ISBN: 978-628-96613-1-6. ISSN: 2414-6390. Digital Object Identifier: https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2025.1.1.871

SMED implementation for the elimination of bottlenecks in the mold change process in the plastic injection molding line

Fabiola Terán-Alvarado, Mba[1], John Tobar-Mero, Ing[2], and Adrian Fierro-Ceròn, Ing[3]
[1,3]*Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, ateran@ups.edu.ec, afierroc@est.ups.edu.ec*
[2]*Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, jtobarm@est.ups.edu.ec*

Abstract- ***This article explores the implementation of the SMED methodology in a plastic injection line, with a specific focus on optimizing mold change processes. This activity, critical in the sector, represents one of the main bottlenecks that disrupt the continuous production flow and reduce the competitiveness of companies in an increasingly demanding global market. The SMED methodology focuses on converting internal activities into external ones, standardizing procedures, and significantly reducing the time associated with mold changes. By doing so, it minimizes production interruptions, enhances operational efficiency, and improves flexibility in response to market demand fluctuations. This study highlights how applying SMED not only optimizes changeover times but also fosters an organizational culture oriented toward continuous improvement and operational excellence. Through the analysis of a specific production line, this technique is demonstrated to reduce costs, increase responsiveness, and mitigate bottlenecks that hinder the overall performance of operations without compromising the integrity of the product or the operators.***

Keywords: SMED, production, optimization, flexibility, efficiency.

.

Implementación de SMED para la eliminación de cuellos de botella en el proceso de cambio de molde en la línea de inyección de plásticos.

Fabiola Terán-Alvarado, Mba[1], John Tobar-Mero, Ing[2], and Adrian Fierro-Ceròn, Ing[3]
[1,3]*Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, ateran@ups.edu.ec, afierroc@est.ups.edu.ec*
[2]*Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, jtobarm@est.ups.edu.ec*

***Resumen*– *Este artículo explora la implementación de la metodología SMED en una línea de inyección de plásticos, con un enfoque específico en la optimización de los procesos de cambio de moldes. Esta actividad*, crítica en el sector, representa uno de los principales cuellos de botella que interrumpen el flujo continuo de producción y reducen la competitividad de las empresas en un mercado global cada vez más exigente. La metodología SMED se centra en transformar actividades internas en externas, estandarizar procedimientos y reducir significativamente los tiempos asociados al cambio de moldes. Con ello, se logra minimizar las interrupciones en la producción, incrementar la eficiencia operativa y mejorar la flexibilidad ante cambios en la demanda del mercado. Este estudio destaca cómo la aplicación de SMED no solo optimiza los tiempos de cambio, sino que también fomenta una cultura organizacional orientada a la mejora continua y a la excelencia operativa. A través del análisis de una línea de producción específica, se demuestra cómo esta técnica contribuye a reducir costos, aumentar la capacidad de respuesta y mitigar los cuellos de botella que obstaculizan el rendimiento global de las operaciones sin comprometer la integridad del producto ni de los operadores.**

.

Palabras claves*— *SMED, producción, optimización, flexibilidad, eficiencia.

I. INTRODUCCIÓN

Las industrias en el Ecuador dedicadas a la producción de plásticos han presentado un destacado crecimiento en años recientes, ejerciendo un papel crucial en la economía nacional al abastecer a múltiples industrias, esto adjunta tanto las farmacéuticas como las alimentarias. Estas empresas enfrentan desafíos significativos relacionados con la eficiencia y competitividad en un mercado que demanda productos de alta calidad a precios reducidos. Por lo tanto, es esencial que este sector cuente con medios productivos que llenen estas necesidades, estableciendo los recursos de manera óptima [1].

Los cuellos de botella en la producción suelen originarse por equipos o procesos ineficientes, además de una coordinación deficiente en otras áreas de la cadena de suministro, lo que genera obstáculos difíciles de superar. Es fundamental abordar estos problemas con rapidez, ya que su prolongada existencia puede tener un impacto negativo considerable en la producción, generando "tiempos muertos" que afectan significativamente la eficiencia general del sistema [2].

En una empresa dedicada a la producción de envases plásticos, se analizaron cada una de las cinco líneas de inyección y se determinó que la eficiencia operativa de todas, excepto una, supera el 90%. Se observó que, en una máquina, la eficiencia es de 89.6%, lo que está por debajo del rendimiento de las demás. Esta brecha en el rendimiento de la máquina de inyección se reconoce como la motivación del estudio con énfasis en la operación de cambio de molde y, posteriormente, la provisión de soluciones destinadas a mejorar la rutina de eficiencia en su conjunto, trabajando en equipo con los valores de las otras líneas de producción. La mayoría de los inyectores analizados tienen un tiempo de cambio de molde inferior a 2 horas, lo que representa un desempeño cercano al estándar de eficiencia establecido. La máquina con el peor rendimiento superó este tiempo, con un promedio de 2,13 horas por cambio.

Esto no solo tiene un impacto negativo en la eficiencia productiva de la máquina, sino que también incrementa los costos operativos, reduce la capacidad de producción de la empresa y no satisface la demanda del mercado [3]. Además, las actividades cruzadas en la producción se ven interrumpidas, causando un aumento en las paradas y el exceso de material [4]. Esto es una fuerte indicación de que las mejoras pueden aumentar los tiempos de cambio de molde y mejorar la eficiencia general en la operación.

En el caso de un nuevo molde o ajustes en la producción, el molde necesita ser reemplazado y la máquina debe detenerse por completo. Este proceso no solo implica una gran pérdida de tiempo, sino que también contribuye al desperdicio de material. Este tiempo de inactividad impacta la línea de producción, y cada minuto de inactividad reduce el número de envases producidos, lo que puede causar pérdidas económicas [5].

La metodología SMED es una metodología que nos ayuda a separar el proceso que puede hacerse mientras la máquina aún está en funcionamiento versus el proceso que no puede, lo que ayuda a lograr un tiempo de cambio más corto. Proporcionará ahorro de costos y limitará los efectos negativos sobre la eficiencia general de la línea de producción. Este estudio también busca crear un modelo práctico que pueda ser replicado por otras empresas manufactureras [6].

La técnica SMED demostró ser efectiva para la reducción del tiempo de cambio en su sector, y los resultados sumaron al conocimiento colectivo del sector. Al compartir estas estrategias, tiene la intención de institucionalizar los esfuerzos

hacia prácticas operativas más sostenibles y competitivas y, como resultado, mejorar el rendimiento del sector frente a los desafíos que plantea el mercado globalizado. Orientado al objetivo de asistencia a cuellos de botella e identificación de áreas de desperdicio, con el propósito de ayudar a las empresas a comprender cómo esta estrategia asegura no solo la optimización de la producción, sino que también beneficia la logística, la distribución o los servicios al cliente [7].

Las empresas adoptan la actitud Lean y, posteriormente, desarrollan flujos de trabajo más eficientes, tiempos de respuesta más rápidos, mayor satisfacción del cliente y, sobre todo, éxito frente a un mercado constantemente obstructivo. Eso significa que se están volviendo más receptivas a las necesidades inmediatas del mercado sin sacrificar la productividad e inculcando una cultura de mejora continua. En general, la agilidad manufacturera produce una cultura organizacional de mejora continua que fomenta el ingenio y el compromiso de los empleados, y permite hacer ajustes rápidos y apropiados desde la perspectiva de la estrategia. [8].

Las técnicas de manufactura esbelta aplicadas para la prevención y eliminación de cuellos de botella son suposiciones, mejora de la calidad y la eficiencia; reducción de costos; incremento de la satisfacción del cliente; favorable a una cultura de mejora continua. [9].

De algunos casos de estudios de autores, se entiende que la metodología SMED ha demostrado ser efectiva en la reducción de los tiempos de cambio de molde en procesos industriales, logrando disminuir estos tiempos hasta un 40% según diversos estudios. Esta técnica trata de eliminar actividades que no añaden valor y, por lo tanto, es un nivel superior de eficiencia operativa. Juntos, al minimizar los períodos improductivos se maximiza el tiempo efectivo de producción de cada turno, lo que permite a las empresas adaptarse más eficazmente a las demandas del mercado [10].

El propósito de la aplicación de SMED es alinear las actividades de los operadores y lograr el máximo uso de los recursos humanos y materiales. En algunas fábricas, esto ha reducido el tiempo necesario para cambiar un molde en un 30%. Esto no sólo acelera el tiempo que un empleado necesita dedicar a la tarea, sino que también fomenta la colaboración entre los trabajadores, apoyando un ecosistema más rápido y libre de errores.

Además, la solución optimizada de la ruta de montacargas ayuda a mejorar la gestión logística y se ha citado como un papel crucial en el aumento de la productividad en las fábricas. Con la implementación de un flujo más eficiente para el transporte, fue posible mitigar tiempos de espera más cortos que resultan de una variedad de procesos relacionados con este tipo de logística, al mismo tiempo que se fortalecen las aplicaciones de SMED junto con un estudio integral de metodología logística y operacional [11].

Alternativamente, otros estudios sugieren que la segregación entre actividades internas y externas para el propósito de implementar SMED fue un factor clave para alcanzar una reducción del 48,11% en los tiempos de ajuste. Esto habilitó cosas como la preparación del molde mientras las máquinas aún estaban en funcionamiento. Además, la investigación detallada de procesos y el entrenamiento del personal fueron vitales para aumentar la velocidad y efectividad de los cambios de moldes [12].

Y es a partir de aquí que este artículo examinará cuánto tiempo tardan los cambios de molde en una planta de inyección de plástico, para arrojar luz sobre dónde están disponibles las oportunidades de mejora para optimizar el tiempo de inactividad. Para ello, utilizaremos la metodología SMED, un análisis de producción poderoso y útil que tiene como objetivo reducir el tiempo de procesamiento. Ante lo expuesto se presenta el problema de, ¿cómo se reduce el tiempo de cambio de molde en la línea de inyección de plásticos mediante la implementación de la metodología SMED, con el objetivo de eliminar cuellos de botella y aumentar la eficiencia operativa en el proceso productivo? Para dar respuesta a esta pregunta de investigación se establecieron los siguientes objetivos:

A. Objetivo general

Reducir el tiempo de cambio de molde en la línea de inyección de plásticos mediante la implementación de la metodología SMED, con el fin de eliminar cuellos de botella y aumentar la eficiencia operativa en el proceso productivo.

B. Objetivos específicos

- Identificar y analizar los cuellos de botella en el proceso de cambio de molde.
- Aplicar la metodología SMED para reducir los tiempos.
- Evaluar el impacto de la implementación de SMED en la eficiencia y productividad.

II. METODOLOGÍA

Implementar la metodología SMED fue uno de los grandes pasos para lograr los propósitos de este artículo. Con el fin de desarrollar las técnicas y herramientas adecuadas para trabajar durante el estado actual del problema, es importante definir qué tipo de estudio se realizará en el tiempo de ejecución de la investigación el mismo que fue noviembre de 2024.

A. Tipo de estudio.

En este artículo, seguiremos un enfoque metodológico tanto descriptivo como cualitativo. El estudio descriptivo ofrecerá una visión más clara del estado actual del proceso de cambio de molde en la línea de inyección de plástico, detallando las actividades realizadas, los tiempos dedicados y las ineficiencias dominantes en su ejecución. El estudio comparativo, por otro lado, revisará y diferenciará los datos para aplicar antes y después de la metodología SMED, con el fin de evaluar el impacto de las etapas de reducción de los tiempos de cambio y la eficiencia en la operación [13]. Al usar esta combinación de

enfoques, dicho estudio proporcionará una visión completa del proceso, presentando evidencia de cómo la implementación de SMED optimiza tareas internas y externas, disminuye el tiempo que no agrega valor y minimiza el flujo de la línea [14].

B. Método de investigación.

Se utilizaron técnicas cualitativas y cuantitativas, centrándose en la optimización del tiempo para aumentar la eficiencia del sistema en su conjunto. A partir de la fase de diagnóstico, se recopilará información detallada a través de la observación directa, así como la interacción con el personal involucrado [15]. Esto permitió la identificación de las máquinas de inyección con los tiempos de ejecución más largos, así como los impedimentos detrás de estos retrasos, ya sean operacionales, técnicos u organizativos.

Luego, todos los datos recopilados se analizarán, registrando lo que llamaremos, a falta de un mejor término, "tiempos actuales" como punto de referencia. Se crearán y ejecutarán planes específicos dirigidos a los problemas identificados, comenzando con aquellos que podrían proporcionar el mayor impacto. Tales acciones se dirigirán principalmente a los desperdicios que pueden atribuirse a ineficiencias, la coordinación e interrupción del flujo de trabajo. Finalmente, estableceremos un proceso de monitoreo continuo con el fin de medir el impacto a largo plazo de estas mejoras y cómo ayudan a que el proceso sea más ágil y productivo.

C. Técnicas y herramientas.

El método detallará los tiempos para las fases individuales del cambio de molde (preparación, montaje, ajuste y prueba del nuevo molde) utilizando cronómetros y registros. La introducción de SMED sincroniza las actividades y mejora la coordinación entre los operadores. En tal paso, el proceso no solo se acelera, sino que también se utilizan adecuadamente los recursos humanos y materiales [16]. En este estudio proporciona algunos beneficios asociados con los conceptos SMED: disminución del tiempo de cambio, reducción de los gastos operativos e incremento en la capacidad de producción de la planta. Además, se llevó a cabo una observación directa en el lugar de trabajo para comprender detalladamente el flujo de trabajo y las áreas problemáticas en el proceso [17].

En la tabla I se muestran las actividades que se realizan después de llevar a cabo una inspección, junto con los errores comunes que los operadores han mencionado. Estos errores pueden surgir durante el proceso y son importantes para identificar áreas de mejora en la eficiencia y seguridad del trabajo. La tabla proporciona una visión detallada de cada actividad y los problemas recurrentes que se presentan, lo que permite enfocarse en soluciones prácticas y efectivas.

TABLA I
PRINCIPALES ACTIVIDADES Y ERRORES COMUNES

Actividad	ERRORES COMUNES
Apagado de la máquina	No apagar completamente, dejar encendidos otros componentes,
Recolección de herramientas	Olvidar alguna herramienta o usar herramientas incorrectas.
Puesta de EPP	No usar el equipo completo de protección
Limpieza de molde antiguo	No eliminar todos los residuos, usar productos inapropiados
Posicionamiento de grúa	No revisar la carga antes de moverla, posicionar incorrectamente
Retirar el molde usado	No usar las herramientas adecuadas, retirar con demasiada rapidez
Transporte del nuevo molde	No verificar No verificar el camino, no asegurar el molde correctamente
Montaje de nuevo molde	No alinear correctamente el molde, usar tonillos incorrectos
Centrado de nuevo molde	No verificar que el molde esté bien centrado, no usar herramientas de alineación
Transporte del antiguo molde	No etiquetar o almacenar el molde correctamente
Pruebas y ajustes iniciales	No realizar pruebas completas, omitir ajustes necesarios
Reinicio a la máquina	No revisar configuraciones previas, sin comprobar los parámetros

Se identificaron 12 actividades a realizar y evaluar con las tomas de tiempo. La observación se documentó con formularios específicos junto con entrevistas breves con el personal para identificar ineficiencias y cuellos de botella. Se elaborará un mapeo de procesos para visualizar todas las etapas y sus interdependencias, para crear diagramas y mapas de procesos que ayuden a identificar las actividades internas y externas en el proceso de cambio de moldes [18].

La Tabla II presenta la estructura elaborada para analizar el proceso de cambio de molde, donde se detallan las variables dependientes, los indicadores que permiten su medición, las técnicas que permiten la recopilación de la información y los instrumentos específicos utilizados la misma. Esto ha facilitado, la identificación de lo que se puede mejorar y proporciona una forma estructurada de recopilar y analizar información sobre los cambios de molde, los procedimientos y los tiempos,

TABLA II
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Variable dependiente	Indicador	Técnica	Instrumento
Tiempo de cambio de molde	Tiempo promedio de cambio de molde	Análisis documental y mapeo de procesos	Registro de contenido del documento
Procedimiento de cambio de molde	Identificación de actividades internas y externas	Observación directa y entrevistas	Registros de observación y entrevistas con el personal
Tiempo de transporte de molde	Tiempo promedio de transporte de molde	Observación directa	Registro de observación sobre el tiempo

de transporte del molde

Dado que el cambio de moldes en la máquina lleva demasiado tiempo debido a diversos factores, se decidió utilizar un enfoque SMED para optimizar el proceso. Todo esto se hace para reducir el tiempo requerido para el cambio de molde que el tiempo ahorrado pueda invertirse en actividades que agreguen valor al proceso y ayuden a mejorar la productividad.

D. Método SMED

La siguiente etapa es la implementación de SMED. Para ello se separarán actividades internas y externas para distinguir entre las tareas que deben realizarse cuando la máquina está en funcionamiento [19]. La actividad actual se revisa y clasifica para identificar oportunidades para realizar tareas mientras la máquina continúa funcionando. La conversión de actividades internas en actividades externas se abordará modificando el proceso para permitir que se realicen más tareas mientras la máquina está en funcionamiento. El programa será rediseñado y se capacitará al personal en el nuevo enfoque [20]. La estandarización y simplificación de los procedimientos serán fundamentales, estableciendo procedimientos operativos estándar (SOP) y creando listas de verificación para reducir la variabilidad y errores en el proceso de cambio de moldes. Esta fase incluirá la documentación de los nuevos procedimientos y la formación del personal para asegurar un cumplimiento consistente.

D. Actividades internas y externas

El uso de la metodología SMED permite identificar áreas clave para transformar actividades y optimizar los procesos en el cambio de moldes; en este caso se refiere a la idea de mover las actividades que tradicionalmente se realizan dentro del área de trabajo, mientras la máquina está detenida, a actividades que se puedan hacer fuera de la máquina o mientras esta sigue operando [21].

Por consiguiente, SMED se refiere aquí al concepto de trasladar las actividades realizadas en el área de trabajo durante el tiempo de inactividad a actividades que pueden realizarse mientras la máquina sigue funcionando y/o actividades realizadas fuera de la máquina. Al centrarse en el área de las plantas, SMED afecta directamente la productividad interna y la competitividad de la empresa. Y debido a que se adapta legalmente a los cambios del mercado, le da a la empresa una ventaja competitiva. Además de esto, la planificación de la producción ahora se realiza mejor para ayudar en la distribución también, lo que resulta en una mejor satisfacción del cliente. El concepto de SMED enfatiza la segregación de actividades internas y externas (afectando el tiempo de inactividad de la máquina).

III. RESULTADOS

Se identificó que en la planta se dispone de cinco líneas de inyección de plásticos, cada una equipada con diversas máquinas inyectoras. Con el objetivo de optimizar los tiempos de cambio de molde, se realizó un análisis detallado para identificar cuál de las máquinas presenta la mayor demora en este proceso y así enfocar los esfuerzos de mejora sobre esa. Para ello, se decidió emplear herramientas como el diagrama de Pareto, lo que permitirá priorizar las áreas críticas y determinar las principales causas que afectan el tiempo de cambio de moldes.

TABLA III
CAMBIO DE MOLDES DEL MES DE NOVIEMBRE

MAQUINA INYECTORA	TOTAL, HORAS	# DE CAMBIO DE MOLDE	HORAS/ CAMBIO MOLDE	TOTAL, HORAS DE SERIE	# DE CAMBIO DE SERIE	HORA/SERIE	MOLDE Y SERIE TOTAL, HORAS	MOLDE Y SERIE TOTAL # CAMBIOS
I-01-01	11,04	6	1,84	2,56	2	1,28	13,6	8
I-02-01	9,6	5	1,92	1,6	2	0,8	11,2	7
I-03-01	7,68	4	1,92	1,6	2	0,8	9,28	6
I-04-01	5,61	3	1,87	0,9	1	0,9	6,51	4
I-05-01	10,65	5	2,13	6	4	1,5	16,65	9
TOTAL							57,24	34

Como se muestra en la Tabla III, durante el mes de noviembre del año 2024, la línea que registró mayor número de horas de cambio de moldes y serie fue la I-05-01 con un total de 16.4 horas, seguido de la línea I-01-01 con un total de 13.6 horas, y en tercer puesto tenemos la I-02-01 con 11.2 horas, luego la I-03-01 con 9.28 horas y finalmente la I-04-01 con 6.51 horas.

.

A. Clasificación de la causa de incremento de tiempo en cambio de molde.

Para identificar las causas principales de la demora en el tiempo de cambio de molde de la máquina I-05-01, se empleó el diagrama de Ishikawa, una herramienta fundamental en ingeniería industrial. Este método permitió detallar los problemas específicos, analizando las causas raíz derivadas del problema general representado en la Fig 1.

Fig. 1 Diagrama de Ishikawa sobre el tiempo de cambio de molde

El diagrama de Ishikawa presenta las primordiales causas que aportan el aumento del tiempo en el cambio de molde. Dadas las categorías identificadas, interpretan áreas clave que fueron observadas a detalle para estipular su alteración en el proceso. Este análisis permitió al equipo priorizar las causas más críticas y definir actos específicos para su disminución, alineadas con los principios de la metodología SMED.

B. Impacto de la aplicación SMED (estudio de tiempos)

Mediante el estudio que se realizó en el mes de noviembre, se realizó un diagrama de Pareto del cuál podemos observar que la máquina que mayor impacto de tiempo consume es la I-05-01 por lo que se decidió usar la metodología SMED como se muestra en la Fig 2. Además, la máquina I-01-01 cumple con los estándares de tiempo establecidos por la empresa, con un promedio de cambio de molde inferior a 2 horas.

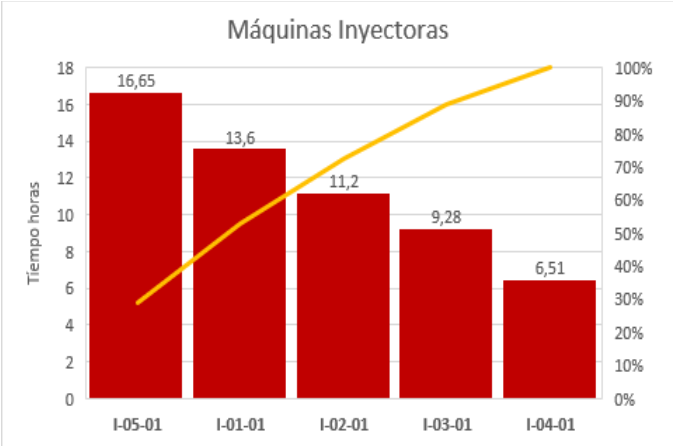

Fig. 2 Diagrama de Pareto

C. Estudio de situación actual (I-05-01)

Utilizando los tiempos reales de la máquina de inyección I-05-01, se recopiló una lista de doce actividades a partir de un estudio de tiempos. En este estudio, se observa directamente el proceso de cambio de molde y pudimos registrar el tiempo de cada etapa con un cronómetro. Para el registro y análisis, se utilizó una lista de verificación que enumeraba cada actividad del proceso.

D. Clasificación de actividades internas y externas.

Mediante el análisis de las actividades asociadas con el cambio de molde, se consiguió clasificar las actividades en externas e internas. Como se observa en la tabla IV, las actividades externas como son el transporte del antiguo molde y el transporte del nuevo molde que toman un total de 23 minutos, mientras que las internas representan el resto de actividades y suman un total de 106 minutos.

TABLA IV ACTIVIDADES CONTIEMPO Y CLASIFICACIÓN EN ACTIVIDADES INTERNAS Y EXTERNAS

No.	Actividad	Tiempo (min)	Internas	Externas
1	Apagado de la máquina	5	X	
2	Recolección de herramientas	6	X	
3	Puesta de EPP	3	X	
4	Posicionamiento de grúa	8	X	
5	Tiempo de espera	20	X	
6	Retirar el molde usado	10	X	
7	Transporte del antiguo molde	8		X
8	Transporte del nuevo molde	13		X
9	Montaje del nuevo molde	20	X	
10	Centrado del nuevo molde	12	X	
11	Pruebas y ajustes iniciales	12	X	
12	Reinicio de la máquina	10	X	
Total		129	106	23

E. Cambio de actividades internas y externas.

En el proceso de cambio de molde se logró transformar como se observa en la Tabla V, varias actividades internas en externas, como la recolección de herramientas y la puesta de EPP, gracias a la implementación de tareas en paralelo mientras la máquina aún estaba operativa. Este enfoque permitió que los

operarios alisten los recursos necesarios antes de apagar la máquina, optimizando el tiempo y reduciendo el periodo de inactividad. Además, se combinó estas tareas con otros procesos, por ejemplo, esperar a que concluya la fase de enfriamiento para el siguiente lote, optimizando el tiempo disponible, reduciendo la cantidad de tiempo de inactividad. Se garantizaron tiempos de trabajo más largos, menos tiempo desperdiciado y un flujo más continuo al cambiar los moldes, lo cual es un principio de la metodología SMED.

TABLA V CAMBIO DE ACTIVIDADES INTERNAS A EXTERNAS

No.	Actividad	Tiempo (min)	Internas	Externas
1	Apagado de la máquina	5	X	
2	Recolección de herramientas	6		X
3	Puesta de EPP	3		X
4	Posicionamiento de grúa	8		X
5	Tiempo de espera	20		X
6	Retirar el molde usado	10	X	
7	Transporte del antiguo molde	8		X
8	Transporte del nuevo molde	13		X
9	Montaje del nuevo molde	20	X	
10	Centrado del nuevo molde	12	X	
11	Pruebas y ajustes iniciales	12	X	
12	Reinicio de la máquina	10	X	
Total		129	69	60

F. Optimizar actividades internas y externas.

En relación a las actividades internas, para mejorar la operación, deben ser capacitados para realizar sus tareas porque esto mejoraría estas operaciones, lo que les ayudaría a realizar sus tareas de manera más eficiente y ayudaría a eliminar errores. Esto también abarca educar a los empleados sobre cómo utilizar las herramientas correctamente, etiquetar y ajustar el equipo, y establecer prácticas estándar para minimizar errores y confusiones. El tiempo interno en este caso es el mejor que se alcanza, ya que tenemos limpieza de moldes viejos (No. 4) y centrado de moldes nuevos (No. 9), y trabajadores que tienen suficiente experiencia para hacer el trabajo. Por otro lado, cuando el equipo no tiene la misma experiencia, es un hecho que exploramos procesos, los racionalizamos, agregamos muchos estándares operativos para ahorrar tiempo y evitar errores. En este caso, nada puede tener el mismo rendimiento y eficiencia que una buena tarea interna.

En relación a las actividades externas Decidimos enfocarnos en la actividad de recolección de herramientas (N.º 2) debido a que un sistema de almacenamiento organizado y accesible permite que los trabajadores obtengan rápidamente las herramientas necesarias, reduciendo tiempos de búsqueda y aumentando la productividad.

Se decidió dar soluciones dirigidas como es el desarrollo de kits de herramientas estándar (kits de herramientas estandarizados que contienen todas las herramientas y piezas necesarias para un cambio de molde) como se observa en la Fig 3. Este enfoque ayuda a evitar la búsqueda de elementos uno por uno y acelerar este proceso, lo que además mejora el mantenimiento del inventario y minimiza los costos relacionados con el tiempo de inactividad. Además, la introducción de kits de herramientas estandarizados nos ha permitido reducir el tiempo de búsqueda de las herramientas en alrededor de 3 minutos por cambio de molde. Aunque este tiempo pueda parecer bajo, se acumula a lo largo de las jornadas laborables, conduciendo a una mejora significativa.

Fig. 3 Kits de herramientas

G. *Resultados antes y después de SMED máquina I-05-01.*

Se obtiene un cambio particular en el tiempo que se tarda en realizar el cambio de molde que se realizó en el punto anterior, ya que antes de la aplicación del SMED era de 129 minutos y después de la aplicación fue de 109 minutos, lo que significa que hubo una reducción en el tiempo de cambio del 15.5%, lo cual puede observarse en las Tabla VI.

Gracias a que se pudo reducir 20 minutos en el proceso de cambio de molde en cada una de las 5 ocasiones en las que se aplicó la metodología SMED en dicha máquina durante el mes de noviembre, se produjo una mejora de eficiencia operativa, pasando del 89.6% al 90.7%. De igual manera impacta positivamente en la productividad dado que cada material plástico en la máquina requiere 20 segundos para ser fabricado, el tiempo acortado permitió la producción de 60 unidades adicionales por cambio de molde, lo que nos da un total de 300 productos extras generados en el mes.

Cada unidad generó un beneficio neto de $0.05, esto representó una ganancia extra de $15 en el mes. Esto refleja el impacto positivo de optimizar el tiempo en la línea de producción, lo que maximiza tanto la eficiencia operativa como las ganancias económicas de la empresa.

TABLA VI ACTIVIDADES DESPUÉS DE SMED

No.	Actividad	Tiempo (min)	Internas	Externas
1	Apagado de la máquina	5	X	
2	Recolección de herramientas	3		X
3	Puesta de EPP	3		X
4	Posicionamiento de grúa	8		X
5	Tiempo de espera	3		X
6	Retirar el molde usado	10	X	
7	Transporte del antiguo molde	8		X
8	Transporte del nuevo molde	15		X
9	Montaje del nuevo molde	20	X	
10	Centrado del nuevo molde	12	X	
11	Pruebas y ajustes iniciales	12	X	
12	Reinicio de la máquina	10	X	
Total		109	69	40

Si nos enfocamos pasando las actividades de recolección de herramientas, puesta de EPP, posicionamiento de grúa, de internas a externas haciéndolas trabajando de forma paralela, tomamos en cuenta que las actividades internas manejan un tiempo de 69 minutos mientras que las externas un tiempo de 40 minutos en el tiempo de cambio de moldes, haciéndolas más óptimas para el proceso.

La tabla VI. muestra las actividades que se pasaron a externas como es el caso de la puesta de equipos de protección personal (EPP) con una duración de 3 minutos, la recolección de herramientas, que se lleva a cabo en 6 minutos y el posicionamiento de la grúa que toma 8 minutos se realizaron de manera paralela en función de la actividad de la espera del enfriamiento del antiguo molde. Debido a que el tiempo de enfriamiento es de 20 minutos, se realizaron tareas secundarias para encontrar una manera de optimizar el tiempo, lo cual redujo el tiempo de espera activa a 3 minutos y resaltó la eficiencia del tiempo en el proceso. De igual manera, debido a la decisión de aplicar kits de herramientas estandarizados para minimizar el tiempo dedicado a recolectar las herramientas, el tiempo se pudo reducir de 6 a 3 minutos, como se muestra en la tabla VI.

Para la máquina inyectora I-05-01, en este tipo de industrias es importante tener un alcance de mejora para la línea de producción de los envases plásticos y así tener eficiencia y se puede generar ganancias para la venta.

H. *Impacto de las mejoras realizadas.*

La optimización lograda a través de la aplicación de esta herramienta, tuvo efectos positivos en la gestión de desperdicios dentro de la planta. La disminución de los tiempos "muertos" durante los cambios de molde permitió reducir la generación de residuos plásticos asociados a pruebas, ajustes y arranques de máquina, de igual manera se produjo un menor consumo energético al evitar periodos prolongados de funcionamiento ineficiente. Estos resultados reflejan una contribución directa a la sostenibilidad operativa del proceso, fomentando un uso más responsable de los recursos y una menor carga ambiental. Incluir una discusión más completa sobre estos aspectos fortalecería el alcance del proyecto, ya que permitiría evidenciar cómo las mejoras técnicas también pueden alinearse con principios de producción más limpia, eficiencia energética y responsabilidad ambiental, factores cada vez más valorados en la industria y en la sociedad.

Una de las principales barreras durante la implementación de la metodología SMED en la industria objeto de estudio, fue la resistencia inicial del personal operativo al cambio de rutinas, lo que nos llevó a reforzar la capacitación y comunicación.

Existió así mismo limitaciones logísticas, como la desorganización en el almacenamiento de moldes, que afectó el desarrollo fluido de las actividades externas. Además, la curva de aprendizaje de los operarios influyó en los primeros resultados, por lo que fue necesario ajustar procedimientos y reforzar el acompañamiento. Estas experiencias nos permitieron adaptar la metodología a las condiciones reales de la planta y valorar la importancia de considerar tanto los factores técnicos como humanos en todo proceso de mejora.

IV. CONCLUSIONES

Este trabajo se desarrolló para implementar la metodología SMED en la línea de inyección de plásticos de la empresa, con el objetivo de identificar y resolver uno de los principales cuellos de botella del proceso de cambio de moldes. Al observar las cinco máquinas de inyección, se notó que la mayoría tenía una eficiencia operativa superior al 90%, mientras que al menos una máquina operaba con una baja precisión del 89.6%. Esto se debe a que el tiempo de cambio de molde supera las dos horas, con un promedio de 2.13 horas y efectos adversos sobre la productividad y los costos operativos. Este análisis identificó la máquina I-05-01 como el punto crítico para la mejora.

La implementación de SMED en la máquina I-05-01 proporcionó resultados significativos. El tiempo de cambio de molde antes de la implementación ágil era de 129 minutos; después de la aplicación de SMED, el tiempo obtenido fue de 109 minutos, lo que significa una mejora del 15.5% en el tiempo de cambio de molde lo que produce que la eficiencia operativa aumente a un 90.7%, lo que representa un avance significativo en el rendimiento.

Con la ayuda de la revista de periodos, esta mejora no solo optimizó el rendimiento de la máquina, sino que también mejoró la continuidad de la producción. Debido al tiempo ahorrado (20 minutos menos por cambio de molde) en cada uno de los 5 cambios de molde realizados a lo largo de noviembre, fue posible generar 60 productos adicionales por cambio de molde, produciendo un total de 300 productos adicionales en el mes. Esta mejora también se reflejó en los beneficios económicos de la empresa. Cada unidad producida generó una ganancia neta de $0.05, contribuyendo con $15 de ganancia adicional en el mes. Este beneficio es de naturaleza económica y subraya la necesidad de optimización del tiempo de producción, al mismo tiempo que demuestra cómo un SMED puede resultar en un desempeño operativo y contable considerable.

Con un enfoque continuo en la mejora de procesos, la empresa continuará maximizando sus recursos y aumentando su competitividad en el mercado.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su más sincero agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana, y al personal administrativo y operativo de la empresa tomada como referencia para la investigación realizada.

REFERENCIAS

[1] I.N.D. Industrias, “La industria plástica ecuatorianas y su impacto en los encadenamientos productivos,”2022

[2] Gavilanes, S., Acosta, M., Gaibor, J., Tenorio, G., “Cuellos de botella. Caribeña de Ciencias Sociales,” 2018

[3] Delta Plastic, “especializada en la producción de envases plásticos, preformas PET, tapas y agarraderas”2014

[4] Piovesan, Alberto. "Romper los cuellos de botella del contenido de plástico reciclado." Plásticos Universales 260 (2022): 56-60.

[5] Ariza Sanchez, Oscar Eduardo, Yineth Paola Bernal Montañez, y Carlos Antonio Valbuena Villamarín. Propuesta de optimización del proceso de fabricación de tapas para licores mediante la redistribución en planta de una línea de producción. BS thesis. Ingeniería Industrial-Virtual, 2023.

[6] Sarango, C. Reducción de los tiempos de cambios de moldes en una línea de producción de tuberías mediante la aplicación de la metodología SMED, 2021

[7] Planas, C., and C. Yudeilys. Evaluación técnica del proyecto de inyección de CO2 determinando los cuellos de botella en la planta de metanol de metor SA. BS thesis.

[8] Alarcón León, Iván Rubén, and Cristhian David Cevallos Usca. Plan de mejoramiento basado en Lean Manufacturing-Kaizen en una fábrica de plásticos para la reducción de scrap en las áreas de producción. BS thesis. 2023.

[9] Ccallomamani Hualpa, Erix, and Antonella Grecia Meza Collantes. "Propuesta de mejora para incrementar el OEE mediante la aplicación de herramientas Lean Manufacturing en una empresa del sector plástico."

[10] Jhonny Patiño, Wilmer Hernández, “Implementación de la metodología SMED para la reducción de los tiempos de cambio de molde en maquina inyectora de preforma Cali, Colombia.,” 2022

[11] Joshua García, Gino Trisollini, “Metodología SMED para mejorar la productividad del área de producción en una empresa de termoformado de envases desechables de plástico,” 2021

[12] Becerril rosales, Israel; Jacobo Sánchez, Jorge Ubaldo; Hurtado Gómez, Rubén “cambio rápido de molde en máquinas de inyección aplicando la metodología SMED”, 2018

[13] García, Miguel Ángel Gil, et al. "Definición de una metodología para una aplicación práctica del SMED." *Técnica industrial* 298 (2012): 46-54.

[14] García Moreno, Joshua Gabriel, and Gino Giacomo Trisollini Gagliardi. "Metodología SMED para mejorar la productividad del área de producción en una empresa de termoformado de envases desechables de plástico." (2021).

[15] Ipanaque, K. “Aplicación de la Metodología SMED para incrementar la productividad en la línea 2 de transformación en una empresa manufacturera. Tesis para optar al título profesional de ingeniería industrial. Universidad César Vallejo. Lima – Perú,” 2019

[16] Carbonell, Francisco Espin. "Técnica SMED. Reducción del tiempo de

preparación." 3c Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme 2.2 (2013): 2.

[17] Hernández, R. “Metodología de la Investigación. 6ª ed. McGraw-Hill. 04. 85. 148 p,” 2014

[18] Toledo Loza, Fiorella del Carmen, and Yrwing Eduardo Miranda Lopez. "Propuesta para incrementar la eficiencia del proceso productivo de empaques flexibles aplicando el Método Johnson, SMED y TPM en una Pyme del Sector Plástico." (2023).

[19] Avila Valdez, Kendra Yasmin, and Sara Elvira Castro Balboa. "Implementación de la metodología SMED para mejorar la productividad del proceso de fabricación de tapas de plástico en la empresa Asaplast EIRL." (2022).

[20] Bryan Salazar, “Definición de Estudio de Métodos o Ingeniería de Métodos,” 2019

[21] Cruz, Jesus, and Mohamad H. Badii. "SMED: El camino a la flexibilidad total." *Innovaciones de Negocios* 1.2 (2004): 277-283.