

Universidad de Lima  
Facultad de Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Industrial



# **IMPLEMENTING LEAN MANUFACTURING AND AHP FOR EFFICIENCY IN MINING EQUIPMENT MOTOR REPAIRS: A CASE STUDY**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

**Miguel Andre Rubina Gonzales**

**Código 20161298**

**Brandon Arturo Sanabria Gamboa**

**Código 20163573**

**Asesor**

Maria Teresa Malaga Ortiz

Lima – Perú

Noviembre de 2024

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

**Título**

IMPLEMENTING LEAN MANUFACTURING AND AHP FOR EFFICIENCY IN MINING  
EQUIPMENT MOTOR REPAIRS: A CASE STUDY

**Autor(es)**

Miguel André Rubina Gonzales  
20161298@aloe.ulima.edu.pe

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Lima, Perú

Brandon Arturo Sanabria Gamboa  
20163573@aloe.ulima.edu.pe

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Lima, Perú

**Resumen:** Las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) en el sector de reparación de motores para equipos de minería enfrentan desafíos significativos, incluyendo una gestión ineficiente de repuestos y la dependencia de reparaciones por terceros. Estos problemas provocan retrasos e inconsistencias, afectando la eficiencia y productividad de las operaciones mineras que apoyan. Para abordar estos desafíos, este estudio propuso un modelo de producción basado en principios de Lean Manufacturing, que incluye Poka Yoke, Trabajo Estandarizado y el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP). El modelo tiene como objetivo optimizar los flujos de trabajo, mejorar el control de calidad y aumentar la eficiencia operativa a través de la prevención sistemática de errores y marcos de toma de decisiones. La implementación del modelo propuesto resultó en una reducción del 25% en el tiempo perdido por componente, disminuyendo de 3.16 horas a 2.39 horas. Además, la capacidad de reparación aumentó en 7.77 horas por componente, y el uso de Poka Yoke llevó a una reducción del 32.6% en errores relacionados con los repuestos. La estandarización de trabajos de terceros a través de Kaizen y AHP también redujo el trabajo no conforme en un 9%. Los hallazgos del estudio demostraron mejoras significativas en la eficiencia operativa de las PYMEs en el sector de reparación de motores, contribuyendo a la productividad y rentabilidad general de la industria minera. Esta investigación proporciona un marco sólido para abordar desafíos operativos y resalta los beneficios socioeconómicos de adoptar principios de Lean Manufacturing. La investigación futura debería explorar una mayor integración de tecnologías avanzadas y metodologías de mejora continua para mantener los logros alcanzados y adaptarse a las necesidades cambiantes de la industria.

**Palabras Clave:** Lean Manufacturing, Proceso de Jerarquía Analítica, Ensayos No Destructivos, Equipos de minería, Eficiencia operativa.

**Abstract:** The small and medium enterprises (SMEs) in the motor engine repair sector for mining equipment face significant challenges, including inefficient spare parts management and reliance on third-party repairs. These issues lead to delays and inconsistencies, affecting the overall efficiency and productivity of the mining operations they support. To address these challenges, this study proposed a production model based on Lean Manufacturing principles, including Poka Yoke, Standardized Work, and the Analytic Hierarchy Process (AHP). The model aimed to streamline workflows, improve quality control, and enhance operational efficiency through systematic error prevention and decision-making frameworks. The implementation of the proposed model resulted in a 25% reduction in time lost per component, decreasing from 3.16 hours to 2.39 hours. Additionally, repair capacity increased by 7.77 hours per component, and the use of Poka Yoke led to a 32.6% reduction in errors related to spare parts. The standardization of third-party jobs through Kaizen and AHP further reduced non-compliant work by 9%. The study's findings demonstrated significant improvements in the operational efficiency of SMEs in the motor engine repair sector, contributing to the overall productivity and profitability of the mining industry. This research provides a robust framework for addressing operational challenges and highlights the socio-economic benefits of adopting Lean Manufacturing principles. Future research should explore further integration of advanced technologies and

continuous improvement methodologies to sustain the gains achieved and to adapt to evolving industry needs.

**Keywords:** Lean Manufacturing, Analytic Hierarchy Process (AHP), Non-Destructive Testing (NDT), Mining Equipment, Operational 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 caso de estudio viene gastando un promedio de 47,380 dólares por año debido al tiempo de inactividad en los procesos de reparación de motores ya sean por demoras en los procesos de ensamblado y desmantelado.

En este caso, la empresa mantenía un indicador de tasa de eficiencia de 86.25%, cuando se requería un 96.28% para mantener la eficiencia y productividad general de las operaciones mineras a las que prestaba apoyo.

Este bajo índice es debido a tres principales causas: Tiempo perdido por problemas con piezas de recambio nuevas y con el trabajo de terceros y tiempo perdido debido al tiempo de espera para los Ensayos No Destructivos.

## **OBJETIVOS**

Se tuvo como objetivo principal optimizar la eficiencia del servicio en la reparación de motores para equipos de minería mediante la integración de herramientas Lean y AHP, asegurando un alto nivel de eficiencia en el mismo.

## **JUSTIFICACIÓN**

La justificación de este estudio radica en la necesidad urgente de mejorar la eficiencia operativa de las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) dedicadas a la reparación de motores para equipos de minería. Estas PYMEs desempeñan un rol fundamental en garantizar el buen funcionamiento de los equipos mineros, lo que impacta directamente en la productividad y rentabilidad de la industria minera. Sin embargo, problemas recurrentes como la ineficiencia en la gestión de repuestos, la dependencia de reparaciones externas y las deficiencias en los procesos de Pruebas No Destructivas (NDT) afectan su capacidad para ofrecer un servicio ágil y confiable. En este contexto, la integración de herramientas Lean y el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) ofrece una solución prometedora para optimizar la eficiencia de los servicios de reparación.

Al aplicar principios de Lean Manufacturing como Poka Yoke y el Trabajo Estandarizado, se busca reducir errores y mejorar el control de calidad en cada etapa del proceso. Además, la implementación de AHP permite una toma de decisiones más precisa al seleccionar proveedores y priorizar mejoras operativas. Este enfoque no solo aborda los principales obstáculos que enfrentan las PYMEs, sino que también promete mejorar la competitividad de estas empresas en un sector altamente demandante.

## **HIPÓTESIS (Si aplica)**

La aplicación de un Modelo de producción basado en los principios de Lean Manufacturing y AHP incrementará la eficiencia en la reparación de motores para equipos de minería.

## **DISEÑO METODOLÓGICO**

Tipo: Aplicada

La presente investigación fue de tipo aplicada, debido a que está orientada a lograr la mejorar de la eficiencia del servicio en la reparación de motores para equipos de minería mediante la implementación de un modelo de producción basado en los principios de Lean Manufacturing y AHP.

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 producen la implementación de los principios de Lean Manufacturing y AHP en la eficiencia en la reparación de motores para equipos de minería.

Técnicas e instrumentos:

- Poka Yoke
- Trabajo estandarizado
- Proceso de Jerarquía Analítica
- Mejora Continua

Etapas del desarrollo de la investigación:

1. Diagnóstico inicial mediante entrevista la gerente general y jefe de operaciones.
2. Con la información, realizar Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto, Árbol de Problemas y plantear los objetivos.
3. Definir el problema principal.
4. Determinar las herramientas Lean a emplear.
5. Implementación de Poka Yoke
6. Implementación de Estandarización de trabajo (Método AHP): selección de proveedores
7. Implementación de Estandarización de trabajo: reducción de tiempos improductivo por NDT incompletos
8. Recopilar información de los resultados en Excel y simulación en software Arena
9. Análisis de datos de los resultados vs. escenario inicial
10. Envío de resultados a la gerencia de la empresa para toma de decisiones.

## **NOTAS (AGRADECIMIENTOS)**

Agradecimientos a nuestros familiares, en especial a nuestros padres, quienes nos acompañaron durante toda nuestra etapa universitaria brindándonos el soporte que necesitábamos, del mismo modo, a nuestros profesores que nos guiaron y enseñaron todo lo necesario para poder cumplir nuestros objetivos y metas como profesionales.

## **REFERENCIAS**

Adam, N. and Alarifi, G. (2021). Innovation practices for survival of small and medium enterprises (smes) in the covid-19 times: the role of external support. Journal of Innovation and Entrepreneurship, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s13731-021-00156-6>

- Alexander, L. and Iskandar, I. (2023). Application of lean manufacturing in aluminum cable ladder manufacturing companies: case study at pt. indra saputra triassic. *Journal of Mechanical Civil and Industrial Engineering*, 4(1), 09-16. <https://doi.org/10.32996/jmcie.2023.4.1.2>
- Chan, F. T. S., & Kumar, N. (2007). Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP based approach. *Omega*, 35(4), 417-431. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2005.08.004>
- Crosby, P. B. (1979). *Quality is Free: The Art of Making Quality Certain*. McGraw-Hill. Dai, R., Hu, F., Hu, J., Jin, Q., Hui-wen, L., Wang, R., ... & Zhang, X. (2021). The impact of covid-19 on small and medium-sized enterprises (smes): evidence from two-wave phone surveys in china. *China Economic Review*, 67, 101607. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2021.101607>
- Deming, W. E. (1986). *Out of the Crisis*. MIT Press. Effendi, R. (2023). Efficiency unleashed: lean manufacturing strategies in analyzing the plastic packaging production process. *Dinamis*, 11(2), 51-63. <https://doi.org/10.32734/dinamis.v11i2.13456>
- Ganesan, J. (2023). Implementation of lean manufacturing to improve production efficiency: a case study of electrical and electronic company in malaysia. *Journal of Sustainable Manufacturing in Transportation*, 3(2). <https://doi.org/10.30880/jsmt.2023.03.02.006>
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill. Iranmanesh, M., Zailani, S., Hyun, S., Ali, M., & Kim, K. (2019). Impact of lean manufacturing practices on firms' sustainable performance: of lean culture as a moderator. *Sustainability*, 11(4), 1112. <https://doi.org/10.3390/su11041112>
- Juran, J. M. (1988). *Juran's Quality Control Handbook*. McGraw-Hill. Khamis, A. and Chen, Z. (2022). Factors influencing the performance of small and medium enterprises in tanzania: a case zanzibar. *Asian Journal of Economics Business and Accounting*, 32-43. <https://doi.org/10.9734/ajeba/2022/v22i2030673>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw Hill. Manurung, M. (2024). Implementation of lean manufacturing methodology and its application: a literature review. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 26(1), 35-46. <https://doi.org/10.32734/jsti.v26i1.12158>
- Novirani, D. (2024). Application of lean manufacturing to minimize waste in the production process of tin stabilizer. *E3s Web of Conferences*, 484, 01002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448401002>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press. Qureshi, K., Mewada, B., Alghamdi, S., Almakayeel, N., Qureshi, M., & Mansour, M. (2022). Accomplishing sustainability in manufacturing system for small and medium-sized enterprises (smes) through lean implementation. *Sustainability*, 14(15), 9732. <https://doi.org/10.3390/su14159732>
- Raharjo, K. (2019). The role of green management in creating sustainability performance on the small and medium enterprises. *Management of Environmental Quality an International Journal*, 30(3), 557-577. <https://doi.org/10.1108/meq-03-2018-0053>
- Rahman, S. (2023). Impact of lean manufacturing on productivity and layout design in sewing section of a garment industry. *International Journal of Industrial Management*, 17(3), 152-161. <https://doi.org/10.15282/ijim.17.3.2023.8955>
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Sahoo, P. (2020). Covid-19 and indian economy: impact on growth, manufacturing, trade and msme sector. *Global Business Review*, 21(5), 1159-1183. <https://doi.org/10.1177/0972150920945687>
- Saraswati, D. (2024). Development of a sustainable lean competitive strategy in a water pump company. *The South African Journal of Industrial Engineering*, 35(1). <https://doi.org/10.7166/35-1-2910>
- Shingo, S. (1986). *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System*. Productivity Press. Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster.

## ANEXOS.

### Datos del artículo publicado

- **Nombre del artículo:** IMPLEMENTING LEAN MANUFACTURING AND AHP FOR EFFICIENCY IN MINING EQUIPMENT MOTOR REPAIRS: A CASE STUDY
- **Autores:** Miguel André Rubina Gonzales, Brandon Arturo Sanabria Gamboa.
- **Co autor(es):** Maria Teresa Malaga Ortiz.

## **Presentación en congreso**

- **Nombre del congreso:** Proceedings of the Industrial Engineering and Operations Management World Congress
- **Organizador:** IEOM Society International
- **Sede:** Detroit, Michigan, USA,
- **Año:** 2024
- **Pp:** 12 hojas
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):**  
**ISBN:**979-8-3507-1729-7  
**ISSN/E-ISSN:** 2169-8767
- <https://doi.org/10.46254/wc01.20240042>

## 5% 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 coincidencias excluidas

---

### Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 0%  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.