

REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE PREPARACIÓN DE UNA LÍNEA DE ENVASADO IMPLEMENTANDO LA TÉCNICA SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE (SMED)

*Reduction of the setup time of a packing line
by using the single minute exchange of DIE (SMED) technique*

Edward Mario Augusto Guerrero Gutiérrez

PhD. Ingeniero Industrial e Ingeniero Químico.
Correspondencia al autor: edward.guerrero@upr.edu

Glenda Carolina Zuñiga Garrido

Ingeniera Industrial
Correspondencia al autor: zuroga@gmail.com

Recibido: 15 de junio 2019 | Revisado: 17 de junio 2019 | Aprobado: 20 de julio 2019

Resumen

Las empresas buscan siempre ser competitivas por medio de la implementación de proyectos que promuevan la mejora continua. *Single Minute Exchange of DIE* (SMED) es una herramienta de mejora continua que permite reducir el tiempo de preparación de una línea de producción. El objetivo de este trabajo fue la implementación de la metodología SMED en la línea de envasado de una empresa de fabricación de productos agroquímicos. El análisis realizado, por medio de una Gráfica de Pareto y un Diagrama de Causa y Efecto, permitió identificar los cuellos de botella en la línea de envasado. Asimismo, se realizó un estudio de tiempos al proceso de cambio de formato en la línea de envasado. Estas acciones previas permitieron implementar la metodología SMED, donde se cuantificaron los tiempos de preparación de la línea, los índices de evaluación, así como los tiempos muertos de los operarios. Uno de los índices obtenidos muestra que el tiempo de preparación de la línea de envasado se redujo un 27 % al implementar la técnica de SMED.

Palabras clave

Manufactura esbelta, mejora continua, 5S, productividad.

Abstract

The continuous improvement projects are the key for companies to be competitive around the world. Single Minute Exchange of Die (SMED) is a continuous improvement tool in Lean Manufacturing that allows the reduction of the setup time in a production line. The research goal of this project was the SMED implementation in a packaging line in an agrochemical manufacturing industry. The bottlenecks were determined using a Pareto graphic and a Cause and Effect diagram. Additionally, a Time Study (TS) was performed to determine the format change time. The indicators and dead times were quantified after the TS and SMED implementation. The indicators show that the preparation time of the packaging line was reduced by 27 % following the SMED technique.

Keywords

Lean manufacturing, continuous improvement, 5S, productivity.

Introducción

En la actualidad, una empresa de productos agroquímicos tiene inconvenientes con el tiempo de preparación de la línea de envasado luego de finalizar un lote de producción. El proceso presenta una oportunidad de mejora para reducir el tiempo de preparación de la línea de producción al realizar un cambio en el producto envasado. Algunas de las variables identificadas que provocan esta situación son: la falta de un estudio que determine tiempos estándares de operación y en algunos casos la falta de detección de necesidades de capacitación en el personal involucrado.

Actualmente, las líneas de envasado cumplen con las metas de producción establecidas, sin embargo, el tiempo de preparación de la línea de envasado consume la mayor parte del turno de producción. En consecuencia, es necesario recurrir al uso de horas extra provocando costos adicionales. De igual manera, los procesos de mejora continua de la planta requieren que los tiempos de producción sean más cortos y efectivos. Por lo que con el uso técnicas de manufactura esbelta se pretende alcanzar estos objetivos.

Los sistemas de producción bajo el sistema de manufactura esbelta (ME), son procesos sistemáticos que ayudan a identificar y eliminar todos los desperdicios a través del mejoramiento continuo, persiguiendo siempre la satisfacción del cliente (Sundar, Balaji, & Satheesh Kumar, 2014). Una de las herramientas de ME utilizadas es Single Minute Exchange of Die (SMED); la cual permite reducir los tiempos de preparación de la línea de producción, en menos de 10 minutos, teóricamente (Filla, 2016).

Esta técnica ha sido utilizada en diferentes investigaciones para reducir tiempo de preparación de línea y el tiempo de entrega de productos. Por ejemplo, Chen, Fan, Xiong, & Zhang (2017) utilizaron una combinación entre un sistema de administración basado en JMP/SAP, Six Sigma y SMED para acortar el tiempo de preparación de la línea. Con esta metodología lograron aumentar la eficiencia de la producción. Azizi & Manoharan (2015) diseña-

ron un Value Stream Mapping (VSM), para mejorar la productividad en la compañía. Adicionalmente utilizaron actividades tipo Kaizen y SMED para darle el apoyo necesario a las implementaciones ejecutadas. Con estas mejoras redujeron el tiempo de preparación de la línea de 145 a 54 segundos. Empresas Eléctricas en Puebla, México han utilizado este tipo de metodología para reducir el tiempo de entrega y eliminar inventario (Rodríguez-Méndez, Sánchez-Partida, Martínez-Flores, & Arvizu-Barrón, 2015). El presente estudio tiene como objetivo la reducción del tiempo de preparación de una línea de envasado en una industria de fabricación de agroquímicos utilizando la técnica de manufactura esbelta llamada SMED.

Desarrollo del estudio

Se establecen cuatro etapas para el desarrollo de este estudio. La primera etapa consiste en la evaluación de las causas de los paros en la línea de envasado, identificadas por un Diagrama de Causa y efecto y un Gráfico de Pareto. La segunda etapa fue un estudio de tiempos en la línea de envasado, y la tercera etapa la implementación de SMED. La metodología para esta etapa es la siguiente (Viqar Nadaf Pinjar & Patil, 2015):

1. Realizar un detallado estudio de las operaciones y el tiempo de preparación de la línea.
2. Identificar las actividades internas y externas durante la preparación de la línea.
3. Separar las actividades internas y externas cuidadosamente.
4. Convertir las actividades internas a externas.
5. Optimizar todas las actividades, confirmar los resultados y estandarizar las operaciones.

Finalmente, se analiza los resultados y se presentan las recomendaciones para el proyecto.

Resultados

Análisis de cuello de botella en el proceso de envasado

La Figura 1 presenta la gráfica de Pareto con las causas de paro identificadas en la línea de envasado. Los resultados muestran que el 80 % de los paros se deben al mantenimiento del equipo, la limpieza de la llenadora de envases al realizar un cambio de producto, el cambio de formato al reali-

zar un cambio de presentación de producto y el almuerzo. En la Figura 2 se presenta el Diagrama de Causa y Efecto con las causas de paro que afectan el cambio de formato en la línea de envasado. Una de las causas principales identificadas en la demora del proceso de cambio de formato es la limpieza, provocando que el proceso de cambio de formato esté en espera hasta que el proceso de limpieza del sistema de formulación se finalice.

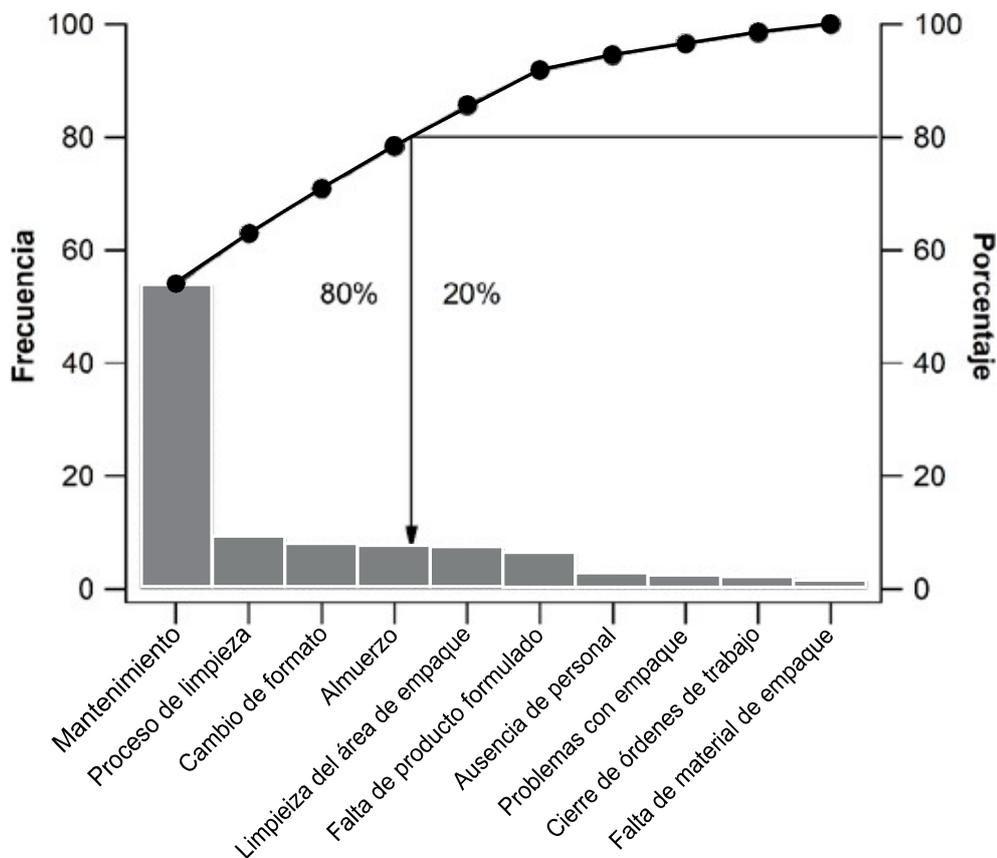


Figura 1. Gráfica de Pareto de las causas de paro en la línea de llenado.

Estudio de tiempos

Los tiempos estándares de producción y los tiempos muertos de la línea de envasado se determinaron por medio de un estudio de tiempos. Todas las operaciones y verificaciones que se realizan durante todo el proceso del cambio de formato fueron determinadas y cuantificadas. En la Figura 3 se presentan todas las operaciones con el tiempo es-

tándar que dura cada una de ellas; en este caso cada operación se identificó por operario. Ver la tabla 1 para identificar la leyenda de operación realizada por cada operario en la línea de envasado. La Figura 3 muestra que el tiempo requerido para realizar el cambio de formato es de 1 hora con 2 minutos, siendo la operación más lenta el cambio de formato para la taponadora, con un total de 39 minutos.

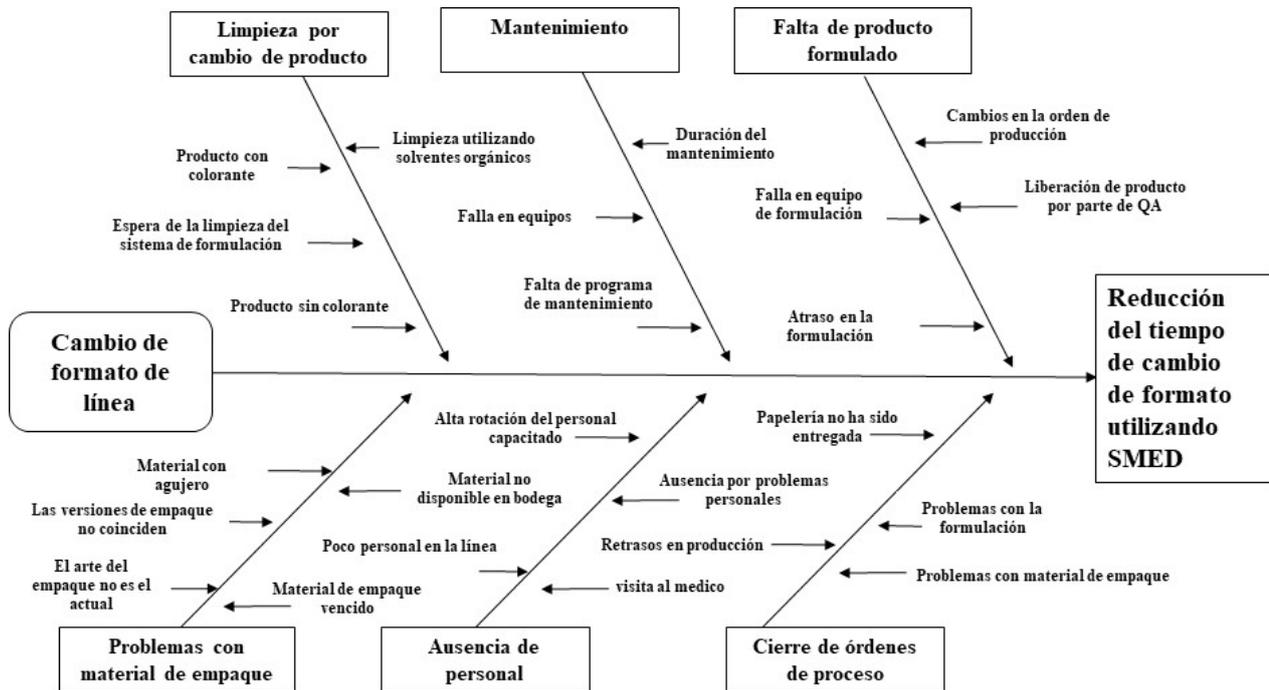


Figura 2

Diagrama de Causa y Efecto para las causas de paro que afectan el cambio de formato en la línea de envasado. Fuente: elaboración propia.

Dicha operación es realizada por el operario 1. Adicionalmente, se puede observar que el operario 2 tiene asignado el cambio de formato de la taponadora y el cambio de formato para la selladora; luego de realizar estas dos operaciones el operario no tiene asignada alguna actividad relativa al cambio de formato. Este mismo comportamiento es identificado para el operario 3.

Tabla 1

Leyenda utilizada en tabla 2

| Personal | Leyenda |
|--------------------|---------|
| Encargado de línea | |
| Operario 1 | |
| Operario 2 | |
| Operario 3 | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2

Tiempo de preparación de la línea de envasado para realizar un cambio de formato

| Operaciones en el cambio de formato | Tiempo (min) | Duración |
|--|--------------|----------|
| Tiempo para cierre de orden encargado de línea | 30 | |
| Cambio de formato taponadora | 39 | |
| Cambio de formato taponadora - operación en paralelo | 14,5 | |
| Preparación de empaque | 20 | |
| Cambio formato selladora | 10,9 | |
| Cambio de formato llenadora | 19,24 | |
| Cambio de formato armado y sellado caja | 7 | |
| Cambio formato etiquetadora de cajas | 9,04 | |
| Cambio formato etiquetadora envase | 8 | |
| Verificación de taponadora | 2 | |
| Verificación de selladora por encargo de línea | 1 | |
| Verificación de armado y etiquetado de caja | 3 | |

Fuente: elaboración propia.

El operario 3 posee tres operaciones asignadas: la preparación de empaque, el cambio de formato del armado y sellado de caja y el cambio en la etiquetadora de caja.

El tiempo que se toma para la preparación de la línea de envasado para realizar un cambio de formato, tiene como factor limitante las operaciones asignadas al encargado de línea. Tiene asignada cinco operaciones del cambio de formato; una de ellas representa el 48 % del tiempo requerido para finalizar un cambio de formato, operación de cierre de orden de proceso.

Adicionalmente, tiene que realizar el cambio de formato para la llenadora (19.24 min), el cambio de formato para la etiquetadora de envases y tres verificaciones: la taponadora, la selladora de caja y el armado y etiquetado de caja.

Hasta que el encargado de línea termine de realizar todas las verificaciones se puede empezar a producir. Una observación importante, es la identificación del impacto del proceso de limpieza sobre el proceso de cambio de formato. Este proceso se realiza antes del cambio de formato. Durante el proceso de limpieza, todo el personal de la línea de envasado está asignado a alguna actividad relacionada al proceso de limpieza, imposibilitándolos a realizar alguna actividad del cambio de formato.

Los tiempos cronometrados para realizar la limpieza en la línea de envasado para una formulación sin colorante es de 90 minutos y la limpieza de llenadora es de 50 minutos. Un factor que atrasa la limpieza es el tiempo requerido para limpiar la tubería que proviene de formulación hacia la línea de envasado.

En esta operación, todo el tanque de formulación es limpiado, y el agua de limpieza es transportada

a través de la tubería que comunica el tanque de formulación con la máquina de envasado. Se debe esperar hasta que el tanque de formulación se encuentre limpio para empezar el proceso de limpieza de la máquina de llenado.

Implementación de SMED a la línea de envasado

Siguiendo la metodología de SMED se procedió a identificar, separar y convertir las actividades internas a externas.

Las actividades internas identificadas son: cálculo de rangos de pesos y buscar la densidad de formulación en documentación de aseguramiento de calidad, la preparación de empaque y realizar un cierre parcial de la orden de proceso.

Tomando como base la conversión de actividades internas a externas; se procede a determinar el tiempo de cambio de formato luego de la implementación de SMED. Los resultados muestran que el tiempo para cerrar una orden de proceso se reduce un 50 %, el tiempo de preparación de empaque también se disminuye un 50 %. Con estos cambios el tiempo de cambio de formato disminuyó de 62 minutos a 48 minutos (Figura 4[A]).

La implementación de SMED junto con el estudio de tiempos muestra que existen operaciones que pueden ser reasignadas entre los operarios de la línea de envasado.

La operación de cambio de formato de la etiquetadora de envases se le reasignó y capacitó al operario 3. La Figura 4[A] muestra el tiempo que se llevaría el cambio de formato con la implementación de SMED y con la capacitación de operario 3. Los resultados muestran que la capacitación del operario reduce adicionalmente un 6 % el tiempo del cambio de formato en la línea de envasado luego de la implementación de SMED.

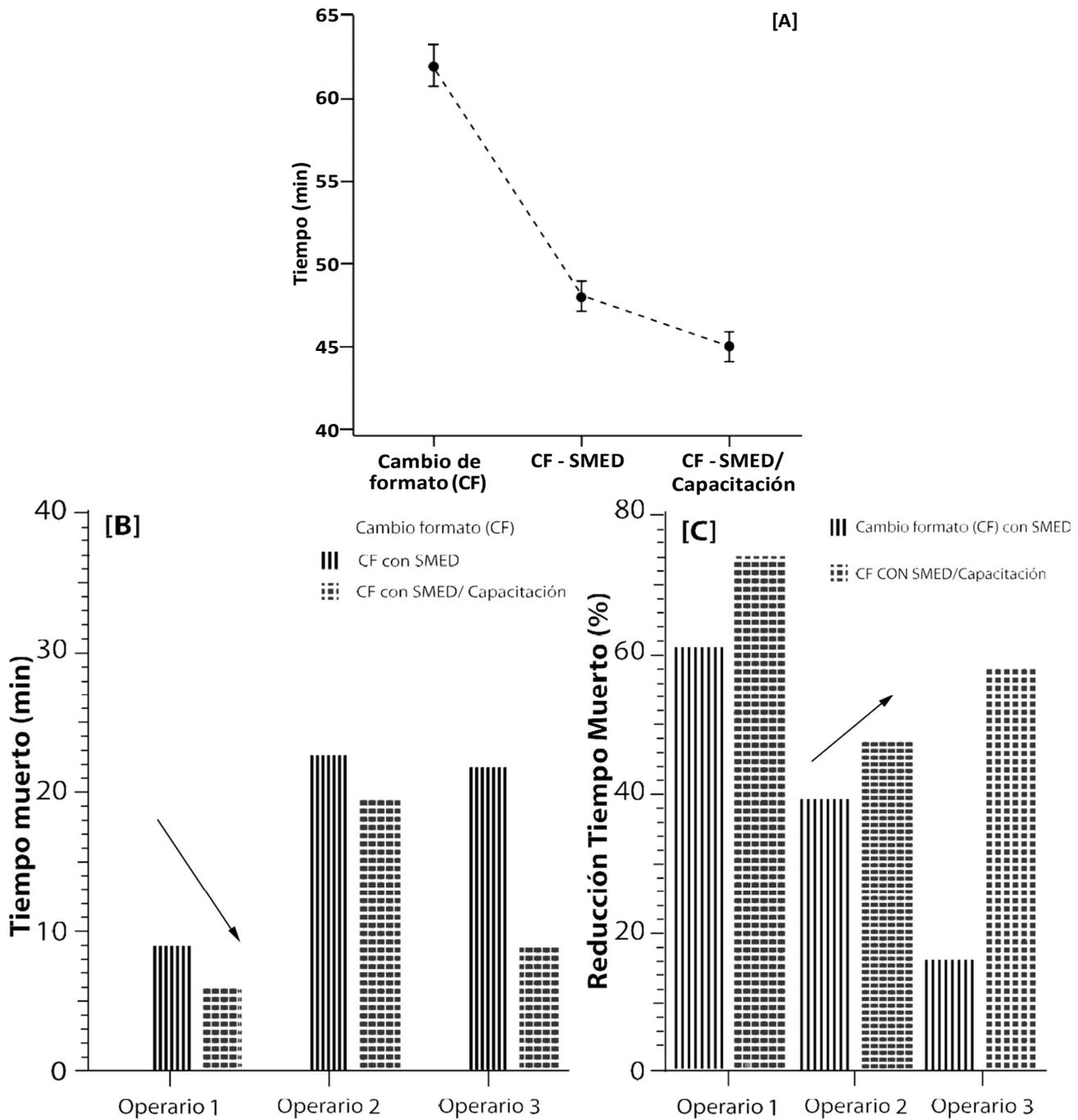


Figura 4. Tiempo de preparación de la línea de envasado [A], tiempo muerto de los operarios [B] y reducción del tiempo muerto de los operarios [C].

La Figura 4[B] y 4[C] muestran los tiempos muertos y la reducción de tiempos muertos de los operarios durante el cambio de formato luego de la implementación de SMED y con la capacitación

y reasignación de operaciones. Los resultados muestran que el operario 1 presentó el mayor porcentaje de reducción de tiempo muerto, siendo este de 74 %. El operario 2 y 3 presentaron una

reducción de 47 y 58 % respectivamente. El índice de productividad de la línea de envasado puede incrementarse 62 % si el proceso de limpieza se reduce un 64 %.

Conclusiones

1. El tiempo de preparación de la línea de envasado en una empresa de fabricación de agroquímicos se redujo un 27 % al implementar la técnica de *Single Minute Exchange of Die* (SMED).
2. La productividad de la línea de envasado aumentó 5 % por medio de la simplificación de las operaciones de cierre de órdenes y la reasignación de actividades de cambio de formato.
3. El tiempo muerto en la línea de envasado para los operarios 1, 2 y 3 se redujo un 74 %, 47 % y 58 % respectivamente, por medio del establecimiento de las actividades internas y externas que se producen durante el cambio de formato.
4. La productividad de la línea aumenta un 62 % cuando una de las operaciones más lentas de la línea de envasado se reduce un 64 %.

Recomendaciones

1. Capacitar a más empleados de la línea de envasado para delegarles las actividades de cambio de formato.
2. Estandarizar procesos por medio de un diseño de experimentos.
3. Capacitar a los operarios de línea en temas de excelencia operacional.
4. Implementar los cambios sugeridos a las otras líneas de envasado líquido y sólido.

Referencias bibliográficas

Azizi, A., & Manoharan, T. (2015). Designing a Future Value Stream Mapping to Reduce Lead

Time Using SMED-A Case Study. *Procedia Manufacturing*, 2, 153–158. doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.027.

Chen, S., Fan, S., Xiong, J., & Zhang, W. (2017). The Design of JMP/SAP Based Six Sigma Management System and its Application in SMED. *Procedia Engineering*, 174, 416–424. doi: 10.1016/j.proeng.2017.01.161.

Filla, J. (2016). The Single Minute Exchange of Die Methodology in a High-Mix Processing Line. *Journal of Competitiveness*, 8(2), 59–69. doi: 10.7441/joc.2016.02.05.

Rodríguez-Méndez, R., Sánchez-Partida, D., Martínez-Flores, J., & Arvizu-Barrón, E. (2015). A case study: SMED & JIT methodologies to develop continuous flow of stamped parts into AC disconnect assembly line in Schneider Electric Tlaxcala Plant. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1399–1404. doi:10.1016/j.ifacol.2015.06.282.

Sundar, R., Balaji, A., & Satheesh, R. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885. doi:10.1016/j.proeng.2014.12.341

Viqar, M., & Patil, G. (2015). Productivity Improvement through Single Minute Exchange of Die (SMED) Technique. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 5(7), 2250–3153. Recuperado de: www.ijsrp.org.

Información del autor

Edward Mario Augusto Guerrero Gutiérrez.

Ingeniero Industrial e Ingeniero Químico, PhD.

Universidad de San Carlos de Guatemala.

Glenda Carolina Zuñiga Garrido.

Ingeniera Industrial.

Universidad de San Carlos de Guatemala.

Afiliación laboral; Facultad de Ingeniería USAC.