

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial



IMPROVEMENT OF PRODUCTIVITY BY APPLYING POKA YOKE, SMED AND TPM IN A SME IN THE BRICK PRODUCTION SECTOR

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Alonso Arturo Becerra Flores

Código 20190235

Jhonny Sergio Wildo Salas Sotelo

Código 20193400

Asesor

Jorge Antonio Corzo Chávez

Lima – Perú

Noviembre de 2024

Propuesta
Carrera Ingeniería Industrial

Título

IMPROVEMENT OF PRODUCTIVITY BY APPLYING POKA YOKE, SMED AND TPM IN A SME IN THE BRICK PRODUCTION SECTOR

Autor(es)

Alonso Arturo Becerra Flores
20190235@aloe.ulima.edu.pe
Universidad de Lima

Jhonny Sergio Wildo Salas Sotelo
20193400@aloe.ulima.edu.pe
Universidad de Lima

Jorge Antonio Corzo Chávez
jacorzo@ulima.edu.pe
Universidad de Lima

Resumen: Al cierre de 2022, el sector construcción en Perú había experimentado un crecimiento del 6,02%, beneficiando en consecuencia también a la industria ladrillera. Esta investigación se centra en estudiar una pequeña y mediana empresa (PYME) que enfrenta desafíos de productividad que comprometen su rentabilidad y competitividad. Se realizaron visitas periódicas a la empresa para la recolección de datos. Los principales problemas se identificaron mediante un diagrama de Pareto, incluido el tiempo de producción excesivo, el error humano, el tiempo de inactividad no planificado de la maquinaria y el reprocesamiento, siendo los tres primeros los más notables. Se identificaron las causas raíz de cada problema para vincularlas a soluciones basadas en principios de Lean Manufacturing, como TPM, SMED, Poka Yoke y estandarización de actividades. Se sugirieron y validaron propuestas de mejora mediante simulación en Arena, arrojando resultados positivos, como un aumento en la productividad total del 4%, una reducción de 7 horas en el tiempo total de producción, una disminución del 40% en los tiempos de preparación, una reducción del 2% en los defectos. productos, y una disminución del 75% en la incidencia de errores humanos en algunas actividades, como la mezcla. Finalmente, la evaluación financiera de la propuesta demostró una alta rentabilidad, con un Valor Presente Neto (VAN) de 15,745 USD, una Tasa Interna de Retorno (TIR) de casi el 30% y un periodo de retorno de la inversión inicial en tan solo 3 meses.

Palabras Clave: Ladrillos, Productividad, Lean Manufacturing, TPM, SMED, Poka Yoke.

Abstract: By the end of 2022, the construction sector in Peru had experienced a growth of 6.02%, consequently benefiting the brick industry as well. This research focuses on studying a small and medium-sized enterprise (SME) facing productivity challenges that compromise its profitability and competitiveness. Periodic visits were conducted to the company to gather data. The main issues were identified using a Pareto diagram, including excessive production time, human error, unplanned machinery downtime, and reprocessing, with the first three being the most remarkable. Root causes of each problem were identified to link them to solutions based on Lean Manufacturing principles, such as TPM, SMED, Poka Yoke and activity standardization. Improvement proposals were suggested and validated through simulation in Arena, yielding positive results, such as an increase in total productivity of 4%, a 7-hour reduction in total production time, a 40% decrease in setup times, a 2% reduction in defective products, and a 75% decrease in the incidence of human errors in some activities, such as mixing. Finally, the financial evaluation of the proposal demonstrated high profitability, with a Net Present Value (NPV) of 15,745 USD, an Internal Rate of Return (IRR) of almost 30% and a payback period of the initial investment in just. 3 months.

Keywords: Bricks, Productivity, Lean Manufacturing, TPM, SMED, Poka Yoke.

Línea de investigación IDIC – ULIMA Desarrollo Empresarial / **Área:** Operaciones y Logística

Área y Sub-áreas de Investigación:

Área: Operations Research & Analysis **Sub-área:** Simulation

Objetivo (s) de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionado (s) al tema de investigación.

ODS 9: Industria, innovación e infraestructura / ODS 12: Producción y consumo responsables /

ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico / ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante 2022, el sector construcción experimentó una positiva variación del 6,02%, lo que lleva a un aumento del 2,27% en el mercado interno consumo de cemento. Esto influye directamente en el crecimiento de la industria manufacturera del ladrillo. La informalidad dentro de este sector está presente desde hace varios años, hasta el punto de que sólo el 35% de la producción de ladrillos en el Perú fue de empresas formales en 2019. Es probable que este porcentaje no haya aumentado, ya que este sector sigue siendo altamente rentable para la entrada de empresas informales. Probablemente esto se deba a que, en los negocios informales, los costos de fabricación se reducen debido a la falta de información exhaustiva, control o regulación en estándares de calidad. En respuesta, muchas PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas) optan por mejorar no sólo sus estándares de calidad para retener más clientes sino también optimizar sus procesos para reducir costos de fabricación y competir contra los bajos precios prevalecientes en el mercado. La industria 4.0, digitalización, automatización y tecnologías similares son cada vez más frecuentes en la industria de la construcción, contribuyendo al crecimiento de la competitividad de las empresas de este sector cada año. Además de esto, la aplicación de los principios de manufactura esbelta a la industria de la construcción juega un papel importante.

El caso de estudio para este proyecto es una pequeña y mediana empresa productora de ladrillos (PYME) ubicada en Lima, Perú. Esta empresa produce 57,8 mil ladrillos por día, con una tasa promedio de defectos del 3,7%. Su ciclo de fabricación es de 13 días, el costo de producción por mil ladrillos es 96,8 USD y posee un ratio de 3.212 ladrillos por operario al día. En comparación con el estándar de la industria, su principal debilidad radica en la productividad, ya que el sector opera a 143 mil ladrillos por día, con una tasa promedio de defectos que oscila entre 3,5% a 4%, un tiempo de ciclo de fabricación de 10 días, un costo de producción por mil ladrillos de 152,8 USD y un ratio de 1.300 ladrillos por operario al día. Esto resulta en un impacto económico de 3015,12 USD perdidos por día como margen bruto, representando el 39,69% del ingreso bruto anual de la compañía.

La pregunta de investigación sería: ¿Cómo se puede mejorar una fábrica de ladrillos utilizando herramientas lean? De esto surgen preguntas complementarias como: ¿Cuáles son los principales factores que afectan la productividad? ¿Qué estrategias pueden implementarse para optimizar los tiempos de ciclo en las diferentes etapas del proceso de producción? ¿Cómo se puede reducir el número de defectos y pérdidas en la producción de ladrillos? ¿Qué programas de formación pueden implementarse para mejorar las habilidades y conocimientos del personal? ¿Qué estrategias pueden implementarse para aumentar la competitividad de la empresa en estudio en el mercado?, entre otras.

OBJETIVOS

Con respecto al desarrollo de nuestro proyecto de investigación, se tienen los siguientes objetivos:

- Investigar sobre los antecedentes más resaltantes del sector de producción de ladrillos y de la empresa en estudio
- Elaborar el estado del arte del proyecto.
- Realizar el análisis y diagnóstico del problema usando herramientas cuantitativas como el Diagrama de Pareto.
- Diseñar y desarrollar propuestas de solución utilizando herramientas de lean manufacturing (SMED, POKA YOKE y TPM) para la problemática a tratar.
- Validar la solución a la problemática de la baja productividad total de la empresa en estudio mediante una simulación en Arena, así como evaluar su viabilidad económica y su impacto en los stakeholders correspondientes.

JUSTIFICACIÓN

El sector ladrillero en el Perú enfrenta hoy una serie de desafíos que lo caracterizan como un entorno caótico, donde la informalidad, la ineficiencia y la falta de sostenibilidad son realidades predominantes. La aplicación de herramientas Lean en las ladrilleras peruanas tiene el potencial de generar un impacto positivo y duradero en el sector, impulsando su crecimiento, competitividad y sostenibilidad al reducir desperdicios, fallas de maquinaria, defectos y errores humanos.

Estos mismos principios se aplican al nivel internacional, donde este proyecto podría servir como un marco metodológico relevante al presentar un modelo para mejorar la productividad que no necesita grandes inversiones para aumentar los niveles tecnológicos ni implica un rediseño de la planta. En cambio, a través de la implementación de herramientas lean, el proyecto busca mejorar la eficiencia del proceso e impulsar productividad dentro de la empresa en estudio.

El proyecto se relaciona directamente con el noveno Objetivo del Desarrollo Sostenible: Industria, Innovación e Infraestructura, debido a que fomenta la adopción de tecnologías limpias y ecológicamente racionales en los procesos industriales, la reducción de residuos y mejorar la calidad de las instalaciones industriales, especialmente en los países en desarrollo.

HIPÓTESIS

Al aplicar herramientas Lean Manufacturing en una empresa de producción de ladrillos, se logrará una mejora sustancial en la productividad y la calidad, reduciendo significativamente costos, tiempos de ciclo, errores, desperdicios y productos defectuosos, siendo a su vez viable económicamente.

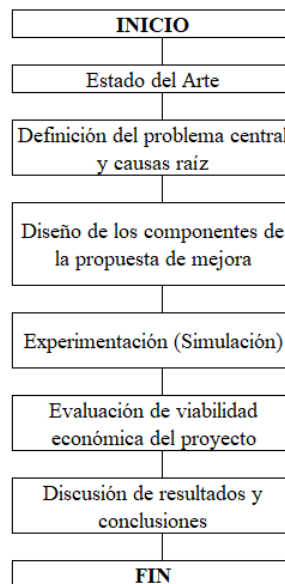


DISEÑO METODOLÓGICO

El proyecto de investigación es de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo y de alcance causal, con un diseño cuasi experimental ya que se realizará el experimento en dirección hacia la modelación (simulación en software Arena). Se pretende describir el objeto de estudio en cuestión y se buscará ver cómo las variables independientes: falta de maquinaria especializada, actividades no estandarizadas, falta de capacitación y la ausencia de mantenimiento preventivo afectan en la variable dependiente, la cual es la baja productividad. Se buscará una mejora en la productividad de una empresa relacionada al sector de producción de ladrillos con ayuda de un modelo de gestión de la producción, aplicando las técnicas e instrumentos de SMED, Poka Yoke y TPM demostrando la efectividad y viabilidad de las herramientas lean. Respecto al producto, nos centraremos en la producción de ladrillos King Kong 18 huecos al ser el de mayor producción dentro de la empresa en estudio.

La investigación se vio obstaculizada por la limitada disponibilidad de datos y registros sobre los procesos productivos de la empresa, así como por la escasez de estudios académicos relacionados con la aplicación de herramientas Lean en el sector de la producción de ladrillos en Perú. Además, la poca disposición de los representantes de la empresa a compartir información confidencial y las dificultades para llevar a cabo pruebas piloto en el entorno real obligaron a recurrir a la simulación de los procesos.

En cuanto a las etapas del desarrollo del proyecto, en primer lugar, se realiza un estado del arte que brinde un marco teórico que de contexto y justificación al tema de investigación. Posteriormente, el problema central a tratar será detallado junto con sus causas raíz más relevantes. Después, se describirán los componentes de la propuesta de mejora y se realizará la experimentación para validar los resultados. Finalmente, se realizará una evaluación para determinar el beneficio económico y viabilidad del proyecto, seguido de una discusión de los resultados y conclusiones más significativos.



NOTAS (AGRADECIMIENTOS)

Agradecemos a Dios por su guía divina, fortaleza y sabiduría que nos han permitido superar cada obstáculo. A la Universidad de Lima, le agradecemos la oportunidad de haber formado parte de su prestigiosa comunidad académica. A nuestros padres y familiares, gracias por su amor incondicional, apoyo, aliento y sacrificios. Este logro es tan suyo como nuestro.

REFERENCIAS

- Abdul, A. H. & Musazali, M. (2020). Understanding of Non-Value Added Overtime in Manufacturing Operations. IOP Conference Series. Materials Science and Engineering. <https://doi.org/DOI:10.1088/1757-899X/994/1/012004>
- Abidin, M. H. Z., Leman, Z., Abidin, Z., Yusof, M. & Khalili, A. (2022). Lean impact on manufacturing productivity: A case study of Industrialized Building System (IBS) manufacturing factory. Jurnal Teknologi. 84(4), 65-77. <https://doi.org/10.11113/jurnalteknologi.v84.18156>

- Aka, A., Isah, A. D., Eze, C. J. & Timileyin, O. (2020). Application of lean manufacturing tools and techniques for waste reduction in Nigerian bricks production process. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 27(3), 658-679. <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2018-0375>
- Arévalo et al. (2019). Waste Reduction Using Lean Manufacturing Tools: A Case in the Manufacturing of Bricks. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Manager*. <https://doi.org/10.1109/IEEM44572-2019-8978508>
- Gamarra O. (2021). Aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad en la línea de producción en la empresa Ladrillos Fortes S.A.C – Callanca. Universidad Señor de Sipán. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/7861>
- Huang, Z., Jowers, C., Kent, D., Dehghan-Manshadi, A., & Dargusch, M. S. (2022). The implementation of Industry 4.0 in manufacturing: from lean manufacturing to product design. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 121(5–6), 3351–3367. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-09511-7>
- Hurtado, E., Ayala, J. (2021). Implementación del TPM para aumentar la disponibilidad de las máquinas de la empresa Tecnología Fabricación Mantenimiento SAC. Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo, Lima, Perú. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/82394>
- Instituto nacional de estadísticas e informática. (2022). Informe técnico – Producción Nacional – N°8 – Agosto 2022. <https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/08-informe-tecnico-produccion-nacional-jun-2022.pdf>
- Kareem, J. A. H. & Amin, O. A. Q. H. (2017). Ethical and Psychological Factors in 5S and Total Productive Maintenance. *Journal of industrial engineering and management-jiem*. 10(3), 444-475. <https://doi.org/10.3926/jiem.2313>
- Mano, A. P., Gouvea da Costa, S. E., & Pinheiro de Lima, E. (2020). Criticality assessment of the barriers to Lean Construction. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 70(1), 65–86. <https://doi.org/10.1108/ijppm-11-2018-0413>
- Masmali, M. (2021). Implementation of Lean Manufacturing in a Cement Industry. *Engineering technology & applied science research*. 11(3), 7069-7074. <https://doi.org/10.48084/etasr.4087>
- Murmu, A. L. & Patel, A. (2018). Towards sustainable bricks production: An overview. *Construction and Building Materials*. 165, 112-125. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.038>
- Pertuz, A. (2018). Implementación de la metodología (SMED) para la reducción de tiempos de alistamiento (Set Up) en máquinas encapsuladoras de una empresa farmacéutica en la ciudad de Barranquilla. Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Barranquilla, Colombia. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/18111/72245661.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Perú Construye. (2019, 14 de noviembre). Mercado del ladrillo: «Una lucha imparables contra la informalidad». <https://peruconstruye.net/2019/11/14/mercado-del-ladrillo-una-lucha-imparables-contra-la-informalidad/#>
- Sutharsan, S. M., Mohan Prasad, M., & Vijay, S. (2020). Productivity enhancement and waste management through lean philosophy in Indian manufacturing industry. *Materials Today: Proceedings*, 33(7), 2981–2985. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.976>
- Utami Handayani, N., Agung Wibowo, M., Mustikasari, A., Wahyu Nurwidanto, I., & Akbar Dilaga, D. (2020). The implementation of lean construction and six sigma concepts in light brick installation: A case study in Cordova apartment project. *IOP conference series. Materials science and engineering*, 909(1), 012048. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/909/1/012048>

ANEXOS.

Datos del artículo publicado

- **Nombre del artículo:** Improvement of productivity by applying Poka Yoke, SMED and TPM in a SME in the brick production sector.
- **Autores:** Alonso Arturo Becerra Flores, Jhonny Sergio Wildo Salas Sotelo
- **Co autor(es):** Jorge Antonio Corzo Chávez

Presentación en congreso

- **Nombre del congreso:** 22nd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology
- **Organizador:** LACCEI (Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions)
- **Sede:** San José, Costa Rica.
- **Año:** 2024
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):**
<https://www.doi.org/10.18687/LACCEI2024.1.1.349>




7% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  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.