

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2025,
Volumen 9, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

DISEÑO DE MÉTODO DE REDUCCIÓN DE TIEMPOS DE FABRICACIÓN DE AUTOPARTES MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL SMED

**DESIGN OF A METHOD TO REDUCE THE MANUFACTURING TIME OF
AUTO PARTS THROUGH THE APPLICATION OF SMED**

Maximiliano Olivera Sánchez
Universidad del Valle de México

Carlos Alberto Olgún De la Vega
Universidad del Valle de México

Miguel Ángel Cruz Pérez
Universidad Anáhuac Campus Querétaro

Marco Antonio Zamora Antuñano
Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rm.v9i1.16591

Diseño de Método de Reducción de Tiempos de Fabricación de Autopartes mediante la Aplicación del SMED

Maximiliano Olivera Sánchez¹

A110180906@my.uvm.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-8915-3377>

Ingeniería Industrial y De Sistemas,
Universidad del Valle de México-Querétaro
México, Querétaro

Carlos Alberto Olgún De la Vega

A110165589@my.uvm.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0009-4548-0873>

Ingeniería Industrial y De Sistemas,
Universidad del Valle de México-Querétaro

Miguel Ángel Cruz Pérez

miguel.cruzperez@anahuac.mx

<https://orcid.org/0000-0001-8114-7896>

Universidad Anáhuac Campus Querétaro
Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de
Querétaro
México, Querétaro

Marco Antonio Zamora Antuñano

murck22@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9865-3944>

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de
Querétaro
México, Querétaro

RESUMEN

En este artículo se sugiere aplicar el SMED para mejorar el proceso fabricación de anillos (vane rings) en las líneas de fabricación de una empresa de autopartes en la Ciudad de Querétaro, México. La adaptabilidad de los procesos es crucial para aumentar la productividad, un factor que puede ser una fuente de ventajas competitivas en el mercado. La metodología de estudio implica identificar las máquinas que impactan en la fabricación de *Vane Rings*, a través de análisis de tiempos perdidos y eficacia; tras identificar las máquinas se determinaron los cambios más importantes y mediante el análisis los resultados se realizó el rediseño del proceso mediante el SMED como la propuesta de valor que sirve de base para mejorar la línea de producción. Existen usos del SMED en diferentes procesos de fabricación, fundición, inyección, troquelado, el objetivo central del presente trabajo fue el rediseño del proceso para la fabricación de *Vane Rings*, este artículo pretende ser una guía para otras empresas donde la aplicación del SMED podría realizarse de manera igual o similar.

Palabras clave: SMED, mejora de procesos, reducción de costos, trabajo en equipo

¹ Autor principal

Correspondencia: murck22@gmail.com

Design of a Method to Reduce the Manufacturing Time of Auto Parts through the Application of SMED

ABSTRACT

This article suggests the application of SMED to improve the vane ring manufacturing process in the manufacturing lines of an auto parts company in Queretaro City, Mexico. Process adaptability is crucial to increase productivity, a factor that can be a source of competitive advantages in the market. The study methodology involves identifying the machines that impact the manufacture of Vane Rings, through analysis of lost time and efficiency; after identifying the machines, the most important changes were determined and through the analysis of the results, the redesign of the process was carried out using SMED as the value proposition that serves as a basis for improving the production line. There are uses of SMED in different manufacturing processes, casting, injection, die-cutting, the main objective of this work was the redesign of the process for the manufacture of vane rings, this article is intended as a guide for other companies where the application of SMED could be performed in the same or similar manner.

Keywords: SMED, process improvement, cost reduction, teamwork

Artículo recibido 13 enero 2025

Aceptado para publicación: 19 febrero 2025



INTRODUCCIÓN

Danfoss, una empresa líder en la fabricación de componentes para bombas hidráulicas, comenzó sus operaciones en una planta amplia con una maquinaria limitada. Con el tiempo, su cartera de productos y clientes se expandió rápidamente, consolidándose como una de las mejores plantas en la industria hidráulica. Este crecimiento llevó a la división del área de producción en diferentes secciones basadas en commodities para optimizar la gestión de la producción.

En 2021, Danfoss estableció una nueva planta en Querétaro mediante la compra de EATON Hydraulics, México, para aprovechar la ubicación estratégica que facilita el acceso a mercados en América del Norte y América Latina. Esta nueva planta forma parte de la expansión global de la compañía, fortaleciendo su capacidad de producción y su presencia en sectores clave como la construcción, la agricultura y la maquinaria industrial.

A medida que la empresa continúa expandiéndose y enfrentando desafíos asociados con el aumento en la demanda y la diversificación de productos, ha identificado la necesidad de implementar el método Single-Minute Exchange of Die (SMED) en las máquinas GM-20 y GM-21 del área de producción de Searcy. Esta necesidad surge debido a las constantes afectaciones en los tiempos de entrega al cliente, lo que subraya la importancia de realizar estudios de tiempo en todos los procesos para mejorar la competitividad.

Adicionalmente, el proyecto de SMED está alineado con un macroproyecto de la compañía que involucra la migración a un nuevo ERP (SAP). La compañía busca realizar esta transición con datos reales y actualizados para asegurar la integridad del sistema y optimizar aún más sus operaciones globales. La implementación del SMED no solo mejorará la eficiencia en los procesos de producción, sino que también facilitará una transición fluida y efectiva al nuevo sistema ERP.

El tiempo de producción y la diversidad de artículos se han convertido en un nuevo factor crítico para la rentabilidad de las empresas actuales (Da Silva, et al., 2019) Cuando el producto a fabricar cambia, es necesario preparar la línea de producción para la nueva manufactura. Es importante realizar ajustes en los equipos, cambiar herramientas y preparar la materia prima. Estas son actividades que no agregan valor al producto final, sin embargo, son extremadamente importantes para asegurar su correcta fabricación (Godina, R., et al., 2018). Cuanto más rápido sea el proceso de cambio, mayor capacidad



habrá para responder a las necesidades del mercado y más flexible será una empresa. Esto significa que el número de cambios puede aumentar y es posible ofrecer más variedad de productos y tamaños de lotes (Da Silva, et al., 2019). El SMED es una herramienta de mejora sobradamente contrastada (Rey-Sacristán, 2009) que permite reducir los tiempos de cambio de útiles, contribuyendo así al aumento de la flexibilidad, a la reducción de despilfarros, a la mejora de la productividad, etc. (al lanzar series más pequeñas se logra reducir los tiempos de parada, el nivel de *stock*, el tiempo de flujo, el tiempo de respuesta, etcétera). Sin embargo, para implantar esta herramienta se necesita un periodo de formación en el que se aprenda a distinguir entre los diferentes tipos de operaciones, a tener la capacidad de transformar operaciones internas en externas y a resolver los problemas que esto plantea, entre otros aspectos.

Revisión de la literatura

Cambios rápidos de modelo: just in time

El sistema Just In time (Ōhno, 1988) proviene de una filosofía de gestión de producción que busca el enfoque de minimizar el inventario y reducir los tiempos de espera, así como desperdicios dentro del proceso de fabricación (Doenebdans, HJ., et al 2015; Godina, R., et al, 2018; Da Silva. IB, et al., 2019). El objetivo es fabricar productos en el momento exacto en que se necesitan, en la cantidad requerida y con la calidad deseada.

Tomando en cuenta lo anterior se definen como principios claves lo siguiente:

- Reducción de inventarios
- Mejora continua.
- Producción basada en la Demanda.
- Flujo continuo.

Como ventajas de esta filosofía encontramos una reducción significativa dentro de los costos de inventario y almacenamiento, una mejora de la eficiencia y la flexibilidad en la producción de los productos, reducción significativa en tiempos ciclos y tiempos de espera.

SMED

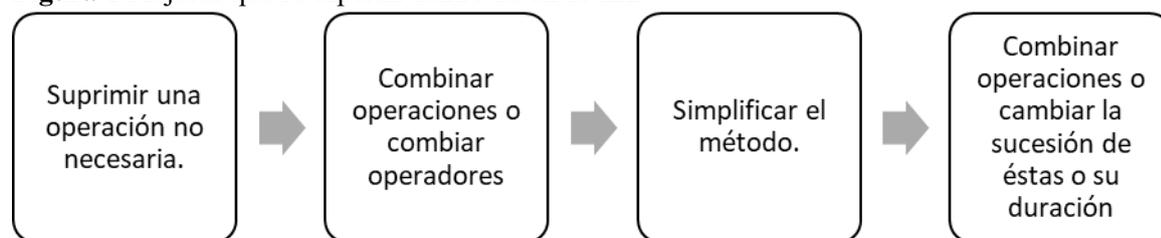
Uno de los métodos para aumentar la eficiencia de la producción es el concepto de manufactura esbelta, que fue desarrollado en el sector automotriz en Japón por Toyota Motor Company después del final de



la Segunda Guerra Mundial (Ohno, T.,1988; Martínez, J., & Pérez Ramos, L., et al.,2019; Martínez, J., & Pérez, A.,2020). Se conoce con el nombre inglés de Single-Minute Exchange of Die (SMED), Consiste en reducir los costos de producción eliminando constantemente el desperdicio y mejorando los procesos de producción. Este concepto fue confirmado por su aplicación en Japón y luego en los EE. UU. Resultó que Toyota era mucho más eficiente que otros competidores europeos y estadounidenses (Rother, M., & Shook, J., 1999; Sánchez, A. M., & Pérez, M. P., 2001; Shingo, S., 1985). El concepto de manufactura esbelta define y categoriza los desperdicios con Muda, que comprende sobreproducción, existencias, tiempos de espera, desabastecimiento, movimientos innecesarios y transportes innecesarios. El supuesto es que la reducción de desperdicios aumenta la competitividad a través de ahorros en el proceso de organización de la producción, estando así en línea con la idea de una economía circular. Sin embargo, la implementación de soluciones innovadoras está asociada a incurrir en costos. Por lo tanto, en la difícil realidad actual del mercado, en una primera etapa la mayoría de las actividades de las entidades de la industria automotriz se centran en cuestiones relacionadas con los cambios en la organización de los procesos de producción, cuyos objetivos son aumentar la eficiencia y minimizar los costos

El SMED es una metodología desarrollada por Shingo (1985) donde se busca reducir el tiempo necesario para cambiar de un trabajo a a otro, incluyendo herramientas y los mismos ajustes de la máquina. Este método es parte de la manufactura esbelta Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). Y se enfoca directamente en minimizar el tiempo no productivo, lo que permite mayor flexibilidad de la producción y reducción en los lotes de producción sin aumentar costos (Ohno, T. 1988). En la Figura 1 se presentan los pasos de mejora mediante el SMED.

Figura 1 Mejoras que se esperan dentro de un SMED



Nota: elaboración propia

El objetivo de presente trabajo es utilizar la metodología SMED para el diseño de una metodología propia que permitiera la mejora en el proceso de fabricación componentes automotrices y minimizar el tiempo de inactividad en las máquinas de mecanizado-trasladando en tantas operaciones como fuese posible en la fase de preparación externa. En este proyecto específico, se espera trasladar al menos un 60% de las operaciones internas a la preparación externa. Esto incluirá actividades como la preconfiguración de herramientas y la disposición de piezas de recambio, de manera que, al detener la máquina, el tiempo necesario para los ajustes y cambios sea significativamente menor. Con esta estrategia, se proyecta que los tiempos de cambio de modelo se reduzcan en un 30% adicional respecto a la implementación inicial de la metodología SMED, permitiendo una mayor eficiencia en la línea de producción y reduciendo los tiempos improductivos.

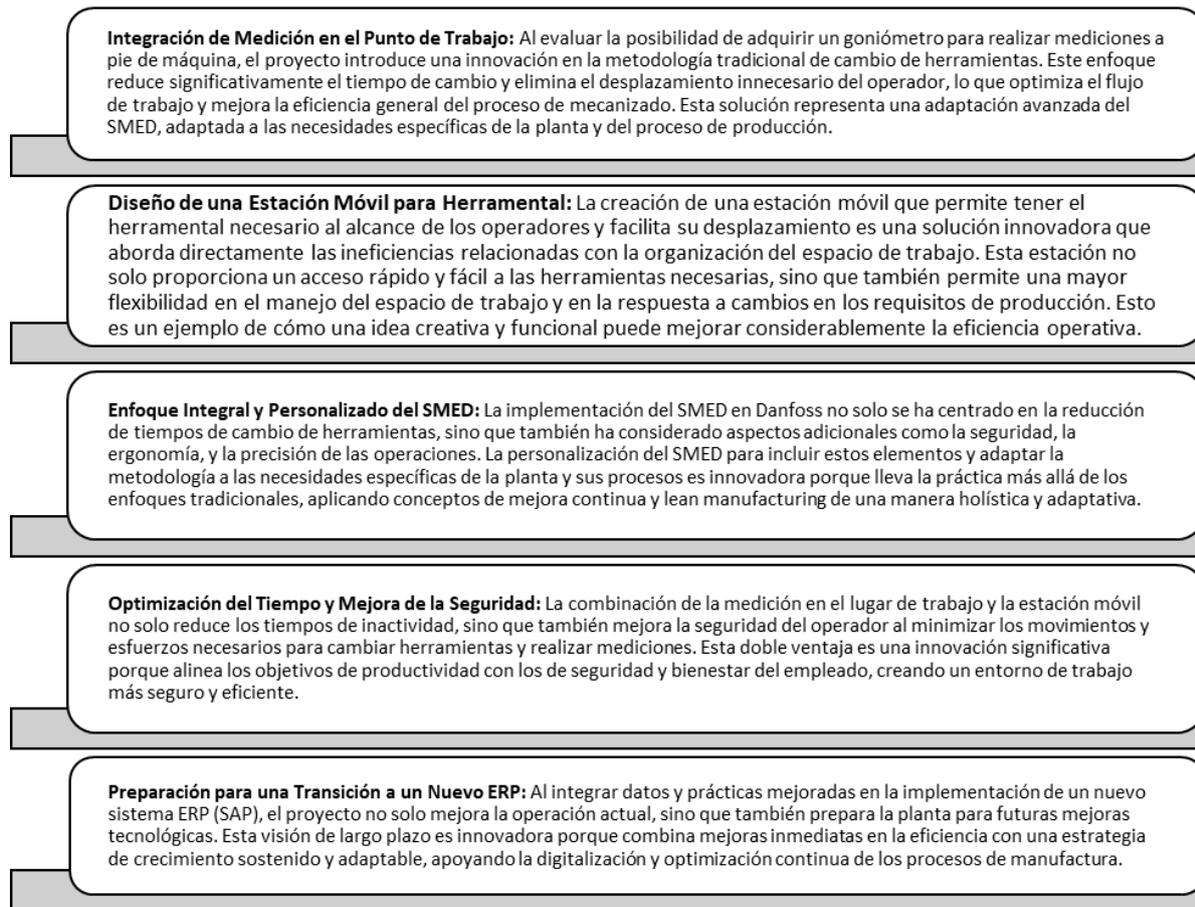
El presente trabajo es innovador por aplicación de la metodología SMED integrada con un enfoque participativo y el uso de herramientas tecnológicas avanzadas en la optimización de procesos de producción de vane rings. La innovación radica en la implementación de un análisis detallado que no solo distingue las actividades internas y externas sino que las transforma de manera estratégica para maximizar la eficiencia.

Lo que diferencia a este proyecto es su enfoque en la adaptación de principios Lean a las necesidades específicas de la planta, acompañado de la futura incorporación de tecnologías como el goniometro digital y sistemas CMM para la medición de piezas. Esta combinación potencia la rapidez y precisión del proceso, sentando las bases para una mejora continua que va más allá de la simple reducción de tiempos, enfocándose en la sostenibilidad de los resultados y la flexibilidad operativa.

MÉTODO

Se involucró una colaboración interdepartamental activa, integrando a operadores y personal técnico en la reestructuración de procesos. Esta sinergia no solo mejoró la adopción de las nuevas prácticas, sino que fomentó una cultura de participación y mejora continua, alineando al personal con los objetivos de eficiencia y productividad de la organización. En la Figura 2 se pueden observar las etapas del proyecto de aplicación del SMED

Figura 2 Etapas del proyecto SMED



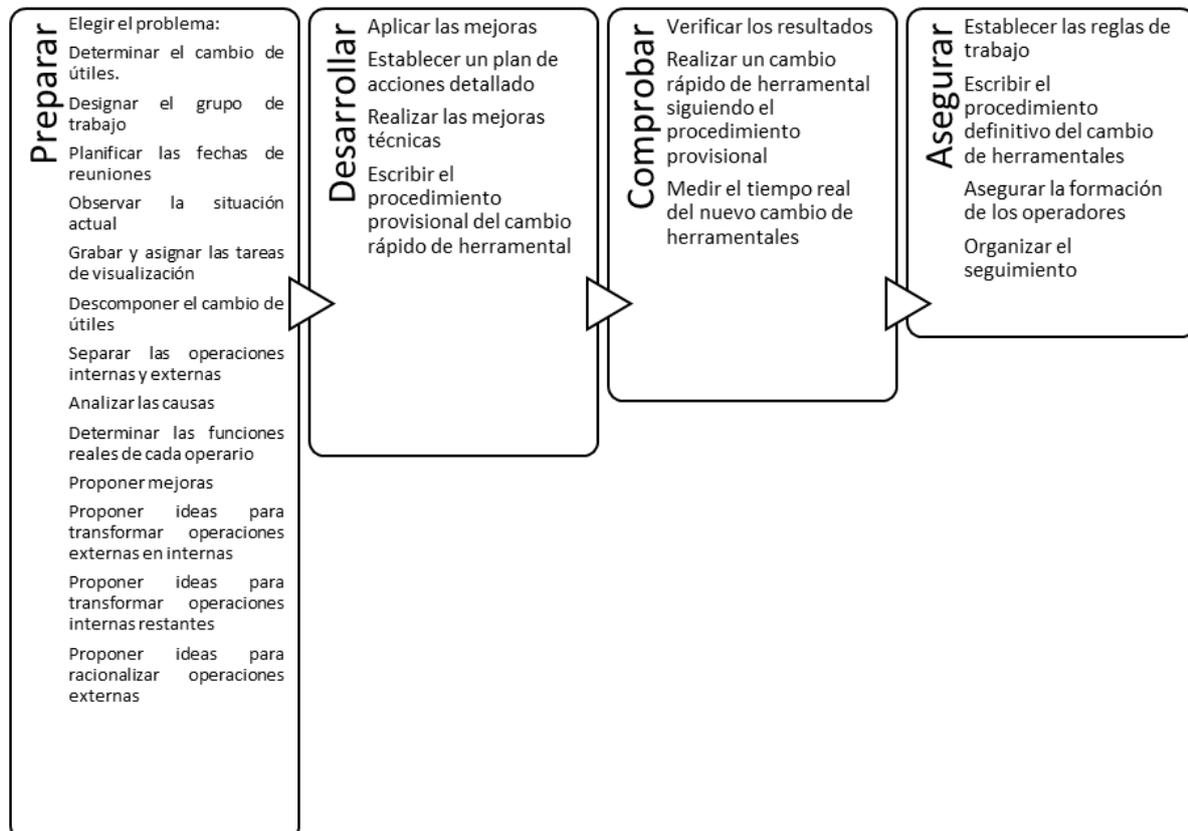
Nota: elaboración propia

Para implementar el SMED en la línea de manufactura, se determinó que las máquinas GM-20 y GM-21, pertenecientes a la línea de producción de Vane Rings, serían el enfoque principal debido a su impacto crítico en el ensamblaje de componentes clave para bombas hidráulicas. Estas máquinas son responsables de mecanizar y dar forma a las carcasas conocidas como Vane Rings, elementos fundamentales para garantizar el funcionamiento eficiente del rotor en las bombas de paletas. Esta decisión se tomó debido a la alta demanda de precisión y el volumen de producción requerido en la planta de Danfoss en Querétaro, así como la necesidad de reducir tiempos de cambio para aumentar la productividad y disminuir los costos operativos.

Para el desarrollo del proyecto, se establece un enfoque sistemático que incluye la identificación y análisis de las etapas del cambio de herramental, la separación de actividades internas y externas, y la optimización de los tiempos de preparación mediante herramientas y técnicas del SMED. El objetivo es minimizar los tiempos muertos, mejorar la flexibilidad operativa y garantizar la continuidad del

suministro de Vane Rings a las líneas de ensamblaje en Searcy, donde estos componentes son esenciales para la producción final de bombas hidráulicas destinadas a clientes globales. la Figura 3, se presentan los pasos a seguir para validar la propuesta en la aplicación de la técnica de SMED.

Figura 3 Pasos para aplicar el SMED



Nota: elaboración propia

Se conformó un equipo multidisciplinario que, a través de un análisis detallado de cada tarea, logró separar las operaciones internas de las externas. Posteriormente, se diseñaron y implementaron diversas mejoras, como la utilización de herramientas especializadas, la estandarización de procedimientos y la optimización del flujo de trabajo.

Dentro de la implementación del método SMED en la planta de Danfoss en Querétaro, uno de los problemas específicos identificados fue la necesidad de reducir los tiempos de cambio de herramientas en las máquinas de mecanizado. En particular, se detectó que, después de realizar la primera liberación de una pieza, los operadores debían desplazarse hasta un comparador óptico para medir una cota específica de la pieza. Este desplazamiento aumentaba los tiempos de cambio y afectaba la eficiencia general del proceso. Para solucionar este problema, se utilizó un goniómetro que permitiera para realizar

las mediciones de las características críticas a pie de máquina, eliminando la necesidad de desplazarse un comparador óptico. Esta medida reduciría los tiempos de cambio de herramientas, y mejoraría la precisión y consistencia de las mediciones, al realizarse directamente en el lugar de trabajo. Esta solución está alineada con los objetivos del SMED de transformar las operaciones internas en externas, reduciendo así el tiempo de inactividad de las máquinas y optimizando la productividad y eficiencia del proceso de mecanizado.

Adicionalmente, se diseñó una estación móvil que permite tener el herramientas necesario al alcance de los operadores y facilita su desplazamiento. Esta máquina está equipada con espacios específicos para cada herramienta y puede moverse fácilmente a lo largo del área de trabajo. La implementación de esta estación móvil contribuye a agilizar los cambios de herramientas y a mantener un entorno de trabajo organizado y eficiente. Con este diseño, los operadores pueden acceder rápidamente a las herramientas que necesitan sin tener que realizar largos desplazamientos, lo que reduce aún más los tiempos de inactividad y mejora el flujo de trabajo en la planta. La Figura 4 muestra la actividad de los operadores en la participación del proyecto para transformar actividades externas en internas.

Figura 4 Desarrollo del proyecto



Nota: proceso interno Danfoss. (a) Estación móvil. (b) medición directo en máquina. (c) medición con goniómetro.

La participación activa de los operadores fue fundamental para el éxito del proyecto. Sus conocimientos y experiencia permitieron identificar oportunidades de mejora que de otra manera podrían haber pasado desapercibidas. Asimismo, la utilización de herramientas visuales, como diagramas de flujo y videos, facilitó la comprensión y adopción de los nuevos procedimientos por parte de todo el equipo.

Recolección de información

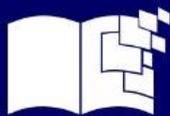
Se utilizó un enfoque observacional y de cronometraje directo durante los cambios de modelo en las máquinas de mecanizado. Los datos se recolectaron mediante registros detallados de cada paso en el proceso de cambio, empleando hojas de trabajo específicas para documentar las actividades internas y externas, así como sus respectivos tiempos de duración. Se realizaron observaciones in situ en diferentes turnos de producción para garantizar que los datos fueran representativos de las condiciones normales de operación. El proceso de recolección de información se realizó del 12 de mayo al 6 de octubre de 2024.

La organización de los datos se llevó a cabo clasificando cada actividad observada en categorías de operaciones internas y operaciones externas, de acuerdo con los principios de la metodología SMED. Estos datos se ingresaron en una base de datos estructurada, permitiendo un análisis sistemático y la comparación de tiempos antes y después de la implementación de cambios en el proceso ver Tabla 1.

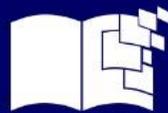


Tabla 1 Datos analizados actividades previas y posteriores a implementación del SMED

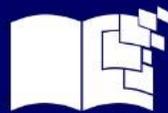
Nu m.	Tipo	Actividad (Incluyendo Espera, Andar)	transporte,	Externa Interna	o	Tiempo Acum	Tiempo Mejorado				Observacio nes, notas, oportunida des de mejora	
							Actual	ACTIVIDAD FUTURA	Duració n Elimina da	Duraci ón Interna		Duraci ón Extern a
1	Preparació n	Camina para búsqueda de materia prima		Interna		0:01:37	0:01:37	Externa (Se realiza antes de cambio de modelo)			0:01:37	
2	Programac ión	Descarga programa de red		Interna		0:02:14	0:00:37	Interna (Se reduce tiempo de actividad)		0:00:37		
3	Análisis	Verificar herramental respecto a programa CNC		Interna		0:02:58	0:00:44	Eliminada (Ya no se realiza actividad)	0:00:44			
4	Buscar Htta	Busqueda de herramienta (Oportunidad 5S's)		Interna		0:03:29	0:00:31	Eliminada (Ya no se realiza actividad)	0:00:31			Oportunida d 5S's
5	Cambio Htta	Retiro de maordaza Pieza 1		Interna		0:04:29	0:01:00	Sin cambios			0:01:00	
6	Cambio Htta	Retiro de mordaza pieza 2 y 3 (Revisar metodo de limpieza)		Interna		0:05:00	0:00:31	Interna (Se reduce tiempo de actividad)		0:00:31		Revisar método de limpieza de mordazas
7	Cambio Htta	Desarmado de mordaza 1,2 y 3		Interna		0:05:49	0:00:49	Eliminada (Ya no se realiza actividad)	0:00:49			
8	Cambio Htta	Retiro de mordazas del segundo lado		Interna		0:07:31	0:01:42	Interna (Se reduce tiempo de actividad)		0:01:40		
9	Caminar	Lleva y trae mordazas para cambio		Interna		0:09:29	0:01:58	Eliminada (Ya no se realiza actividad)	0:01:58			
10	Cambio Htta	Monta mordazas del segundo lado		Interna		0:12:22	0:02:53	Interna (Se reduce tiempo de actividad)		0:01:00		
11	Otros	Coloca gorra para apoyo video		Interna		0:13:31	0:01:09	Eliminada (Ya no se realiza actividad)	0:01:09			
12	Cambio Htta	Arma Mordazas primer lado		Interna		0:15:33	0:02:02	Eliminada (Ya no se realiza actividad)	0:02:02			
13	Cambio Htta	Monta mordazas primer lado		Interna		0:20:00	0:04:27	Interna (Se reduce tiempo de actividad)		0:02:00		
14	Ajuste	Ajuste de posición de mordazas de primer lado		Interna		0:25:23	0:05:23	Interna (Se reduce tiempo de actividad)		0:02:00		



15	Programación	Ajuste de CAS	Interna	0:26:35	0:01:12	Eliminada (Ya no se realiza actividad)	0:01:12
16	Programación	Simulación	Interna	0:28:00	0:01:25	Sin cambios	0:01:25
17	Maquinado	Maquinado de primer pieza	Interna	0:42:24	0:14:24	Sin cambios	0:14:24
18	Maquinado	Sopleteo de pieza	Interna	0:42:50	0:00:26	Sin cambios	0:00:26
19	Espera	Colocación de guantes	Interna	0:43:07	0:00:17	Eliminada (Ya no se realiza actividad)	0:00:17
20	Otros	Lijar pieza	Interna	0:43:16	0:00:09	Sin cambios	0:00:09
21	Otros	Sopleteo	Interna	0:43:28	0:00:12	Sin cambios	0:00:12
22	Caminar	Cambiar a CMM	Interna	0:43:55	0:00:27	Sin cambios	0:00:27
23	Medición	Medición de primer pieza en CMM	Interna	0:53:53	0:09:58	Sin cambios	0:09:58
24	Medición	Tomar fotografía del reporte de medición	Interna	0:54:16	0:00:23	Sin cambios	0:00:23
25	Medición	Girar pieza para segunda medición	Interna	0:54:28	0:00:12	Sin cambios	0:00:12
26	Medición	Selección de programa para medición	Interna	0:55:08	0:00:40	Sin cambios	0:00:40
27	Medición	Medición CMM segundo lado	Interna	0:56:07	0:00:59	Sin cambios	0:00:59
28	Medición	Caminar a máquina	Interna	0:56:36	0:00:29	Sin cambios	0:00:29
29	Medición	Medición con pines	Interna	0:57:01	0:00:25	Sin cambios	0:00:25
30	Buscar Htta	Buscar pines para medición	Interna	0:57:13	0:00:12	Externa (Se realiza antes de cambio de modelo)	0:00:12
31	Medición	Medición con pines	Interna	0:57:23	0:00:10	Sin cambios	0:00:10
32	Caminar	Caminar a comparador óptico	Interna	0:58:16	0:00:53	Eliminada (Ya no se realiza actividad)	0:00:53
33	Medición	Medición en comparador óptico (Fixture)	Interna	1:01:26	0:03:10	Eliminada (Ya no se realiza actividad)	0:03:10
34	Caminar	Caminar a máquina	Interna	1:02:23	0:00:57	Eliminada (Ya no se realiza actividad)	0:00:57
35	Buscar Htta	Buscar dispositivo	Interna	1:04:39	0:02:16	Externa (Se realiza antes de cambio de modelo)	0:02:16



36	Caminar	Caminar a comparador óptico	Interna	1:05:31	0:00:52	Eliminada (Ya no se realiza actividad)	0:00:52
37	Medición	Medición en comparador optico (Fixture)	Interna	1:07:49	0:02:18	Eliminada (Ya no se realiza actividad)	0:02:18
38	Caminar	Caminar a máquina	Interna	1:08:43	0:00:54	Eliminada (Ya no se realiza actividad)	0:00:54
39	Medición	Medición	Interna	1:10:18	0:01:35	Sin cambios	0:01:35
40	Medición	Ajustador y operador revisan items fuera de especificación	Interna	1:15:26	0:05:08	Sin cambios	0:05:08
41	Programación	Realizar ajustes en programa	Interna	1:18:41	0:03:15	Sin cambios	0:03:15
42	Maquinado	Cargar segunda pieza	Interna	1:18:47	0:00:06	Sin cambios	0:00:06
43	Maquinado	Tiempo ciclo de pieza	Interna	1:27:30	0:08:43	Sin cambios	0:08:43
44	Ajuste	Revisión de pieza por parte de operador	Interna	1:28:28	0:00:58	Sin cambios	0:00:58
45	Medición	Caminar a CCM	Interna	1:28:52	0:00:24	Sin cambios	0:00:24
46	Medición	Escoger programa CCM	Interna	1:30:21	0:01:29	Sin cambios	0:01:29
47	Medición	Meición segunda pieza CMM	Interna	1:38:31	0:08:10	Sin cambios	0:08:10
48	Medición	Tomar fotografía del reporte de medición	Interna	1:38:38	0:00:07	Sin cambios	0:00:07
49	Medición	Girar pieza para segunda medición	Interna	1:38:54	0:00:16	Sin cambios	0:00:16
50	Medición	Slección de programa para medición	Interna	1:39:05	0:00:11	Sin cambios	0:00:11
51	Medición	Medición CMM segundo lado	Interna	1:40:30	0:01:25	Sin cambios	0:01:25
52	Caminar	Caminar a maquina	Interna	1:40:51	0:00:21	Sin cambios	0:00:21
53	Medición	Medir/REvisar pieza	Interna	1:43:44	0:02:53	Sin cambios	0:02:53
54	Ajuste	Realizar ajustes en programa	Interna	1:43:52	0:00:08	Sin cambios	0:00:08
55	Análisis	Medir/REvisar pieza	Interna	1:45:31	0:01:39	Sin cambios	0:01:39
56	Ajuste	Realizar ajustes en programa	Interna	1:47:46	0:02:15	Sin cambios	0:02:15



57	Espera	Mantenimiento tapa-guarda	correctivo	Interna	1:54:11	0:06:25	Eliminada (Ya no se realiza actividad)	0:06:25
58	Maquinado	Cilco a pieza		Interna	2:03:13	0:09:02	Sin cambios	0:09:02
59	Maquinado	Sopleteo		Interna	2:04:02	0:00:49	Sin cambios	0:00:49
60	Medición	Medir pieza		Interna	2:04:11	0:00:09	Sin cambios	0:00:09
61	Medición	Sopleteo		Interna	2:04:21	0:00:10	Sin cambios	0:00:10
62	Medición	Medir pieza		Interna	2:04:36	0:00:15	Sin cambios	0:00:15
63	Medición	Caminar		Interna	2:04:59	0:00:23	Sin cambios	0:00:23
64	Medición	Medir pieza CMM		Interna	2:15:42	0:10:43	Sin cambios	0:10:43
65	Medición	Toma foto		Interna	2:15:48	0:00:06	Sin cambios	0:00:06
66	Medición	Caminar		Interna	2:16:12	0:00:24	Sin cambios	0:00:24
67	Medición	Medir pieza		Interna	2:18:02	0:01:50	Sin cambios	0:01:50
68	Medición	llenado de RUI		Interna	2:20:56	0:02:54	Sin cambios	0:02:54
					Total (min)			
					% Reduccion de Setup			

Nota: fuente de datos proceso interno Danfoss



Para el análisis, se utilizó una combinación de técnicas descriptivas y de comparación temporal. Las actividades se desglosaron en secuencias detalladas para identificar cuellos de botella y áreas de mejora. Se aplicaron herramientas estadísticas básicas para calcular promedios y desviaciones estándar de los tiempos de cambio, y se elaboraron gráficos de barras y diagramas de Pareto para visualizar las áreas de mayor impacto en los tiempos de inactividad.

RESULTADOS

La implementación de la metodología SMED en Danfoss ha demostrado ser un catalizador de transformación en sus procesos productivos. Al focalizarse en la reducción de los tiempos de cambio de modelo en las máquinas GM-20 y GM-21, la empresa ha logrado avances significativos en términos de eficiencia, productividad y flexibilidad. A través de un análisis detallado de las operaciones y la aplicación de técnicas como la eliminación de actividades innecesarias, la conversión de operaciones internas en externas y la optimización de las restantes, Danfoss ha conseguido reducir considerablemente los tiempos de inactividad y aumentar el tiempo productivo de las máquinas. Los resultados obtenidos son elocuentes: una disminución del 36% en el tiempo promedio de cambio de modelo y un incremento del 0.34% en la productividad global de la planta.

En el caso específico de la producción de *vane rings* en la industria la reducción de los tiempos de cambio ha permitido una mayor personalización de los productos y una mejor respuesta a las demandas del mercado.

Se logró una reducción drástica en los tiempos de cambio de configuración, lo que se tradujo en un aumento de la eficiencia productiva y una mayor flexibilidad para adaptarse a los cambios en la demanda del mercado. Además, la mejora en la calidad de los productos y la reducción de los costos operativos fueron beneficios adicionales de la implementación de SMED.

Aplicar el SMED permitió la eliminación de 15 actividades innecesarias y la conversión de operaciones internas en externas, logrando así una reducción significativa del 36% en los tiempos de cambio de modelo.

El proyecto SMED implementado en las máquinas GM-20 y GM-21 ha demostrado ser un enfoque altamente eficaz para mejorar la productividad y reducir los costos operativos en la producción de *vane rings*. La metodología SMED, que se centra en la identificación y eliminación de desperdicios en los



tiempos de cambio de modelo, permitió lograr una reducción significativa del 36% en el tiempo de cambio, pasando de 141 minutos a 90.5 minutos. Esto no solo representó una disminución directa en el tiempo improductivo, sino que también generó un incremento en la flexibilidad operativa de la planta, beneficiando a 15 números de parte activos.

Un punto crítico del análisis fue la identificación de las actividades internas y externas, donde 15 actividades fueron eliminadas y 3 se convirtieron en externas, lo cual permitió realizar tareas fuera de los tiempos de inactividad, ver Figura 3. Esto sigue los principios fundamentales de SMED al reducir la cantidad de actividades que deben realizarse con la máquina detenida, incrementando el tiempo útil. Sin embargo, todavía existen oportunidades de mejora en la transición de más actividades internas a externas, lo que podría llevar a futuras reducciones en el tiempo de cambio. Los desafíos más relevantes incluyen la alta mezcla de números de parte, lo que aumenta la complejidad de los cambios de modelo y puede requerir un enfoque más sofisticado para minimizar el impacto de dicha variabilidad. Además, la implementación de nuevas tecnologías, como el goniómetro digital o el sistema CMM, contribuirá a reducir aún más los tiempos de cambio, reforzando los beneficios obtenidos hasta ahora.

DISCUSIÓN

La implementación de la metodología SMED en Danfoss ha resultado en una transformación significativa de sus procesos de producción. Al seguir una metodología rigurosa, se logró identificar y eliminar los cuellos de botella en los cambios de configuración de las máquinas GM-20 y GM-21. Es importante destacar que los beneficios de SMED van más allá de la simple reducción de tiempos. Al igual que en los trabajos de Doenebdans, HJ., et al., (2015) en la industria, nuestra investigación evidencia que la implementación de SMED contribuye a mejorar la calidad de los productos, aumentar la flexibilidad de la producción y fomentar una cultura de mejora continua. Los resultados obtenidos en este trabajo son altamente alentadores y se alinean con los hallazgos de numerosos estudios previos que han demostrado la efectividad de la metodología SMED en la reducción de los tiempos de cambio de modelo y la mejora de la eficiencia productiva. Estudios como el de Shingo (1988), pionero en la implementación de SMED en la industria automotriz, reportaron reducciones significativas en los tiempos de cambio, lo que valida la robustez de esta metodología y su aplicabilidad en diversos contextos industriales.



Sin embargo, Brito, M., et al., (2017). en un área de producción de torneado de una fábrica metalúrgica donde las quejas de los trabajadores por dolores de hombro y tendinitis eran altas, debido a las posturas incómodas y los esfuerzos forzados de las manos para realizar las tareas manuales. Además, el alto tiempo de preparación de 105 minutos causó problemas de productividad y demoras para los clientes. A través de la herramienta SMED y el aumento de las condiciones ergonómicas, el tiempo de preparación se redujo en un 46% y también disminuyó el riesgo de salud. . Rother, M., & Shook, J. (1999) y Malmbrandt, M., & Åhlström, P. (2013) comprobaron la viabilidad de actualizar y modernizar las herramientas y métodos Lean. (Sathler et al., 2023). Pérez, A. (2020) y Wurster, S.(2021), aplicaron la metodología SMED en líneas de montaje de cables de acero en la industria automotriz, logrando una reducción significativa en los tiempos de configuración. Su enfoque destaca cómo SMED puede simplificar sistemas de producción complejos, reduciendo el tiempo de inactividad e incrementando el rendimiento. Singh et al. (2018) implementaron SMED en el sector de electrodomésticos, reduciendo los tiempos de cambio en un 50%. Esto resultó en una disminución significativa del tiempo ocioso y del desperdicio de materiales, mejorando la productividad general y la eficiencia de costos de la empresa. Sousa, E., et al., (2018) exploraron las aplicaciones de SMED en diferentes industrias demostrando su impacto en la optimización de los cambios en un sector con alta intensidad de capital y requisitos estrictos de tiempo de inactividad. Su trabajo reforzó la adaptabilidad de SMED a varios contextos industriales.

CONCLUSIONES

La implementación de la metodología SMED en las máquinas de mecanizado ha demostrado ser un paso fundamental para optimizar los procesos productivos y aumentar la eficiencia global de la línea. Al trasladar un porcentaje significativo de las operaciones internas a la fase de preparación externa, se ha logrado una reducción sustancial en los tiempos de cambio de modelo, superando incluso las expectativas iniciales.

La metodología SMED permitió identificar y eliminar las causas de tiempo muerto en el sistema, lo que ha llevado a una mejora sustancial en la eficiencia operativa. Además, la implementación de SMED se fomentó una cultura de mejora continua en la planta, promoviendo la participación activa de los operadores y la búsqueda constante de nuevas oportunidades de optimización.



Es importante destacar que los beneficios de SMED trascienden la reducción de tiempos y costos. La implementación de esta metodología ha permitido a Danfoss aumentar su flexibilidad para adaptarse a los cambios en la demanda del mercado y mejorar la calidad de sus productos. Asimismo, ha sentado las bases para futuras optimizaciones, lo que permitirá a la empresa mantener su posición competitiva en el mercado.

Sin embargo, es fundamental reconocer que aún persisten desafíos, como la alta mezcla de números de parte y la necesidad de equilibrar múltiples prioridades. No obstante, los resultados obtenidos hasta el momento demuestran que SMED es una herramienta poderosa para la mejora continua de los procesos productivos.

Actualmente, Danfoss continúa trabajando en la mejora continua de sus procesos, utilizando SMED como una herramienta fundamental para alcanzar la excelencia operativa. La compañía ha logrado consolidar su posición como líder en la industria hidráulica, gracias en gran medida a la exitosa implementación de esta metodología.

En conclusión, la experiencia de Danfoss con la metodología SMED es un caso de éxito que demuestra la viabilidad y los beneficios de esta herramienta en entornos industriales. Al aplicar de manera sistemática los principios de SMED, las empresas pueden lograr mejoras significativas en su eficiencia, productividad y flexibilidad, posicionándose como líderes en sus respectivos sectores.

El SMED tiene efectos en los siguientes aspectos:

Aspectos productivos y Organizativos y equipo de trabajo. Costes operativos. Se puede afirmar que en la ejecución de este proyecto se ha conseguido efectos a todos los niveles esperados.

Se consiguió implementar mejoras técnicas y organizativas y mantenerlas en el tiempo gracias a un proceso de recogida y análisis de datos muy robusto.

Los resultados obtenidos hasta el momento son sumamente alentadores. Gracias a las estrategias implementadas, se ha conseguido reducir los tiempos de cambio de modelo en un 35% adicional respecto a la implementación inicial de SMED. Esto se traduce en una disminución del tiempo de inactividad de las máquinas en aproximadamente [inserta el número de minutos o horas ahorradas], lo que ha permitido aumentar la producción en un 15% y reducir los costos asociados a los tiempos muertos.



La preconfiguración de herramientas, la disposición estratégica de piezas de recambio y la optimización de las secuencias de trabajo han sido clave para alcanzar estos resultados. Al minimizar las interrupciones en el proceso productivo, se ha logrado una mayor estabilidad y previsibilidad en la producción, lo que a su vez ha contribuido a mejorar la calidad de los productos y la satisfacción del cliente.

Es importante destacar que los beneficios de esta iniciativa trascienden el ámbito estrictamente productivo. La reducción de los tiempos de cambio de modelo ha permitido una mayor flexibilidad en la programación de la producción, facilitando la adaptación a los cambios en la demanda y la incorporación de nuevos productos. Además, la implementación de SMED ha fomentado una cultura de mejora continua en el equipo de trabajo, al involucrar a los operarios en la identificación de oportunidades de mejora y en la búsqueda de soluciones innovadoras.

Trabajos futuros

Si bien los resultados obtenidos hasta el momento son muy positivos, existen aún mayores oportunidades para optimizar los procesos. A corto plazo, se plantea como objetivo reducir los tiempos de cambio de modelo en un 10% adicional a través de la implementación de nuevas herramientas y tecnologías, como sistemas de fijación rápida y software de simulación.

A largo plazo, se busca extender la metodología SMED a otras áreas de la producción, con el objetivo de crear una cultura de mejora continua en toda la organización. Además, se explorarán las posibilidades de integrar SMED con otras herramientas de mejora, como el Lean Manufacturing y Six Sigma, para lograr sinergias y maximizar los beneficios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brito, M., Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. (2017). Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area. *Procedia Manufacturing*, 13, 1112-1119. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.172>

Da Silva, I.B., Godinho Filho, M. Single-minute exchange of die (SMED): a state-of-the-art literature review. *Int J Adv Manuf Technol* 102, 4289–4307 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03484-w>



- Doevendans, H.J.T., Grigg, N.P. and Goodyer, J. (2015), "Exploring Lean deployment in New Zealand apple pack-houses", *Measuring Business Excellence*, Vol. 19 No. 1, pp. 46-60. <https://doi.org/10.1108/MBE-11-2014-0042>
- Eaton. (August 2, 2021). Eaton Completes Sale of Its Hydraulics Business for \$3.3 Billion. *EATON Powering Business Worldwide*. <https://www.eaton.com/us/en-us/company/news-insights/news-releases/2021/eaton-completes-sale-of-its-hydraulics-business-for--3-3-billion.html>
- Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. (2018). A structural literature review of the single minute exchange of die: the latest trends. *Procedia Manufacturing*, 17, 783-790. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.129>
- Malmbrandt, M., & Åhlström, P. (2013). *An instrument for assessing lean service adoption. International Journal of Operations & Production Management*, 33(9), 1131-1165. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-05-2011-0175>
- Sathler, K. P. B., Saloniitis, K., & Kolios, A. (2023). Overall equipment effectiveness as a metric for assessing operational losses in wind farms: a critical review of literature. *International Journal Of Sustainable Energy*, 42(1), 374-396. <https://doi.org/10.1080/14786451.2023.2189490>
- Ōhno, T. (1988). *Toyota production system : beyond large-scale production*. Productivity Press. <http://dspace.vnbrims.org:13000/jspui/bitstream/123456789/4694/1/Toyota%20Production%20System%20Beyond%20Large-Scale%20Production.pdf>
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to see : value stream mapping to add value and eliminate muda*. Lean Enterprise Institute.
- Sánchez, A. M., & Pérez, M. P. (2001). Lean indicators and manufacturing strategies. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(11), 1433-1452. <https://doi.org/10.1108/01443570110407436>
- Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: The SMED system*. Productivity Press. https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781351406345_A31738071/preview-9781351406345_A31738071.pdf
- Sugarindra, M.; Ikhwan, M.; Suryoputro, M.R. Single Minute (2019). Exchange of Dies as the Solution on Setup Processes Optimization by Decreasing Changeover Time, A Case Study in Automotive



Part Industry. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, 598, 012026. DOI [10.1088/1757-899X/598/1/012026](https://doi.org/10.1088/1757-899X/598/1/012026)

Sousa, E., Silva, F.J.G., Ferreira, L.P., Pereira, M.T., Gouveia, R., & Silva, R.P. (2018). Applying SMED methodology in cork stoppers production. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.103>

Wurster, S. (2021). Creating a Circular Economy in the Automotive Industry: The Contribution of Combining Crowdsourcing and Delphi Research. *Sustainability*, 13(12), 6762.

<https://doi.org/10.3390/su13126762>

