




Productivity Improvement in the Packing Process of a Beverage Company Through SMED and 5S




Bellatin-Torres Marianna Milagros¹; Diaz-Ascarza Eduardo Alexander²; Urbina-Rivera Carlos Medardo³
^{1,2,3}Carrera de Ingeniería Industrial, Universidad de Lima, Lima, Perú, 20200249@aloe.ulima.edu.pe,
20200692@aloe.ulima.edu.pe, curbina@ulima.edu.pe

Abstract – Objective: *To propose an improvement model in the production area to increase productivity. Methods:* *By applying Lean Manufacturing tools such as SMED and 5S, it is proposed to reduce format change time and improve the conditions of the production line space.*

Currently, the food and beverage sector play a fundamental role in the social and economic sphere. Technology and globalization have led to an increase in demand, offering a wide range of innovative products. This scenario has driven many companies to improve their production processes by employing Lean Manufacturing tools such as Single Minute Exchange of Die (SMED) and the 5S methodology. The objectives of this study are to reduce setup time on production line 4 through the implementation of SMED and to apply the 5S methodology to improve workspace conditions in the production line. By reducing setup time using the SMED tool, productivity and OEE increased by a range of 2.36% to 3.28% and 2.83% to 3.04%, respectively. Additionally, the implementation of the 5S methodology improved workspace conditions by 21 points compared to the initial state.

Keywords: *Single Minute Exchange of Die (SMED), 5S, time reduction, machine availability, Lean Manufacturing.*

Mejora de productividad en el proceso de envasado de una empresa de bebidas aplicando SMED y 5S

Bellatin-Torres Marianna Milagros¹; Diaz-Ascarza Eduardo Alexander²; Urbina-Rivera Carlos Medardo³
^{1,2,3}Carrera de Ingeniería Industrial, Universidad de Lima, Lima, Perú, 20200249@aloe.ulima.edu.pe,
20200692@aloe.ulima.edu.pe, curbina@ulima.edu.pe

Resumen – Objetivo: Proponer un modelo de mejora en el área de producción para aumentar la productividad. **Métodos:** Aplicando herramientas de Lean Manufacturing como SMED y 5S se propone reducir el tiempo de cambios de formatos y mejorar las condiciones del espacio de la línea de producción.

En la actualidad, el sector de alimentos y bebidas cumple un rol fundamental en el ámbito social y económico. La tecnología y la globalización han generado un incremento en la demanda con una amplia gama de productos innovadores. Dicho escenario, ha generado que varias empresas opten por mejorar sus procesos de producción, para lo cual se emplearon herramientas de Manufactura Esbelta como Single Minute Exchange of Die (SMED) y la herramienta 5S. Los objetivos del presente trabajo es disminuir el tiempo de set up en la línea de producción 4 a través de la implementación de la herramienta SMED e implementar la herramienta 5S para mejorar las condiciones del espacio de trabajo de la línea productiva. A través de la reducción en el tiempo de set up con la herramienta SMED, la productividad y el OEE se incrementaron en un rango del 2.36% a 3.28% y 2.83% a 3.04% respectivamente. Adicionalmente, el uso de la herramienta 5S permitió mejorar las condiciones del espacio en 21 puntos con respecto a la situación inicial.

Keywords: Single Minute Exchange of Die (SMED), 5S, disminución de tiempo, disponibilidad de máquinas, Lean Manufacturing.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas industriales buscan llegar a más mercados, siendo más productivos y reduciendo costos en el proceso. Una filosofía implementada en los últimos años es la de Lean Manufacturing la cual incluye distintas herramientas. De igual manera, la Ref. [1] comentan que actualmente las empresas adoptan metodologías de producción las cuales ayuden a reducir los costos y maximizar los beneficios.

Por otra parte, en un proceso existen diferentes tipos de pérdidas las cuales buscan mitigarse. Estas pérdidas pueden clasificarse en varios tipos. Ref. [2], los clasifica en 4 tipos: pérdidas durante el cierre, en la limpieza, en el cambio de formato y en el arranque. Asimismo, Ref. [3] las clasifica en 6 tipos: pérdidas por averías, por cambios de formato, por pequeñas paradas, por velocidad, por defectos de calidad y por rendimiento.

Una de las herramientas que permite reducir las pérdidas generadas en el cambio de formato es Single Minute of Exchange (SMED), la cual se compone de una sucesión de 4 etapas que permiten minimizar los tiempos del proceso y eliminar actividades que no agreguen valor al sistema tal como mencionan Ref. [4] y Ref. [5].

Un indicador clave para el uso de la herramienta SMED es el Overall Equipment Effectiveness (OEE), ya que tal como señalan diversos autores dicha herramienta influye en el factor de disponibilidad y en consecuencia en el índice del OEE. Ref. [9] menciona que el valor promedio en las industrias de alimentos y bebidas es un esperado del 71%.

La aplicación del SMED se compone de 4 etapas: Identificar todas las actividades involucradas en el proceso, clasificar las actividades internas y externas, convertir las actividades internas en externas y mantener y mantener dichos cambios [4] [5] [6]. Una actividad externa es toda aquella que se puede realizar cuando la máquina se encuentra encendida; mientras que las actividades internas son todas aquellas que requieren que la máquina esté detenida para ejecutarlas. Debido a esto, es importante eliminar las actividades externas que no aporten valor al proceso, reduciendo de esta forma aproximadamente un 45% del tiempo de set up total. Los beneficios que generan la aplicación de la herramienta SMED son la mejora de tiempo, mejora de la productividad, mejora en costos, disminución de

¹ Davalos, J. E., Luna, A. E., Miñan, S. G., Valderrama, W. M., & Rivera, V. Y. (2023). Single Minute Exchange of Die (SMED) to improve productivity in the industrial sector. A systematic review of the literature from 2012 to 2022.

² Stapelbroek, M., Kilic, O. A., Ying, Y., & Van Donk, D. P. (2022). ELIMINATING PRODUCTION LOSSES in CHANGEVER OPERATIONS: a CASE STUDY on a MAJOR EUROPEAN FOOD MANUFACTURER.

³ Nikolić, J., Dasic, M., & Djapan, M. (2023). SMED as an indispensable part of lean manufacturing in the small and medium enterprises.

⁴ Miranda-López, Y., Toledo-Loza, F., & Altamirano-Flores, E. (2022). Optimization model to increase the efficiency of the flexible packaging production process applying the Johnson Method, SMED and TPM in a SME in the plastics sector.

⁵ Haddad, T., Shaheen, B., & Németh, I. (2021). Improving overall equipment effectiveness (OEE) of extrusion machine using lean manufacturing approach.

⁶ Parwani, V., & Hu, G. (2021). Improving manufacturing supply chain by integrating SMED and production scheduling.

cantidad de merma [1] [3] [7]. Cabe mencionar que según Ref. [10] la productividad puede aumentar hasta un 9% a 10%.

Con la finalidad de potenciar los efectos de la herramienta SMED, en diversas industrias de alimentos y bebidas utilizan herramientas complementarias como 5S para clasificar y eliminar el desperdicio. La estandarización del trabajo ayuda a eliminar el desperdicio y a disminuir los tiempos por las actividades innecesarias y a tener más procedimientos claros [8]. La implementación de 5S consiste en tener el área de trabajo limpia y ordenada y difundirlo por las distintas áreas de la compañía [9]. Esta herramienta se compone de 5 fases: clasificación, ordenar, limpieza, estandarización y disciplina. Por ello, se propone implementar ambas herramientas y validar los efectos que pueden originar en la empresa de estudio.

II. CONTRIBUCIÓN

La Empresa ABC pertenece al sector de alimentos y bebidas, y dentro de su portafolio de marcas encontramos distintos productos como los néctares o jugos, bebidas carbonatadas, aguas de mesa, hidratantes, energizantes, tés y bebidas ligeras.

La empresa en estudio cuenta 10 líneas de producción; sin embargo, las líneas 04 y 05 son las más afectadas por problemas de ineficiencia. El problema de la línea 04 es causado por el tiempo excesivo de paradas rutinarias (RD) el cual equivale al 38.21% del total de paradas anuales. Dentro de dichas paradas RD el 70.30% corresponden a paradas por cambio de formato. Esto se ve reflejado en un bajo indicador del OEE, cuyo valor promedio es de 64.41%, casi 7 puntos porcentuales por debajo del valor referencial del sector (71%) [9]. De igual manera, los niveles de productividad promedio estaban bajos, en 190 L/H aproximadamente, cuando en realidad se espera que esté 9% por encima; es decir, en 207 L/H [10]. En relación al tiempo de set up, este indicador estaba muy elevado al ser 150 minutos el

tiempo promedio que demoraba un cambio de formato, cuando en realidad se espera una reducción del tiempo en un rango del 30% al 45% como ocurre en otras compañías del sector [3] [9]. El problema también radica en la desorganización y suciedad en el área de trabajo. Por todo ello, en la presente investigación se plantea el uso de herramientas de Lean Manufacturing como lo son SMED y 5S.

Con el objetivo de delimitar el universo, se eligieron las líneas de producción que producen más de un SKU, debido a que en estas se realiza el cambio de formato: línea 4 y línea 5. En base a ello, se utilizó un muestreo con universo conocido para determinar el tamaño ideal de la muestra.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Para determinar el tamaño de muestra se colocaron los siguientes parámetros: un universo de 2 líneas, Z de 1.96, un error porcentual del 5%, p equivalente al 95% y q equivalente al 5%.

$$n = \frac{2 * 1.96 * 0.95 * 0.05}{0.05 * (2 - 1) + 1.96 * 0.95 * 0.05}$$

Basándonos en un muestreo no probabilístico, el tamaño de la muestra se reduce a 1 línea, específicamente abarcaremos la número 4 debido a que presenta la mayor cantidad y variedad de SKUS, por lo cual se puede evidenciar el impacto de la mejora en los tiempos de cambio de formato.

En la figura 1 se muestra el árbol de problemas de la línea de producción 04, en la cual se aborda principalmente el motivo 2: Mayor tiempo de paradas por cambio de formato.

⁷ Stuglik, J., Gródek-Szostak, Z., & Kajrunajtyś, D. (2019). The use of the SMED method in improvement of production enterprises.

⁸ Condo Palomino, R. A., Cruz Barreto, L. R. & Quiroz, J. C. (2022). Increased equipment performance in agro-industrial companies through a maintenance model based on the TPM approach.

⁹ García-García, G., Singh, Y., & Jagtap, S. (2022). Optimising changeover through Lean-Manufacturing principles: a case study in a food factory.

¹⁰ Punna Rao, G. V., Nallusamy, S., Chakraborty, P. S., & Muralikrishna, S. (2020). Study on Productivity Improvement in Medium Scale Manufacturing Industry by Execution of Lean Tools.

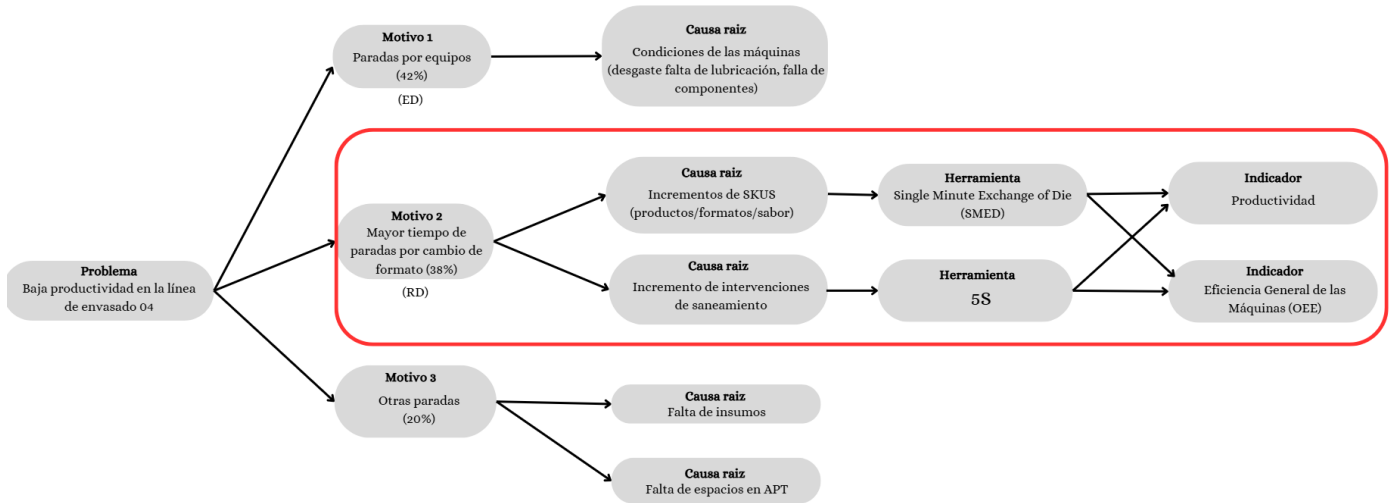


Fig. 1 Árbol de problemas

El objetivo general para solucionar el problema presentado es proponer un modelo de optimización en el área de producción para elevar la productividad reduciendo los tiempos de operación mediante el uso de la herramienta SMED y 5S en una empresa de bebidas. Lo que se busca es disminuir el tiempo de cambio de formato en la línea de producción 04 a través de la aplicación de la herramienta SMED, mejorar el valor del

indicador de Eficiencia General de las Máquinas (OEE) e implementar 5S para mejorar las condiciones del espacio de trabajo en dicha línea. En la figura 2 se presentan las etapas a ejecutar a través de la herramienta DMAIC el cual nos ayuda para establecer un orden en el presente estudio.



Fig. 2 Modelo Funcional.

Aplicando la metodología DMAIC, la primera etapa del modelo funcional consiste en definir el problema en cuestión, lo cual se realizó anteriormente con el árbol de problemas. Esta etapa también incluye identificar cada parte del proceso productivo para determinar el área en la que se iba aplicar la mejora; en este caso, se optó por elegir la actividad de envasado debido a que esta área se veía perjudicada por los cambios de formato que se realizaban en excesivo tiempo. Asimismo, también se identificaron todas las etapas que conforman al cambio de formato. Seguidamente, se identificaron las actividades externas e internas del cambio de formato.

La siguiente etapa se basa en realizar una medición de tiempos del proceso elegido para implementar la herramienta SMED. Se documentó un total de 50 actividades que realiza un operario en el cambio de formato con un tiempo de 150 minutos aproximadamente, el cual fue determinado mediante la toma de tiempos de 30 muestras. Cabe mencionar que en esta etapa se buscó conocer la situación inicial de la empresa, midiendo algunos indicadores que se detallarán posteriormente.



Fig. 7 Toma de tiempos.

Descripción	Simbología Cambio de Formato Llenadora						Tiempo
	Operación	Inspección	Actividad Combinada	Transporte	Demora	Almacenaje	
Tipo de Actividades	○	□	⊗	➡	⏸	▽	Minutos
Simbolo	○	□	⊗	➡	⏸	▽	
Totales	19	13	8	7	1	5	150

Fig. 8 DAP actividades iniciales.

Adicionalmente, en las visitas a la línea de producción se visualizó una mala organización y oportunidades de mejora, las cuales también se midieron al realizar una auditoría con el diagrama radial 5S (figura 3).

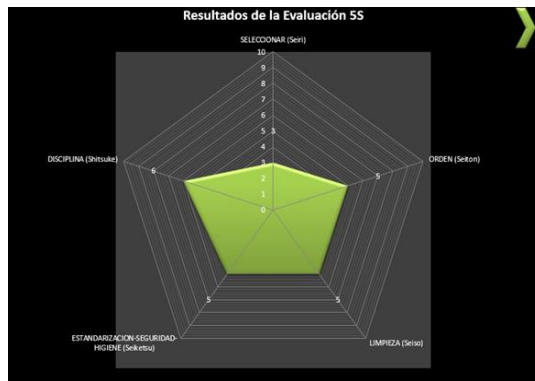


Fig. 3 Auditoría inicial 5S

La tercera etapa consiste en analizar toda la información recopilada para implementar la mejora con las herramientas 5S y SMED. En relación a la herramienta SMED, se detectaron 5 actividades internas que podrían ser catalogadas como actividades externas, disminuyendo 10 minutos al proceso. De igual manera, se detectaron actividades internas que no suman valor al proceso disminuyendo 23 minutos adicionales. Adicionalmente, se detectaron actividades que podrían realizarse en paralelo con la incorporación de un operario adicional, están se realizaban de forma secuencial, reduciendo 35 minutos adicionales.

Por otro lado, se observa que en el diagrama radial 5S el principio de “Seleccionar” tiene el menor puntaje (3 puntos) en comparación con los otros 4 principios los cuales se encuentra en un rango de 5 y 6 puntos, los cuales se consideran igualmente bajo. Por dicho motivo surge la necesidad de implementar un plan de limpieza básica a través del uso de la herramienta 5S.

La cuarta etapa del modelo funcional consiste en mejorar el estado actual con la implementación de las herramientas. En primera instancia, se comenzó con la implementación de 5S para disponer de un espacio de trabajo más organizado y limpio y con ello potenciar los efectos de la herramienta SMED.

A. 5S en el sector de bebidas

Se comenzó con la fase de “Seleccionar”, para lo cual fue necesario eliminar los desperdicios, objetos y herramientas que no se requieren en el proceso. En la cabina (figura 4) se observan piezas de repuestos, bolsas de plástico, engranajes, lubricadores y botellas defectuosas, los cuales se eliminaron de la zona de trabajo por completo. De esta manera, solo se dejaron las herramientas necesarias como las láminas termo contraíbles, moldes, huincha, entre otros.

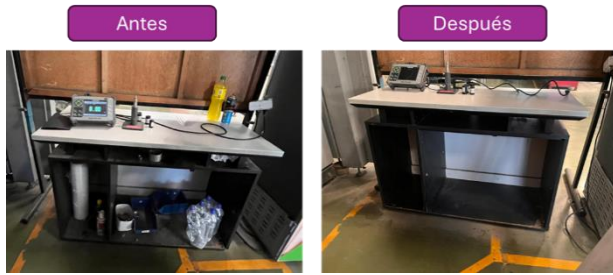


Fig. 4 Organización del escritorio

En segundo lugar, se continuó con la fase de “Ordenar”, en la cual básicamente se acomodaron los objetos que eran indispensables para el trabajo. Las herramientas más pequeñas se almacenaron en depósitos transparentes con rótulos, se utilizaron controles visuales y un layout para delimitar la ubicación de materiales como las paletas y cartones para separar los paquetes y se realizó la ubicación de los separadores. Anteriormente, al no tener un lugar establecido eran colocados en el piso, pudiendo ocasionar un accidente. Debido a esto, se le asignó un estante temporal, en el cual los operarios deben colocarlo una vez terminado su uso y pueden clasificarlos según su tamaño.

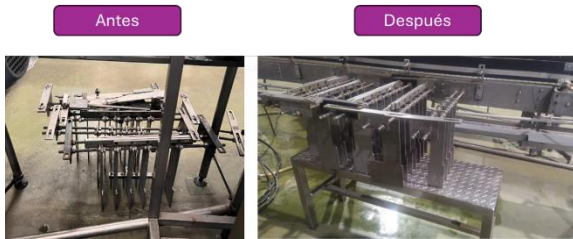


Fig. 5 Reubicación de separadores.

En tercer lugar, se implementó la fase de “Limpiar”, para lo cual se utilizaron cilindros de jarabe como depósitos de desperdicios. Con ayuda de los ingenieros y coordinadores se vio factible reutilizar algunos cilindros de jarabe para que sirvan como contenedores de desechos, segmentando de esta forma los residuos de la planta. Dichos cilindros fueron limpiados y puestos a las afueras de la línea.



Fig. 6 Reutilización de contenedores

Posteriormente, se implementó la fase de “Estandarizar”, para lo cual se utilizaron controles visuales para que todos los

operarios puedan guiarse. Se utilizaron cintas amarillas para demarcar áreas de almacenamiento y áreas de trabajo y cintas rojas para zonas de riesgo y de materiales innecesarios.

Finalmente, para la fase de “Disciplina” se realizó un seguimiento diario y semanal a través de un Checklist 5S con la finalidad de que los operarios cumplan con las políticas de orden y limpieza. Adicionalmente, se realizó capacitaciones para que los operarios sean conscientes de las mejoras que conlleva la implementación de dicha herramienta. Se buscó lograr una buena disciplina y mejora continua en este proceso.

B. Single Minute Exchange of Die (SMED)

Luego de la implementación de 5S, se procedió a realizar las mejoras planteadas en la etapa de análisis para la herramienta SMED, comenzando con la eliminación de actividades internas que no agregan valor, luego transformando otras actividades internas en externas y finalmente con la realización de algunas actividades en paralelo.

De esta forma, se obtiene una disminución total del tiempo del cambio de formato de 68 minutos, lo que equivale a un 45% aproximadamente.

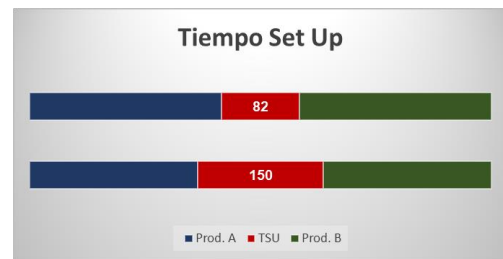


Fig. 8 Tiempo de Set Up.

Descripción	Simbología Cambio de Formato Llenadora						Tiempo
	Operación	Inspección	Actividad Combinada	Transporte	Demora	Almacenaje	
Tipo de Actividades	○	□	⊗	➡	⏸	▽	Minutos
Símbolo	○	□	⊗	➡	⏸	▽	
Totales	18	9	5	2	0	5	82.5

Fig. 9 DAP actividades después de SMED

Finalmente, se puso en marcha la última etapa del modelo funcional, la cual consiste en controlar y monitorear que los cambios aplicados se mantengan, a través de la implementación de Checklist para los operarios.

III. RESULTADOS

Con la finalidad de validar si la mejora trajo consigo resultados significativos, se evaluarán los siguientes indicadores: productividad, OEE y tiempo de set up.

El Overall Equipment Effectiveness (OEE) es un indicador que mide el tiempo productivo real de la máquina en términos porcentuales [9].

$$OEE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad \quad (1)$$

$$Disponibilidad = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo disponible para producción}} \quad (2)$$

$$Rendimiento = \frac{\text{Tiempo productivo neto}}{\text{Tiempo productivo}} \quad (3)$$

$$Calidad = \frac{\text{Tiempo de operación útil}}{\text{Tiempo productivo neto}} \quad (4)$$

Adicionalmente, se considera el tiempo no productivo (NPF) y el tiempo de paradas externas como lo son las paradas planeadas (PD), organizacionales (OD), de equipo (ED), operacionales (OPD), paradas de arranque y paradas de CIP

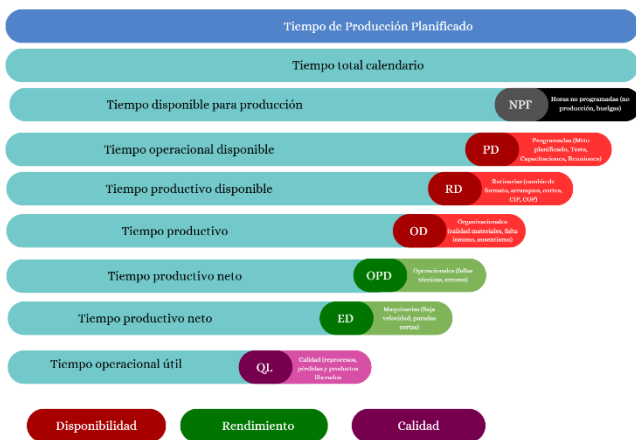


Fig. 12 Tiempos productivos.

Cabe mencionar que la disminución en el tiempo de paradas RD (cambios de formatos, paradas de arranque y CIP) específicamente en las paradas de cambio de formato, produciría un incremento en el indicador de disponibilidad, y de forma indirecta aumenta también el indicador de rendimiento al estar aumentando el tiempo productivo, produciendo de esta forma un aumento en el indicador del OEE. Para la empresa en estudio el tiempo de paradas por cambios de formato equivale a un 70.30% del tiempo total de paradas RD, seguidamente de paradas de CIP con 17.68% y paradas de arranque con un 12.02%.

Por otra parte, la productividad es un indicador que mide la eficiencia con la que aprovechan los recursos [11], en este caso el recurso hora hombre.

$$Productividad = \frac{\text{Litros producidos}}{\text{Horas hombres}} \quad (5)$$

De igual manera, el tiempo de set up evalúa la mejora en los tiempos del cambio de formato haciendo una comparación entre el tiempo inicial y final [9]. Estos pueden ser medidos en minutos o en términos porcentuales.

$$TSU(\%) = \frac{TSU\ inicial - TSU\ final}{TSU\ inicial} * 100 \quad (6)$$

$$TSU = TSU\ inicial - TSU\ final \quad (7)$$

Se espera que estos indicadores alcancen los niveles del sector mencionados anteriormente. Sin embargo, debido a la falta de tecnología, recursos, cultura y curvas de aprendizaje lentas en la empresa, se trazó una meta realista por debajo de los valores ideales del sector, pero muy por encima de los actuales.

TABLA I
MATRIZ DE RESULTADOS ESPERADOS

Indicador	As is	To be	Valor referencial
Productividad (L/H)	190	196	207
OEE	65%	69%	71%
TSU (min)	150	90	82.5

Con ayuda del software Arena, se realizó una simulación con todas las actividades del proceso de envasado e incluyendo el cambio de formato, el cual es un proceso necesario para continuar con el proceso de producción del siguiente formato. El cambio de formato inicia cuando el proceso de llenado haya concluido, es decir, cuando el tanque se encuentre vacío. Posterior al cambio de formato, se realiza la reposición de llenado del tanque en base al tipo de SKU a producir y el proceso se repite.

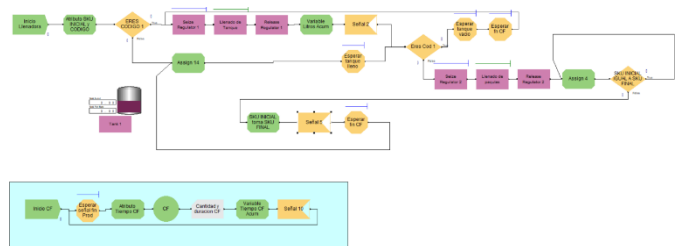


Fig. 10 Simulación Arena.

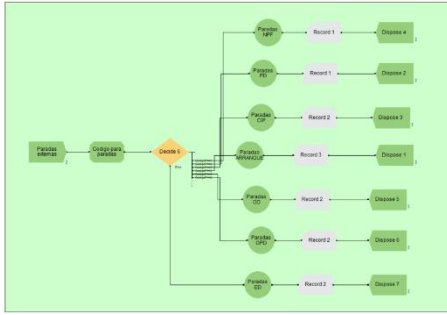


Fig. 11 Simulación Arena.

Seguidamente, se presentan los resultados alcanzados en la simulación de Arena.

TABLA II
MATRIZ DE RESULTADOS OBTENIDOS

Indicador	Unidades	Intervalo de confianza Base	Intervalo de confianza Mejora
Productividad	L/H	190.48 – 192.60	194.99 – 196.73
OEE	%	64.61% – 66.47%	67.65% - 69.30%
TSU	Minutos	151.95 – 152.03	83.95 – 84.03

La reducción en el tiempo de paradas se ve reflejado en un aumento del OEE en un rango de entre 2.83% a 3.04% y en un incremento de la productividad en aproximadamente un rango de entre 2.36% a 3.28%. En base a los valores referenciales obtenidos, el OEE se acercó más el estándar del sector (71%), obtenido un valor aproximado de 67.65% a 69.30% y en el caso de la productividad estuvo por debajo de lo esperado en 7 puntos porcentuales. Por otra parte, el tiempo de set up disminuyó a 83 minutos, estando muy cerca del esperado por el sector.

Tomando 12 muestras se presentan los resultados de los indicadores obtenidos.



Fig. 12 OEE resultados.



Fig. 13 Productividad resultados.



Fig. 14 TSU resultados.

Por otra parte, los resultados alcanzados de la aplicación de la herramienta 5S en la prueba piloto fueron favorables, aumentando en todas las disciplinas que conforman las 5S. Para dicha evaluación, se realizó una auditoría final con el diagrama radial y, posteriormente, se compararon los resultados obtenidos con los valores iniciales de cada S.

Cabe mencionar que la mejora también fue resultado de los Checklist implementados para realizar un seguimiento constante y validar el correcto cumplimiento del plan, así como también se realizaron capacitaciones constantes a los trabajadores.



Fig. 13 Auditoría final 5S

Se presentan los resultados obtenidos del diagrama radial en la siguiente tabla.

TABLA III
MATRIZ DE RESULTADOS BASE

5S	Puntaje Base	Puntaje Mejora	Incremento
Seleccionar	3	9	+6
Ordenar	5	8	+3
Limpiar	5	9	+4
Estandarizar	5	9	+4
Disciplina	6	10	+4

IV. DISCUSIÓN

Tras la evaluación de los resultados, se concluye que el aumento del OEE finalmente estuvo en un rango de entre 2.83% a 3.04%, obteniendo un valor aproximado de 67.65% a 69.30%. Dicho porcentaje es muy cercano al 71% mencionado por los autores, lo cual se debe a que el estudio se implementó en una industria de manufactura alimentaria similar a la de los artículos. Un factor relevante del caso de estudio del artículo que posiblemente permitió obtener el valor de 71% del OEE fue que se incluyó un salto de línea de producción, eliminando la necesidad de realizar constantes cambios de formato, lo cual en este caso no se evaluó [9].

De igual forma que Ref. [9] nos centramos en el factor de disponibilidad, pero principalmente porque dentro de dicho factor se encontraban las paradas por los cambios de formatos. Ambos estudios coinciden en que los causantes de un bajo porcentaje de disponibilidad son los tiempos de set up.

Por otro lado, se incrementó de la productividad en aproximadamente un rango de entre 2.36% a 3.28%, obteniendo un valor entre 194.99 – 196.73 L/H. Dicho porcentaje es menor al esperado, debido a que los autores señalan que idealmente las industrias manufactureras deben apuntar a incrementar su productividad en un 9%. Dicha diferencia puede deberse a que la mejora del artículo fue evaluada en un sector distinto al ser una industria de correas y no de alimentos y bebidas, por lo que los procesos de producción y cambios de formato probablemente son muy diferentes entre sí [10].

Finalmente, el tiempo de set up se disminuyó en un 45%; es decir su tiempo total fue de 83 minutos, muy cerca al esperado en el sector, debido a que artículos se menciona que es necesario disminuir este indicador en un 44-45% aproximadamente, lo cual coincide con los valores obtenidos en esta investigación. Pese a que el artículo se basó en la implementación en una industria de plásticos, se aplicó exactamente el mismo método y herramientas para lograr la mejora, incluyendo la implementación de 5S. Por todo ello, se asume que los resultados fueron similares [11].

Para el caso de la auditoría inicial se obtuvo un 48% y un resultado final de la prueba piloto nos dio una mejora, obteniendo un 90% en términos porcentuales. Estas mejoras se asemejan a otras en el que pasaron de una auditoría de 5S de 52% al 83% [12]. En ambos estudios se implementaron tarjetas rojas para identificar y eliminar aquellos elementos que no aporten valor al proceso, se delimitaron mejor las áreas de trabajo, se eliminaron los desperdicios y se reubicaron algunos

equipos para no obstaculizar el tránsito y ocasionen algún tipo de accidente.

VI. CONCLUSIONES

El proyecto de investigación evidenció que mediante la aplicación de las herramientas SMED y 5S es posible incrementar la productividad de la línea con mayor cantidad de SKUs en un rango de 2.36% a 3.28%. Para ello, fue necesario disminuir los tiempos del cambio de formato a 83 minutos aproximadamente con la herramienta SMED, aumentar el OEE en un rango de entre 2.83% a 3.04% y mejorar las condiciones del espacio de trabajo con 5S.

Finalmente, la implementación de estas herramientas permitió optimizar tiempos y procesos, sin dejar de lado el factor humano, debido a que se capacitó constantemente a los trabajadores y se generó una cultura de cambio enfocada en buscar mejoras y eficiencias. Al aplicar estas mejoras, se crea un entorno de trabajo cómodo y flexible, en donde el trabajador es el centro de todo; este comprende su rol y contribuye activamente a buscar propuestas que ayuden a mejorar su trabajo. De esta manera, se podría extender la mejora en las otras líneas de producción para elevar aún más la productividad de la compañía e inclusive incluir herramientas más avanzadas como Manufactura Predictiva, sistemas MES (Manufacturing Execution System), entre otras.

REFERENCES

- [1] Davalos, J. E., Luna, A. E., Miñan, S. G., Valderrama, W. M., & Rivera, V. Y. (2023). Single Minute Exchange of Die (SMED) to improve productivity in the industrial sector. A systematic review of the literature from 2012 to 2022. Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology. <https://laccei.org/LACCEI2023-BuenosAires/meta/FP489.html>
- [2] Stapelbroek, M., Kilic, O. A., Ying, Y., & Van Donk, D. P. (2022). Eliminating production losses in changeover operations: a case study on a major European food manufacturer. *Production Planning & Control*, 1-14. <https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2136041>
- [3] Nikolić, J., Dasic, M., & Djapan, M. (2023). SMED as an indispensable part of lean manufacturing in the small and medium enterprises. *International Journal for Quality Research*, 17(1), 255-270. <https://doi.org/10.24874/ijqr17.01-16>
- [4] Miranda-López, Y., Toledo-Loza, F., & Altamirano-Flores, E. (2022). Optimization model to increase the efficiency of the flexible packaging production process applying the Johnson Method, SMED and TPM in a SME in the plastics sector. Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: "Education, Research and Leadership in Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions". <https://doi.org/10.18687/laccei2022.1.1.748>
- [5] Haddad, T., Shaheen, B., & Németh, I. (2021). Improving Overall equipment Effectiveness (OEE) of extrusion machine using lean

¹¹ Maalouf, M. M., & Zaduminska, M. (2023). A case study of VSM and SMED in the food processing industry.

¹² Quiroz-Flores, J. C., Alva-Altamirano, H. E., & Soldevilla-Bacchas, R. A. (2023). Application of mixed methodologies to increase the productivity of an agro-industrial company.

- manufacturing approach. *Manufacturing Technology*, 21(1), 56-64. <https://doi.org/10.21062/mft.2021.006>
- [6] Parwani, V., & Hu, G. (2021). Improving manufacturing supply chain by integrating SMED and production scheduling. *Logistics*, 5(1), 4. <https://doi.org/10.3390/logistics5010004>
- [7] Stuglik, J., Gródek-Szostak, Z., & Kajrunajtys, D. (2019). The use of the SMED method in improvement of production enterprises. E3S web of conferences, 132, 01022. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913201022>
- [8] Condo Palomino, R. A., Cruz Barreto, L. R. & Quiroz, J. C. (2022). Increased equipment performance in agro-industrial companies through a maintenance model based on the TPM approach. Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: "Education, Research and Leadership in Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions". <https://doi.org/10.18687/laccei2022.1.1.77>
- [9] Quiroz Flores, J. C., & Vega-Alvites, M. L. (2022). Review Lean Manufacturing model of production management under the preventive maintenance approach to improve efficiency in plastics industry smes: a case study. *The South African Journal of Industrial Engineering*, 33(2), 143–156. <https://doi.org/10.7166/33-2-2711>
- [10] Punna Rao, G. V., Nallusamy, S., Chakraborty, P. S., & Muralikrishna, S. (2020). Study on Productivity Improvement in Medium Scale Manufacturing Industry by Execution of Lean Tools. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 48, 193–207. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/jera.48.193>
- [11] Evteev, S. (2023). Sobre la cuestión de la evaluación y el análisis de la productividad laboral. *Notas científicas de la Academia Rusa de Emprendimiento*. <https://doi.org/10.24182/2073-6258-2023-22-1-9-14>
- [12] Quiroz Flores, J. C., & Vega-Alvites, M. L. (2022). Increased machine availability in a plastic injection molding plant through the implementation of TPM and Lean Manufacturing tools: An Empirical Research in Perú. *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology: "Education, Research and Leadership in Post-Pandemic Engineering: Resilient Inclusive and Sustainable Actions"*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.185>
- [13] Maalouf, M. M., & Zaduminska, M. (2023). A case study of VSM and SMED in the food processing industry. *Management and Production Engineering Review*, 10(2), 60-68. <https://doi.org/10.24425/mper.2019.129569>
- [14] Sahin, R. & Kologlu, A. (2022). A case study on reducing setup time using SMED on a Turning Line. *Gazy University Journal of Science*, 35(1), 60-71. <http://dx.doi.org/10.35378/gujs.735969>
- [15] García-García, G., Singh, Y., & Jagtap, S. (2022). Optimising changeover through Lean-Manufacturing principles: a case study in a food factory. *Sustainability*, 14(14), 8279. <https://doi.org/10.3390/su14148279>
- [16] Quiroz-Flores, J. C., Alva-Altamirano, H. E., & Soldevilla-Bacchas, R. A. (2023). Application of mixed methodologies to increase the productivity of an agro-industrial company. 21st LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, And Technology: "Leadership In Education And Innovation In Engineering In The Framework Of Global Transformations: Integration And Alliances For Integral Development". <https://doi.org/10.18687/laccei2023.1.1.185>