

Propuesta de estandarización y mejora del proceso de mantenimiento correctivo de cilindros hidráulicos en una empresa industrial ecuatoriana
Proposal for Standardizing and Improving the Corrective Maintenance Process of Hydraulic Cylinders in an Ecuadorian Industrial Company

MSc. Alex Adrián Salazar Bermeo, MSc. Pedro Enrique Buitrón Flores, MSc. Mishel Estefanía Pazmiño Salazar.

Resumen

El mantenimiento correctivo de cilindros hidráulicos en TEK Ecuador presentaba procedimientos no estandarizados, recorridos extensos y una alta dependencia del conocimiento individual, condiciones que afectaban la continuidad del flujo de trabajo. El presente estudio desarrolló una propuesta de estandarización y redistribución física mediante un enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo y diseño no experimental transversal. El diagnóstico combinó observación directa, análisis documental, recopilación de información mediante una encuesta aplicada al personal técnico y la medición de tiempos y recorridos de las principales operaciones de mantenimiento, considerando el cambio de sellos, mantenimiento de camisas, bruido y cromado. A partir de los hallazgos, se reorganizaron las áreas del taller, se estandarizaron las secuencias de trabajo y se diseñó un modelo para mejorar el desempeño operativo. La propuesta fue evaluada mediante simulación en FlexSim, cuyos resultados proyectan una disminución del 7,81 % en el tiempo de ciclo, del 8,09 % en el tiempo de operación y del 5,13 % en el tiempo improductivo, además de reducir el recorrido máximo del operario a 15,3 m. Asimismo, la producción de cilindros hidráulicos podría incrementarse en seis unidades. En conjunto, la propuesta aporta un método técnico para mejorar la organización del taller y el desempeño operativo del mantenimiento correctivo.

Palabras clave: mantenimiento correctivo; cilindros hidráulicos; distribución en planta; estandarización; simulación de eventos discretos; FlexSim.

Abstract

The corrective maintenance of hydraulic cylinders at TEK Ecuador involved non-standardized procedures, extensive travel, and dependence on individual knowledge, conditions that affected workflow continuity. This study developed a standardization and facility layout redesign proposal using a quantitative approach, a descriptive scope, and a non-experimental cross-sectional design. The diagnosis combined direct observation, document analysis, data collection through a survey administered to technical personnel, and the measurement of times and travel distances associated with the main maintenance operations, including seal replacement, cylinder barrel maintenance, honing, and chrome plating. Based on the findings, the workshop areas were reorganized, work sequences were standardized, and a model was designed to improve operational performance. The proposal was evaluated through simulation using FlexSim. The results project reductions of 7.81% in cycle time, 8.09% in operating time, and 5.13% in non-productive time, as well as a decrease in the maximum operator travel distance to 15.3 m. In addition, hydraulic cylinder production could increase by six units. Overall, the proposal provides a technical method for improving workshop organization and the operational performance of corrective maintenance.

Keywords: corrective maintenance; hydraulic cylinders; facility layout; standardization; discrete-event simulation; FlexSim.

**CIENCIA, TECNOLOGÍA Y
SOCIEDAD**

Julio - diciembre, V°7-N°2; 2026

Recibido: 18-07-2026

Aceptado: 28-07-2026

Publicado: 31-12-2026

PAIS

- Quito - Ecuador
- Quito - Ecuador
- Quito - Ecuador

INSTITUCION

- Escuela Politécnica Nacional
- Escuela Politécnica Nacional
- Escuela Politécnica Nacional

CORREO:

- ✉ alex.salazar01@epn.edu.ec
- ✉ pedro.buitron@epn.edu.ec
- ✉ mishel.pazmino@epn.edu.ec

ORCID:

- 🌐 <https://orcid.org/0009-0004-7012-8103>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0000-3614-6421>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0005-5884-012X>

FORMATO DE CITA APA

Salazar, A., Buitrón, P. & Pazmiño, M. (2026). Optimización del mantenimiento correctivo de cilindros hidráulicos mediante ingeniería de métodos y simulación de eventos discretos. Revista G-ner@ndo, V°7 (N°2). P.3232- 3251.

Introducción

Los cilindros hidráulicos convierten la energía del fluido en movimiento lineal y se emplean en maquinaria pesada, manufactura y equipos móviles que requieren fuerzas elevadas en espacios reducidos (Pustavrh et al., 2023; Vega & Villagrán, 2012). Su desmontaje y rehabilitación exigen mecanismos, procedimientos y condiciones de trabajo acordes con sus dimensiones y características constructivas (Ramos, 2024). Cuando estos componentes fallan, el mantenimiento correctivo comprende la recepción, el diagnóstico, el desmontaje, la reparación o reconstrucción, el montaje, las pruebas y la entrega; además, el seguimiento de fallas resulta determinante para prevenir recurrencias y orientar las acciones de mantenimiento (Shanbhag et al., 2021).

En TEK Ecuador no existía documentación integral de los procedimientos ni una distribución física alineada con la secuencia del mantenimiento. En la encuesta aplicada a las nueve personas que conformaban el personal técnico, el 66,7 % indicó conocer los procedimientos, aunque no estaban estandarizados y el 77,8 % consideró que la distribución del taller podía mejorarse. El levantamiento inicial también mostró recorridos extensos, inspecciones repetidas y concentración de carga en estaciones de desarmado y vulcanizado.

La mejora de la productividad industrial requiere identificar pérdidas, medir el desempeño y relacionar los métodos de trabajo con el uso de los recursos (Acevedo Borrego et al., 2017; Guillén-Sánchez & Depaz-Paucar, 2024). En ese marco, la estandarización permite documentar secuencias y reducir la variabilidad de la ejecución (Bello Parra et al., 2023); en el mantenimiento de cilindros hidráulicos, los manuales y las propuestas de mejora de procesos cumplen esa función al ordenar las actividades técnicas y sus puntos de control (Castillo-Bolaños et al., 2021; Chilon Yopla & Urtecho Melendez, 2021). Los planes de mantenimiento electrohidráulico también destacan la necesidad de estructurar tareas, frecuencias y responsabilidades para sostener el desempeño del sistema (Gualán Sozoranga & Santos Benítez, 2022).

Los flujogramas, diagramas de recorrido, cursogramas analíticos y diagramas relacionales permiten documentar la secuencia y cuantificar actividades que agregan o no agregan valor (Cañar & Suárez, 2022). A su vez, la distribución en planta facilita reorganizar las áreas según el flujo y la proximidad funcional (García-Sabater, 2020). La simulación de eventos discretos complementa este análisis al comparar configuraciones sin modificar físicamente el taller, y FlexSim proporciona recursos para representar procesos, entidades y restricciones operativas en un entorno de simulación (FlexSim Software Products, Inc., 2025; Kliment et al., 2022).

El objetivo general fue desarrollar una propuesta de estandarización y mejora del proceso de mantenimiento correctivo de cilindros hidráulicos en TEK Ecuador. Para alcanzarlo se caracterizó la situación inicial, se diseñó una nueva distribución física, se documentó un método de trabajo estandarizado y se evaluó mediante FlexSim el escenario propuesto. La investigación distingue entre los resultados derivados de los cursogramas para los procedimientos documentados y los resultados de simulación, que corresponden únicamente al cambio de sellos.

Materiales y métodos

La investigación siguió un enfoque cuantitativo complementado con elementos descriptivos. Su alcance fue descriptivo y el diseño, no experimental y transversal, porque la situación inicial se observó sin intervenir el taller y los datos se recopilaban en un periodo definido (Bernal Torres, 2010; Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). La propuesta no se implementó físicamente; su comportamiento esperado se estimó mediante el análisis de cursogramas y un modelo de simulación.

El proceso estudiado abarcó la recepción e inspección del cilindro, la aprobación del cliente, el desmontaje, la reparación según diagnóstico, el reensamble, las pruebas y la entrega. Los cilindros se clasificaron con los criterios de la Tabla 1. Los límites de 100 mm de diámetro y

100 kg aparecen compartidos entre categorías en el presente estudio y se conservan sin reinterpretarlos.

Tabla 1.

Clasificación de cilindros hidráulicos utilizada en el estudio

Categoría	Diámetro [mm]	Longitud [mm]	Peso [kg]
Pequeño	50–100	0–2000	5–100
Mediano	100–300	0–2000	100–500
Grande	>300	0–2000	>500

Fuente: Salazar Bermeo (2025), Tabla 3.1.

El levantamiento identificó diez procedimientos agrupados en cuatro operaciones o subprocesos. Esta delimitación evitó tratar el mantenimiento correctivo como una única secuencia homogénea.

Tabla 2.

Operaciones y procedimientos documentados

Proceso	Operación / Subproceso	Procedimiento
Mantenimiento correctivo según Diagnóstico	Cambio de Sellos	Cambio común
		Cambio y fabricación de Tapas
		Cambio y cambio Camisa
		Cambio y cambio Pistón
		Cambio y fabricación de Eje
	Mantenimiento correctivo de Camisas	Cambio de Camisa
		Reconstrucción de Camisa bridada
	Bruñido	Bruñido de Cilindro
		Bruñido con Tapa y Pistón nuevos

	Cromado de ejes	Cromado
--	-----------------	---------

Fuente: Salazar Bermeo (2025), Tabla 3.2.

2.3 Recolección y tratamiento de la información

Se utilizaron observación directa, análisis documental, encuesta estructurada, cronometraje y herramientas de ingeniería de métodos. La encuesta fue censal ($n = 9$). Los tiempos de referencia de las operaciones fueron estimados por la gerencia según su experiencia técnica, mientras que los datos de entrada del modelo se obtuvieron de los tiempos promedio registrados en los cursogramas analíticos. La información se resumió mediante frecuencias, porcentajes y promedios, de acuerdo con el tratamiento descriptivo de los datos (Mendenhall et al., 2010). También se midieron las distancias entre áreas y máquinas y se elaboraron flujogramas, un plano del taller, un diagrama de recorrido, un diagrama relacional, un diagrama adimensional de bloques, un cursograma sinóptico y cursogramas analíticos.

Figura 1.

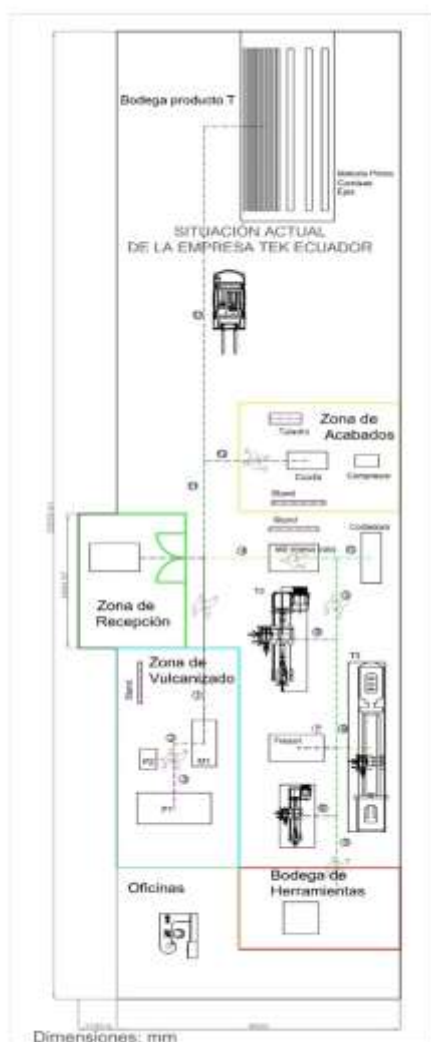
Diseño metodológico de la investigación



Fuente: Elaboración propia con base en la metodología descrita en Salazar Bermeo (2025).

La propuesta se estructuró en dos ejes. El primero estandarizó las secuencias mediante cursogramas analíticos, agrupó inspecciones y preparó anticipadamente herramientas y materiales. El segundo redistribuyó las áreas según continuidad del flujo y cercanía funcional: maquinado pasó a una posición central y se acercaron bodega, vulcanizado, acabados y producto terminado. Para atender los cuellos de botella se incorporó en el escenario propuesto una mesa adicional en maquinado y otra en vulcanizado.

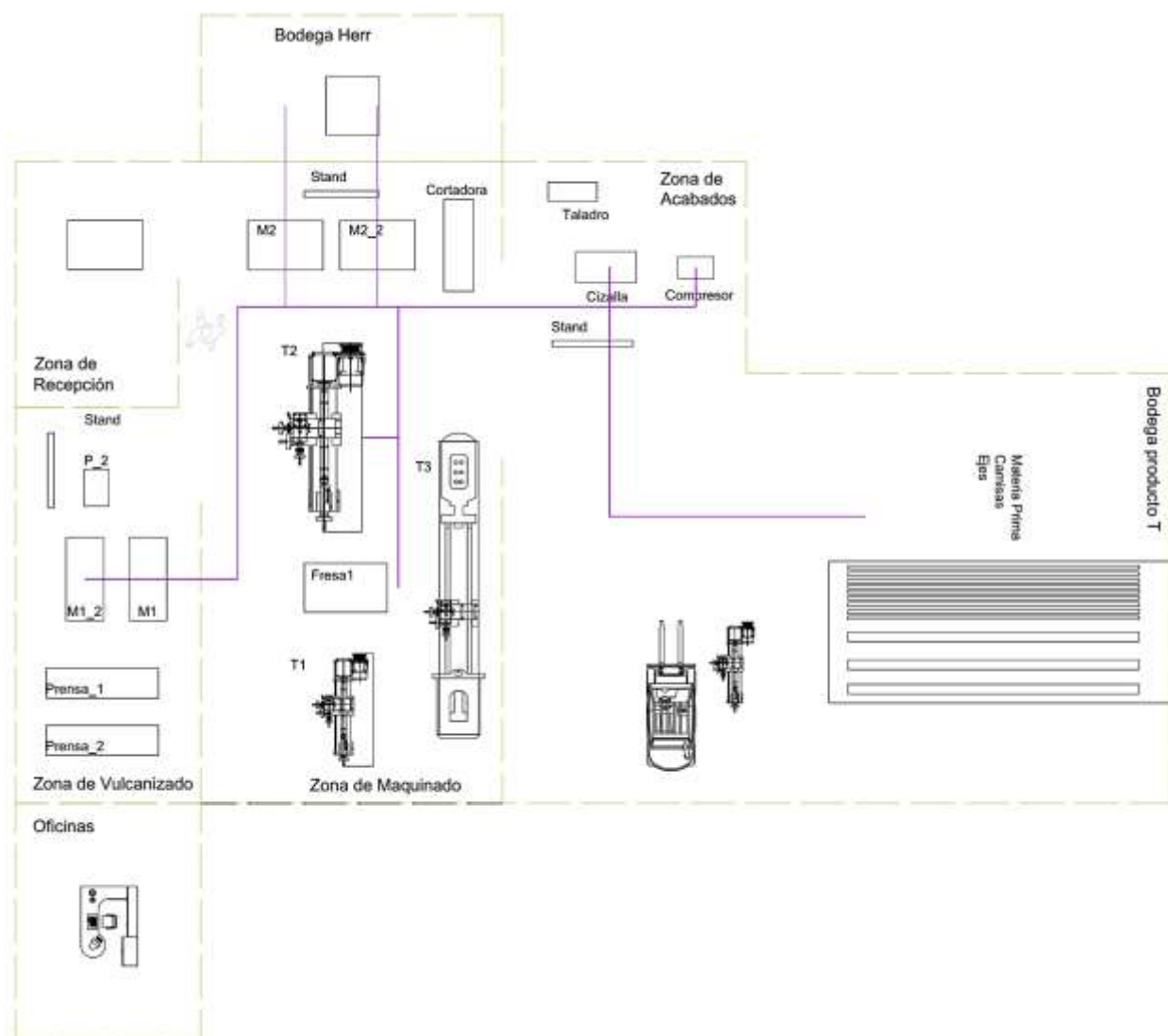
Figura 2. Distribución física inicial y recorrido del proceso



Fuente: Salazar Bermeo (2025), Figuras 20 y 21.

Figura 3.

Distribución física propuesta para el taller



Fuente: Salazar Bermeo (2025), Figura 29.

Configuración del modelo de simulación

La simulación se desarrolló en FlexSim y se restringió al cambio de sellos, una operación frecuente que recorre la mayoría de las áreas del taller. Los escenarios compartieron el horizonte, la jornada, el descanso y la distribución probabilística; sin embargo, no mantuvieron la misma cantidad de recursos, porque el escenario propuesto añadió un operario y dos mesas de trabajo.

Por ello, la comparación estima el efecto del paquete completo de mejoras y no permite aislar el aporte individual del layout o de la estandarización.

Tabla 3. Condiciones de simulación de los escenarios

Parámetro	Escenario inicial	Escenario propuesto
Software / tipo	FlexSim / eventos discretos	FlexSim / eventos discretos
Operación	Cambio de sellos	Cambio de sellos
Horizonte	2 semanas	2 semanas
Jornada / almuerzo	8 h/día / 30 min	8 h/día / 30 min
Distribución de tiempos	Normal aleatoria	Normal aleatoria
Operarios	4	5
Mesas adicionales	Ninguna	Una en maquinado y una en vulcanizado
Distribución física	Layout inicial	Layout redistribuido
Secuencia	Observada	Estandarizada propuesta

Fuente: Salazar Bermeo (2025), apartados “Simulación de situación inicial” y “Simulación de la propuesta”.

Los indicadores de comparación fueron tiempo de ciclo, tiempo de operación, tiempo improductivo, producción durante el horizonte, actividades con y sin valor agregado, relación de empoderamiento, utilización de recursos y recorridos. La relación de empoderamiento se utilizó en este estudio como indicador de dependencia de operarios especializados.

Análisis de Resultados

Diagnóstico de la situación inicial

El proceso dependía de la experiencia de los técnicos y presentaba cruces entre recepción, maquinado, vulcanizado, acabados y bodegas. Para el procedimiento de cambio de sellos y fabricación de tapas, el cursograma inicial registró 85,2 m de recorrido; en el conjunto de procedimientos se reportaron recorridos de hasta 128,5 m por operación. La simulación inicial mostró utilizaciones de 1,69 % y 12,73 % en los tornos 1 y 3, respectivamente, frente a 80,76 % en la mesa 2 y 83,45 % en vulcanizado, lo que evidenció una asignación desequilibrada de recursos.

Los datos de entrada para la simulación de cambio de sellos se plasman en la tabla 4 y su modelo de simulación en la figura 4.

Tabla 4.

Datos de simulación de cambio de sellos (situación inicial)

UBICACIÓN	Tiempo prom. (Cil. pequeño) [min]	Tiempo prom. (Cil. mediano) [min]	Tiempo prom. (Cil. grande) [min]
ALMACEN PT	9,0	12,0	17,0
BODEGA	2,0	2,0	2,0
FRESA	21,0	33,0	60,0
MESA1	118,0	159,0	228,0
MESA2	40,0	220,0	250,0
OPER	9,8	28,2	45,4
T1-T2-T3	81,0	103,0	198,0
ZONA ACAB	119,0	126,0	155,0

ZONA VULC	198,0	198,0	198,0
Tiempo de ciclo	597,8	881,2	1153,4
Tiempo de ciclo [h]	10,0	14,7	19,2

Figura 4. Modelo de simulación del escenario inicial



Fuente: Salazar Bermeo (2025), Figura 27.

Estandarización y redistribución propuestas

Los cursogramas propuestos redujeron, en promedio, 20,65 % las actividades de operación, 33,33 % las inspecciones y 50,00 % las esperas; transporte y almacenaje no presentaron variación. El estudio reporta además una reducción promedio de 24,4 % en los recorridos y trayectos internos entre áreas relacionadas que no superan 15,3 m en el nuevo diseño. Estos valores corresponden a la comparación documental de los cursogramas y del layout; no constituyen mediciones posteriores a una implementación física.

Evaluación del escenario propuesto

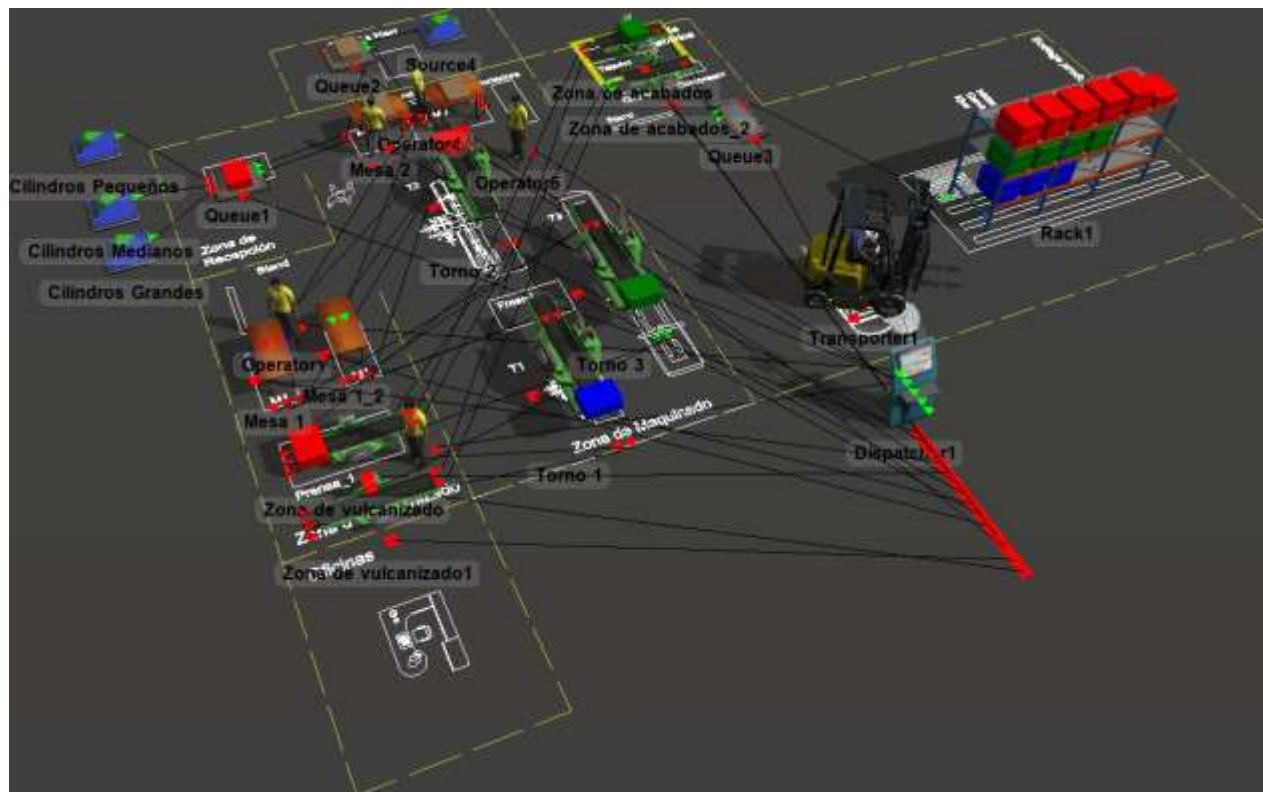
Los datos de entrada para la simulación de cambio de sellos de la propuesta se plasman en la tabla 5 y su modelo de simulación en la figura 5.

Tabla 5. Datos de simulación de cambio de sellos (propuesta)

UBICACIÓN	Tiempo prom (Cil. pequeño) [min]	Tiempo prom (Cil. mediano) [min]	Tiempo prom (Cil. grande) [min]
ALMACEN PT	12,0	17,0	29,0
BODEGA	1,9	1,9	1,9
FRESA	15,0	20,8	38,0
MESA1	89,4	123,6	187,0
MESA2	41,0	222,0	252,0
OPER	12,3	34,1	54,2
T1-T2-T3	86,4	114,0	217,0
ZONA ACAB	113,0	115,0	135,0
ZONA VULC	198,0	198,0	198,0
Total general [min]	569,0	846,3	1112,1
Total general [h]	9,5	14,1	18,5

Figura 5.

Modelo de simulación del escenario propuesto



Fuente: Salazar Bermeo (2025), Figura 31.

Al finalizar las simulaciones de la situación inicial vs propuesta se obtiene los datos de la Tabla 6 los cuales resumen los indicadores productivos de este procedimiento.

Tabla 6.

Comparación de indicadores para la operación de cambio de sellos

Indicador	Inicial	Propuesto	Variación absoluta	Variación relativa
Tiempo de ciclo [min]	874,91	839,89	-35,02	-4,00 %
Tiempo de operación [min]	701,84	679,35	-22,49	-3,20 %
Tiempo improductivo [min]	173,07	160,55	-12,52	-7,23 %

Indicador	Inicial	Propuesto	Variación absoluta	Variación relativa
Producción [cilindros/2 semanas]	19	25	+6	+31,58 %
Actividades con valor agregado	46,88 %	47,00 %	+0,12 pp	+0,26 %
Relación de empoderamiento	7,91 %	4,85 %	-3,06 pp	-38,69 %

Fuente: Salazar Bermeo (2025), Tablas 3.9, 3.15 y Anexo III; Figuras 28 y 32.

La producción simulada aumentó de 19 a 25 cilindros: 8 a 11 pequeños, 6 a 8 medianos y 5 a 6 grandes. Este estudio reducción promedio de 6,8 % en el tiempo de permanencia y un aumento de 14,5 % en la utilización de los operarios. Al mismo tiempo, la distancia acumulada recorrida por los operarios en la simulación aumentó, porque el escenario propuesto procesó más unidades y elevó su utilización; este resultado no debe confundirse con la reducción de distancias entre áreas estimada en los cursogramas del layout. En la figura 6 se muestra un gráfico comparativo de la situación inicial vs final.

Figura 6.

Comparación de los resultados de simulación



Fuente: Salazar Bermeo (2025), Figuras 28 y 32.

Discusión

La comparación global del presente estudio reportó reducciones promedio de 5,13 % en el tiempo improductivo y de 8,09 % en el tiempo de operación para el conjunto de operaciones analizadas como se puede apreciar en la Tabla 6. Esto se transmite en una mejor utilización de operarios y maquinaria en general reduciendo los tiempos ociosos. A pesar de presentarse como porcentajes pequeños de mejora se traducen en un incremento de cilindros maquinados del 31,58%.

La redistribución física redujo en 24,40 % el recorrido estimado en los cursogramas y acercó áreas de alta interacción, como bodega, maquinado, acabados y producto terminado. En el procedimiento de cambio de sellos y fabricación de tapas, el recorrido inicial fue de 85,2 m, mientras que en la propuesta los trayectos internos entre áreas relacionadas no superaron 15,3 m. Esta reducción corresponde al recorrido definido por el layout para ejecutar cada procedimiento; en cambio, la distancia acumulada de los operarios aumentó en la simulación porque se procesaron 6 cilindros adicionales y su utilización creció 14,5 % como se muestra en la figura 6.

La simulación discreta mostró que la producción aumentó de 19 a 25 cilindros durante el horizonte de dos semanas, equivalente a 6 unidades. Paralelamente, el tiempo promedio de permanencia disminuyó 6,8 %, la utilización de los operarios aumentó 14,5 % y el uso promedio de los tornos se incrementó 56,9 %. Estos resultados son consistentes con la reducción de cuellos de botella en vulcanizado y en las mesas de desarmado; sin embargo, reflejan el efecto conjunto de la estandarización, la redistribución, dos mesas adicionales y el aumento de cuatro a cinco operarios, por lo que no es posible asignar el 31,58 % de mejora a una sola intervención sino a todo el modelo desarrollado.

El porcentaje de actividades con valor agregado se mantuvo cercano al 47 % antes y después de la propuesta (Tabla 6). Las leves disminuciones observadas en algunos procedimientos no representan una pérdida de eficiencia, sino una clasificación más rigurosa de las tareas productivas. Además, la relación de empoderamiento se redujo de 7,91 % a 4,85 %, lo que refleja una menor dependencia de la experiencia de determinados operarios y un mayor nivel de estandarización. Esto favorece la polivalencia, facilita la rotación del personal y permite orientar la capacitación hacia las competencias requeridas en cada actividad.

La interpretación de estos indicadores está condicionada por el alcance del estudio: los cursogramas cubrieron diez procedimientos, pero FlexSim simuló solo el cambio de sellos durante dos semanas, con jornadas de 8 h, 30 min de almuerzo y tiempos de distribución normal aleatoria. Además, el escenario inicial utilizó cuatro operarios y el propuesto cinco, junto con dos mesas adicionales. En consecuencia, los resultados cuantitativos respaldan el potencial técnico de la propuesta bajo las condiciones modeladas, pero requieren un piloto antes de considerarse evidencia de desempeño real.

Aunque la propuesta presenta resultados favorables, todavía existen oportunidades de mejora. Además de la redistribución del taller y la incorporación de mesas de trabajo, podría evaluarse el uso de automatización ligera, PLC, sensores y sistemas MES. También será importante mantener una demanda estable y fortalecer la capacitación del personal para sostener la autonomía operativa.

Conclusiones

Se confirmó que los procedimientos no estandarizados, los recorridos extensos y la dependencia del conocimiento individual afectaban la continuidad del mantenimiento correctivo. La organización inicial generaba cruces entre áreas y recorridos de hasta 128,5 m por operación, lo que justificó la estandarización del método y la redistribución física del taller.

Se proyectó disminuciones de 7,81 % en el tiempo de ciclo, 8,09 % en el tiempo de operación y 5,13 % en el tiempo improductivo posterior a la implementación de la redistribución. Asimismo, esta limitó a 15,3 m los trayectos entre áreas relacionadas y mantuvo en 47,88 % las actividades AVA. Estos resultados muestran que la mejora se concentra en reducir desplazamientos, esperas y actividades repetitivas sin alterar las operaciones técnicas esenciales del mantenimiento.

Se estandarizó los procedimientos mediante el uso de flujogramas y cursogramas proyectó para optimizar los indicadores productivos obteniendo reducciones de 20,65 % en tiempos de operación, 33,33 % en tiempos de inspecciones y 50,00 % en tiempo de esperas, sin variación en transporte ni almacenaje, lo cual, demuestra su potencial de aplicación por su diseño de flujo continuo integrando las zonas de trabajo con mayor interacción.

Se utilizó FlexSim para simular la propuesta de estandarización obteniendo un incremento de 19 a 25 cilindros en un tiempo de simulación de 2 semanas, además, el tiempo de permanencia disminuyó 6,8 %, la utilización de los operarios aumentó 14,5 % y el uso promedio de los tornos creció 56,9 %. Lo cual respalda la viabilidad técnica potencial, sin embargo, deben validarse mediante la construcción de los espacios en el taller.

Se confirmó que los procedimientos no estandarizados, los recorridos extensos y la dependencia del conocimiento individual afectaban la continuidad del mantenimiento correctivo. La organización inicial generaba cruces entre áreas y recorridos de hasta 128,5 m por operación,

lo que justificó la estandarización del método y la redistribución física del taller. Se proyectó disminuciones de 7,81 % en el tiempo de ciclo, 8,09 % en el tiempo de operación y 5,13 % en el tiempo improductivo posterior a la implementación de la redistribución. Asimismo, esta limitó a 15,3 m los trayectos entre áreas relacionadas y mantuvo en 47,88 % las actividades AVA. Estos resultados muestran que la mejora se concentra en reducir desplazamientos, esperas y actividades repetitivas sin alterar las operaciones técnicas esenciales del mantenimiento.

Se estandarizó los procedimientos mediante el uso de flujogramas y cursogramas proyectó para optimizar los indicadores productivos obteniendo reducciones de 20,65 % en tiempos de operación, 33,33 % en tiempos de inspecciones y 50,00 % en tiempo de esperas, sin variación en transporte ni almacenaje, lo cual, demuestra su potencial de aplicación por su diseño de flujo continuo integrando las zonas de trabajo con mayor interacción.

Se utilizó FlexSim para simular la propuesta de estandarización obteniendo un incremento de 19 a 25 cilindros en un tiempo de simulación de 2 semanas, además, el tiempo de permanencia disminuyó 6,8 %, la utilización de los operarios aumentó 14,5 % y el uso promedio de los tornos creció 56,9 %. Lo cual respalda la viabilidad técnica potencial, sin embargo, deben validarse mediante la construcción de los espacios en el taller.

Referencias bibliográficas

- Acevedo Borrego, A. O., Cachay Boza, O., & Linares Barrantes, C. (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. <https://doi.org/10.15381/idata.v20i1.13502>
- Bello Parra, R. O., Parra Ferié, C., & Valarezo Molina, M. J. (2023). Procedimiento para la estandarización de procesos y la competitividad. *Revista Uniandes Episteme*, 10(2), 234–248. <https://doi.org/10.61154/rue.v10i2.2867>
- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la investigación: Administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (3.^a ed.). Pearson Educación.
- Cañar, P., & Suárez, O. (2022). Estudio de tiempos y movimientos de los procesos de mantenimiento de las casetas en el taller de guías y montajes de los trenes 1 y 2 de la empresa Novacero S. A., planta Lasso. Universidad Técnica de Ambato.
- Castillo-Bolaños, B. N., Castillo-Castillo, O., & Vega-Hernández, S. M. (2021). Diseño e implementación de un manual de procedimientos para el mantenimiento correctivo de cilindros hidráulicos. *Revista de Investigación e Innovación para el Desarrollo Sustentable*, 7(1), 184–198. <https://itsta.edu.mx/wp-content/uploads/2022/02/16-2021.pdf>
- Chilon Yopla, J. L., & Urtecho Melendez, M. E. (2021). Propuesta de mejora del proceso de reparación de cilindros hidráulicos para mejorar la productividad en la empresa Hidráulica Cajamarca y Tecnología E.I.R.L. de la ciudad de Cajamarca, 2020 [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/28670>
- FlexSim Software Products, Inc. (2025). *FlexSim Simulation Software Primer* (5th ed.). https://www.flexsim.com/wp-content/uploads/2025/03/FlexSim-Software-Primer_5th-ed.pdf
- García-Sabater, J. P. (2020). *Distribución en planta: Nota técnica*. Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/handle/10251/152734>
-

- Gualán Sozoranga, D. M., & Santos Benítez, J. (2022). Plan de mantenimiento electrohidráulico para la empresa Metalmecánica Los Panchos Cía. Ltda. Universidad Politécnica Salesiana.
- Guillén-Sánchez, J. S., & Depaz-Paucar, Á. M. (2024). Mantenimiento productivo total en la eficiencia productiva de las empresas industriales: Una breve revisión de literatura. *Signos, Investigación en Sistemas de Gestión*, 16(1). <https://doi.org/10.15332/24631140.8807>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.
- Kliment, M., Pekarcikova, M., Mizerak, M., & Trebuna, P. (2022). Optimization of processes using simulation software elements. *Acta Simulatio*, 8(2), 9–15.
https://www.actasimulatio.eu/issues/2022/II_2022_01_Kliment_Pekarcikova_Mizerak_Trebuna.pdf
- Mendenhall, W., Beaver, R. J., & Beaver, B. M. (2010). *Introducción a la probabilidad y estadística* (13.^a ed.). Cengage Learning.
- Pustavrh, J., Hočevár, M., Podržaj, P., Trajkovski, A., & Majdič, F. (2023). Comparison of hydraulic, pneumatic and electric linear actuation systems. *Scientific Reports*, 13, 20938.
<https://doi.org/10.1038/s41598-023-47602-x>
- Ramos, J. (2024). *Diseño y construcción de un mecanismo para el desmontaje de cilindros hidráulicos de diámetro y longitud variable para el taller Trac Service Ramos* [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Ambato].
- Salazar Bermeo, A. A. (2025). *Propuesta de estandarización y mejora del proceso de mantenimiento correctivo de cilindros hidráulicos en la empresa TEK Ecuador* [Trabajo de titulación de maestría, Escuela Politécnica Nacional].
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/26723/1/CD%2015367.pdf>
- Shanbhag, V. V., Meyer, T. J. J., Caspers, L. W., & Schlanbusch, R. (2021). Failure monitoring and predictive maintenance of hydraulic cylinder: State-of-the-art review. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 26(6), 3087–3103. <https://doi.org/10.1109/TMECH.2021.3053173>
-

Tengan Bustamante, K. H., & Clemente Pecho, F. (2024). Propuesta de mejora mediante herramientas Lean Manufacturing para incrementar la eficiencia de producción en una empresa del sector panadero [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].

Vega, C., & Villagrán, V. (2012). Mantenimiento de un cilindro hidráulico de doble efecto de áreas diferenciales. Universidad de Magallanes. <http://www.umag.cl/p.php?id=11755>