UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Modelo de Eliminación de Desperdicios basado en Lean Manufacturing y

Lean Maintenance para el incremento de la eficiencia en la industria

manufacturera

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Para optar el grado de bachiller en Ingeniería Industrial

AUTOR(ES)

Aucasime Gonzales, Paola Priscilla (0000-0001-8079-4522)

Tremolada Cruz, Sofia Fernanda (0000-0003-2633-1951)

ASESOR

Chávez Soriano, Pedro Alberto (0000-0003-2708-442X)

Lima, 15 de enero del 2020

DEDICATORIA

A nuestros padres por todo el apoyo brindado durante esta etapa.

RESUMEN

En el presente artículo se aborda la problemática de la baja eficiencia de un proceso productivo en una empresa manufacturera. Esta investigación busca integrar y modelar diferentes herramientas de la ingeniería, con un modelo más eficiente que evite costos altos de mantenimiento de los equipos de producción, sin incurrir en elevados costos por implementación. En tal sentido, este artículo presenta un Modelo de Reducción de Desperdicios que busca reducir el tiempo de set up y desarrollar una gestión del mantenimiento adecuada para lograr el incremento de la Eficiencia General de los Equipos (OEE). La validación del modelo ha sido realizada en una empresa de manufactura de neumáticos en el Perú y arrojó resultados positivos tales como un incremento del OEE de 13%, una reducción de tiempos de set up de 22.5% y como consecuencia un incremento en la capacidad de cambios de componentes, la externalización de 37 actividades y un incremento del 80% en el índice de conocimiento de los operarios involucrados en la propuesta.

Palabras clave: Desperdicios; Eficiencia; OEE; Lean Manufacturing; Lean Maintenance.

Waste Reduction Model based on Lean Manufacturing and Lean Maintenance for
increasing efficiency in the manufacturing industry

ABSTRACT

This article addresses the problem of low efficiency of a production process in a manufacturing company. This research seeks to integrate and model different engineering tools, with a more efficient model that avoids high maintenance costs of production equipment, without incurring high costs for implementation. In this regard, this article presents a Waste Reduction Model that seeks to reduce set-up time and develop proper maintenance management to achieve the increase in General Equipment Efficiency (OEE). The validation of the model has been carried out in a tire manufacturing company in Peru and yielded positive results such as an OEE increase of 13%, a set-up time reduction of 22.5% and as a consequence an increase in the capacity of component changes, the transformation of 37 activities from internal to external and an 80% increase in the knowledge index of the operators involved in the proposal.

Keywords: Waste; Efficiency; OEE; Lean Manufacturing; Lean Maintenance.

TABLA DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	ESTADO DEL ARTE	2
2.1	LEAN MANUFACTURING APLICADO EN INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	2
2.2	LEAN MAINTENANCE APLICADO EN INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	2
3	APORTE.....	3
3.1	MODELO PROPUESTO	3
3.2	MÉTODO PROPUESTO	4
3.3	INDICADORES	4
4	VALIDACIÓN	6
4.1	CASO DE ESTUDIO.....	6
4.2	DIAGNÓSTICO INICIAL	6
4.3	APORTE EN ESCENARIO.....	7
5	CONCLUSIONES.....	10
6	REFERENCIAS	11

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de actividades	7
Tabla 2. Estándares de Mantenimiento Autónomo	8
Tabla 3. Comparación de resultados iniciales y finales.....	8

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de reducción de desperdicios	3
Figura 2. Flujograma de implementación de la propuesta.....	4
Figura 3. Prensa de vulcanización	6

1 INTRODUCCIÓN

Las empresas de manufactura deben generar estrategias que mejoren la productividad de sus procesos para mantenerse en competitividad [1]. En un reporte del Banco Mundial, se obtuvo que la región Latinoamérica y El Caribe presentan 1.6% de crecimiento promedio anual, siendo aproximadamente el 20% del crecimiento de la región líder del mundo. Por otro lado, en el Perú, el PBI ha disminuido en 6.6%, mientras que en el mundo se incrementó en un 1.4% [2]. El sector caucho y plástico en el Perú, tiene una variación porcentual negativa, mientras que otros sectores, presentan una variación porcentual de la producción positiva. [3]. Por tal motivo, se ha analizado el proceso de manufactura de neumáticos, el cual se ha visto asociado a diferentes problemas como la baja productividad, problemas de calidad y paradas en las máquinas de producción; este último es el de mayor impacto pues afecta la eficiencia de los equipos con los que operan [4].

Dentro de la industria de neumáticos, el proceso más crítico es el vulcanizado por las diferentes fallas que presentan las prensas de curado, lo cual hace ineficiente al proceso, debido a que se afecta directamente la eficiencia de estas lo que provoca, en muchos casos, se deje de producir más del 10% del plan de producción diario [4]. Diferentes autores, han planteado modelos que brindan soluciones para mejorar la eficiencia de los procesos, empleando técnicas como el TPM, TQM, JIT, SMED, 5S, entre otras [5][6], logrando incrementar la eficiencia de los procesos en un rango de 4% a 10 y reducciones de tiempo improductivo en un rango de 11 a 20%.

La competitividad, es un factor crucial para mantenerse en la industria de manufactura peruana. En tal sentido, se busca integrar y modelar las diferentes herramientas de ingeniería, con un modelo más eficiente que otros ya presentados y que no solo no incurre en costos altos de implementación, sino que evita costos altos de mantenimiento. Por tal motivo, y teniendo en cuenta la motivación se propone un Modelo de Reducción de Desperdicios basado en Lean Manufacturing y Lean Maintenance para el incremento de la eficiencia en la industria manufacturera.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Lean Manufacturing aplicado en industrias manufactureras

Los autores afirman que las técnicas de la filosofía Lean Manufacturing son aplicadas en las empresas para reducir los desperdicios de los procesos productivos como los tiempos de cambio de componentes de los equipos. Gracias a la exitosa implementación de las herramientas en diversos casos se alcanza el objetivo de poder incrementar el indicador de eficiencia general de los equipos en un 4% aproximadamente y a la vez reducir, en un caso, en un 40% el tiempo de cambio de componentes, y en otro caso, una mayor diferencia reduciendo 87% del tiempo de set up en un proceso de manufactura [7][8]. Otros ejemplos de casos de éxito en los que se logró reducir el tiempo de set up presentan disminuciones de 50% y 64% respectivamente, lo cual se logra gracias a la externalización de tareas, de manera que se trabaja bajo el principio de la preparación anticipada. [9][10].

2.2 Lean Maintenance aplicado en industrias manufactureras

Una vertiente de la filosofía Lean es el Lean Maintenance, la cual se enfoca en la aplicación de herramientas Lean para la gestión del mantenimiento, este a su vez se enfoca en los contextos de manufactura con maquinarias que presenten altos niveles de desperdicios como por ejemplo las paradas de máquina. Un claro ejemplo de su aplicación fue en la producción textil, en la que se redujo el tiempo de paradas en un 26% y la disponibilidad de la máquina aumentó en un 1.7%. En otros escenarios el impacto también positivo se refleja en la mejora del indicador de eficiencia OEE, el cual incrementa alrededor de 5% a 7% [11][12][13]. Después de la implantación se puede fabricar una mayor cantidad de productos en un 31% aproximadamente, una reducción del 30% de paradas de máquina, el promedio de la eficiencia operacional alcanzó un 67.1%, la disponibilidad del equipo despuntó hasta llegar al 78.9%, y finalmente, según se mencionó anteriormente el mayor beneficio representado en indicadores de desempeño operacional se traduce en el aumento del OEE, el cual en un par de escenarios pudo incrementarse desde 45.36% hasta 60.38% y se obtuvo como promedio un índice de 51.5% [4][14].

3 APORTE

3.1 Modelo propuesto

Como parte del aporte se presenta un Modelo de Reducción de Desperdicios basado en Lean Manufacturing y Lean Maintenance, tal y como se muestra en la Figura 1. Este modelo tiene una integración de diferentes componentes que han sido implementados de forma integral en el escenario. El modelo presentado presenta 4 fases: el primero involucra al componente personal, ya que la fase inicial implica entrenamiento y educación sobre la metodología y beneficios de todo el modelo. El componente personal es un factor muy importante, ya que con su experiencia y aprendizaje continuo podrán utilizar diferentes herramientas que sirvan para mejorar su método de trabajo actual y lograr los objetivos planteados.

Como segundo componente se tiene al desperdicio: paradas en los equipos de producción, el cual afecta directamente a los productos que puede ofrecer una empresa de manufactura, ya que puede causar diferentes problemas como incumplimiento de producción, defectos, pérdidas de hora hombre y máquina, entre otros. Este desperdicio busca ser minimizado o en el mejor de los casos eliminado a través de técnicas Lean Manufacturing. Como tercer y último componente, se tiene al desperdicio fallas, el cual involucra a las máquinas de producción y al mantenimiento de estas, ya que es un factor importante para la eliminación de este tipo de desperdicio desde su evaluación hasta un plan de mantenimiento, enfocado en Lean Maintenance. Por último, se busca que el modelo se mantenga en el tiempo y mejorando continuamente para lograr un mejor desempeño.

Figura 1. Modelo de reducción de desperdicios

3.2 Método propuesto

La implementación del modelo de eliminación de desperdicios propuesto se lleva a cabo con la implantación de la técnica SMED y el pilar Mantenimiento Autónomo del TPM. La metodología se expone en la Figura 2.

Figura 2. Flujograma de implementación de la propuesta

3.3 Indicadores

Como todo proceso es necesario medir el desempeño del modelo planteado. En tal sentido, se han planteado indicadores que permitan evaluar y tomar decisiones. A continuación, se presentan las principales métricas relacionadas al objetivo principal del modelo:

- Título: % Reducción del tiempo de set up

Fórmula: $(\text{Tiempo final} - \text{Tiempo inicial}) / \text{Tiempo inicial} \times 100\%$

Objetivo: Reducir mínimo un 11% de tiempos de set up

Interpretación: Se busca evidenciar la reducción del tiempo en cambios de componentes de un proceso.

- Título: Eficiencia General de los Equipos (OEE) nuevo

Fórmula: $\% \text{Disponibilidad} \times \% \text{Rendimiento} \times \% \text{Calidad}$

Objetivo: Incrementar la eficiencia en mínimo 4%

Interpretación: Incrementar la eficiencia general de las máquinas

Los indicadores presentados permitirán medir el desempeño del modelo propuesto y ver en qué porcentaje se logran los objetivos planteados.

4 VALIDACIÓN

4.1 Caso de estudio

El modelo propuesto se implementó y validó en una empresa manufacturera de neumáticos en Lima, Perú. Específicamente en el proceso de vulcanización, el cual es el último proceso de la fabricación de estos productos y en una prensa de vulcanización de neumáticos radiales. En la figura 3 se muestra una de las prensas de vulcanizado a manera de contextualizar el escenario en donde se ha realizado el caso de estudio.

Figura 3. Prensa de vulcanización

4.2 Diagnóstico inicial

Como diagnóstico inicial del caso de estudio, se obtuvieron los siguientes resultados en la prensa de vulcanización tomada para el plan piloto:

- a. Se obtuvo un tiempo actual de cambios de componentes de 37.8 min para cambio de molde y 27.4 para cambio de bladder.
- b. 37 actividades realizadas de forma equívoca e los procesos de cambio de molde y bladder.
- c. La Eficiencia General de los Equipos inicial en la prensa piloto resultó 55.7 %.

La prensa intervenida, presentaba un OEE de 55.7%, muy por debajo del OEE de clase mundial, Asimismo, a través de un estudio de tiempos se determinó que los cambios bladder y molde de las prensas, superan, en promedio, los 33 min representando tiempos muy elevados que tiene como resultado un proceso poco eficiente, lo que repercutía en una

capacidad actual de cambios de 4 moldes y 6 bladder por día, representando solo el 57% de la carga laboral del operario.

4.3 Aporte en escenario

El método de implementación correspondiente al modelo de eliminación de desperdicios, ha sido desarrollado desde su etapa de entrenamiento constante a los operarios que realizan los trabajos en la prensa piloto, seguidamente de la implementación de la técnica SMED en las actividades de cambio de bladder y molde, de forma que se logre un método de trabajo que permita hacer más eficiente el proceso de vulcanización hasta la implementación del Mantenimiento Autónomo que permite que las máquinas mejoren su operatividad evitando fallas prolongadas.

En tal sentido, es necesario tener mapeadas todas las actividades a realizar en los cambios de componentes con su respectivo tiempo de ejecución, de manera que se puedan analizar y seguidamente elegir las actividades a externalizar tal y como se implementó en el artefacto que muestra la tabla I, con el objetivo de reducir tiempos elevados de set up, realizando algunas de las actividades mientras que la prensa sigue funcionando, sin necesidad de pararla perdiendo tiempo de vulcanización de neumáticos.

Tabla 1. Clasificación de actividades

Actividad	Tarea	Duración de la tarea (min)	Duración de la actividad (min)	Tipo (interna/externa)	Propuesta
Cambio de molde	Desajustar pernos del molde anterior	2.70	36.81	Interna	
	Llevar grúa con herramientas hacia prensa	1.32		Interna	Externa
	Elevar cabezal de prensa	0.64		Interna	

Asimismo, debido a las constantes y prolongadas paradas en las prensas en el artefacto presentado en la tabla II, se presentó los estándares del Mantenimiento Autónomo, a fin de que realicen una gestión del mantenimiento adecuada.

Tabla 2. Estándares de Mantenimiento Autónomo

Estándares de inspección/lubricación/limpieza			
Área: Vulcanización			
Actividad	Método	Tiempo (min)	Frecuencia (semanas)
Revisión y limpieza de sellos	Limpieza	5	3
Revisión de barras de seguridad	Inspección	3.5	4
Cambio aceite de reductor principal	Lubricación	8	12

En tal sentido, con ayuda de los artefactos propuestos y en base a los indicadores del diagnóstico inicial de la prensa y los resultados obtenidos, se realizó una comparativa representada en la tabla III.

Tabla 3. Comparación de resultados iniciales y finales

Título	Resultados antes de implementación	Resultados después de implementación
Tiempo de set- up	64 min	50 min
Número de actividades erróneas	Todas las actividades se realizaban de manera interna	37 actividades externalizadas
OEE nuevo de prensa piloto	55.70%	68.8%
Índice de conocimiento previo	1/4	4/4

Como se observa en la tabla III, se redujo el tiempo de set-up de los componentes bladder y molde en 14 minutos, lo que permitió incrementar la capacidad de cambios de componentes en 7 bladder y 2 moldes por día. Lo anterior, resultó de la implementación del SMED y una mejora en el método de trabajo basándose en artefactos que permitieron externalizar aquellas que se pueden realizar cuando la prensa está en funcionamiento. En tal sentido, se llegaron a externalizar 37 actividades. Asimismo, se incrementó el OEE de la prensa en 13%, principalmente con la implementación del Mantenimiento Autónomo enfocado en el uso de artefactos como el registro de limpieza, inspección y lubricación, en los que se detallaron las actividades correspondientes, la forma de realizarse y la frecuencia con la que se debe efectuar. Por último, gracias a las capacitaciones y entrenamiento constante a los operarios se obtuvo una puntuación 4/4 en la evaluación final de los operarios.

5 CONCLUSIONES

Con la implementación del modelo de mejora, se logró un incremento del OEE en 13%, una reducción del 22.5% de tiempos de set up, un incremento en la capacidad de realizar cambios de molde y bladder en 7 bladder y 2 moldes, respectivamente y se logró incrementar el índice de conocimiento en 80%.

El uso de artefactos es un factor importante en la implementación de la propuesta, ya que ayudan a realizar paso a paso los componentes de esta y servirán como apoyo para el desarrollo eficiente de la propuesta a todas las partes interesadas.

El compromiso de los trabajadores de la empresa, desde la alta dirección hasta los operarios es de gran importancia, pues son ellos quienes realizarán el desarrollo de la propuesta y tienen una gran influencia en las técnicas utilizadas.

6 REFERENCIAS

- [1] J. P. Calderón Orozco, “Implementación del Sistema Rimless para mejora de la productividad en el proceso de vulcanizado, en reencauchadora de la Sierra Caucho S.A. utilizando la metodología Seis Sigma,” Escuela Politécnica Nacional, 2017.
- [2] El Banco Mundial, “Crecimiento anual del %PIB,” 2017. .
- [3] SNI, “Importancia De La Industria,” 2018.
- [4] F. Saleem, S. Nisar, M. A. Khan, S. Z. Khan, and M. A. Sheikh, “Overall equipment effectiveness of tyre curing press: A case study,” *J. Qual. Maint. Eng.*, 2017.
- [5] A. Karwasz and P. Chabowski, “Productivity increase through reduced changeover time,” *J. Mach. Eng.*, vol. 16, no. 2, pp. 61–70, 2016.
- [6] N. A. Binti Aminuddin, J. A. Garza-Reyes, V. Kumar, J. Antony, and L. Rocha-Lona, “An analysis of managerial factors affecting the implementation and use of overall equipment effectiveness,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 54, no. 15, pp. 4430–4447, 2016.
- [7] J. Singh, H. Singh, and I. Singh, “SMED for quick changeover in manufacturing industry – a case study,” *Benchmarking*, vol. 25, no. 7, pp. 2065–2088, Oct. 2018.
- [8] M. Braglia, M. Frosolini, and M. Gallo, “Enhancing SMED: Changeover out of Machine Evaluation Technique to implement the duplication strategy,” *Prod. Plan. Control*, vol. 27, no. 4, pp. 328–342, 2016.
- [9] A. Karwasz and P. Chabowski, “Productivity increase through reduced changeover time,” *J. Mach. Eng.*, vol. 16, no. 2, 2016.
- [10] K. Antosz and A. Pacana, “Comparative analysis of the implementation of the SMED method on selected production stands,” *Teh. Vjesn.*, vol. 25, pp. 276–282, 2018.
- [11] A. Thawkar, V. Deshpande, and P. Tambe, “A reliability centred maintenance approach for assessing the impact of maintenance for availability improvement of carding machine,” *Int. J. Process Manag. Benchmarking*, vol. 8, no. 3, p. 318, May 2018.
- [12] S. Nallusamy, “Enhancement of Productivity and Efficiency of CNC Machines in a Small Scale Industry Using Total Productive Maintenance,” *Int. J. Eng. Res. Africa*, vol. 25, pp. 119–126, Aug. 2016.

- [13] U. Singh and I. S. Ahuja, "Evaluating the contributions of total productive maintenance on manufacturing performance," *Int. J. Process Manag. Benchmarking*, 2015.
- [14] T. Ylipää, A. Skoogh, J. Bokrantz, and M. Gopalakrishnan, "Identification of maintenance improvement potential using OEE assessment," *Int. J. Product. Perform. Manag.*, 2017.