, G., Silva, F. J. G., Baptista, A., Fernandes, N. O., Casais, R., & Carvalho, C. (2020). TPM implementation and maintenance strategic plan - A case study. In Procedia Manufacturing (Vol. 51, pp. 1423–1430). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.198

Piñero, E. A., Vivas, F. E., & Flores, L. K. (2018). Programa 5S ´ s para el mejoramiento continuo de la calidad y la productividad en los puestos de trabajo 5S ´ s program for continuous improvement , quality and productivity in the. Ingeniería Industrial . Actualidad y Nuevas Tendencias, VI(20), 99–110. Retrieved from https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215057003009

Ribeiro, P., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Pereira, M. T., & Santos, G. (2019). The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study. In Procedia Manufacturing (Vol. 38, pp. 765–775). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.104

Rodrigues, H., Silva, F.J.G., Morgado, L., Sá, J.C., Ferreira, L., & Campilho, R. (2020). A novel computer application for scrap reporting and data management in the manufacturing of components for the automotive industry. Procedia Manufacturing, Volumen 51, 1319-1326. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.184.

Rosa, Silva & Ferreira. (2017). Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry,Procedia Manufacturing,Volume 11,Pages 1035-1042, ISSN 2351-9789.https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.214.

Silveira, D. D., & Andrade, J. J. de O. (2019). Application of oee for productivity analysis: A case study of a production line from the pulp and paper industry. DYNA (Colombia), 86(211), 9–16. https://doi.org/10.15446/dyna.v86n211.79508

Stefany, C. -., Rocío, R. -., & Claudia, L. -. (2022). PDCA and TPM to increase productivity in a SME company in the pharmaceutical sector. Paper presented at the Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, , 2022-July doi:10.18687/LACCEI2022.1.1.735 BRECHA

Torres-Medina, Y. (2020). El análisis del error humano en la manufactura: un elemento clave para mejorar la calidad de la producción. Revista UIS Ingenierías, 19(4), 53–62. https://doi.org/10.18273/revuin.v19n4-2020005

Troncoso, A., Sanchez, A., & Gonzalez, J. (2020). Discrete Events Simulation Method for Analyze Cycle Time: A Case Study in the Plastics Industry Sector. IOP Conference Series.Materials Science and Engineering, 844(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/844/1/012063

Veres et al. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. Procedia Manufacturing, Volume 22, 900-905, ISSN 2351-9789. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.127.

Vargas Crisóstomo, Edith Luz, & Camero Jiménez, José William. (2021). Aplicación del Lean Manufacturing (5s y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos de una empresa manufacturera. Industrial Data, 24(2), 249-271. Epub 31 de diciembre de 2021.https://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i2.19485

Xu, H., Tang, Y., Liu, Z., Cai, Y., & Wang, Y. (2017). The study of typical failure modes and failure mechanism of polymer materials. IOP Conference Series.Materials Science and Engineering, 231(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/231/1/012123

ANEXOS.

Datos del artículo publicado

- **Nombre del artículo:** Modelo de mejora continua para aumentar la productividad utilizando herramientas de Lean Manufacturing en una PYME de la industria del plástico
- **Autores:** Vicuña Valera, Bruno Marcelo
  Zaga Quispe, Jose Carlos
- **Co autor(es):** Flores Pérez, Alberto Enrique

Presentación en congreso

- **Nombre del congreso:** Proceeding of the 4th Asia Pacific Conference on Industrial Engineering and Operations Management
- **Organizador:** IEOM Society International
- **Sede:** Ho-Chi-Minh City, Vietnam
- **Año:** 2023
- **Pp:** 720-729
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):** https://doi.org/10.46254/AP04.20230205

ZAGA-VICUNA

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%	6%	2%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

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

2%

★ A. F. Caballero-Barrera, J. P. Valdivia-Castillo, J.C. Quiroz-Flores, J. C. Alvarez-Merino. "Development and Application of Kanban and Milk-Run in Production Process of a Metalworking Company", 2019 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2019

Publicación

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 15 words
Excluir bibliografía	Activo		