

LEAN SIX SIGMA LOGISTICS EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN TRADICIONAL

LEAN SIX SIGMA LOGISTICS ON A TRADITIONAL PRODUCTION LINE

Dasiel Díaz Sanchidrian

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
M2103043@itcelaya.edu.mx

Vicente Figueroa Fernández

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
vicente.figueroa@itcelaya.edu.mx

José Alfredo Jiménez García

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
josealfredo.jimenez@itcelaya.edu.mx

Salvador Hernández González

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
salvador.hernandez@itcelaya.edu.mx

Recepción: 29/octubre/2022

Aceptación: 19/mayo/2023

Resumen

El objetivo de esta investigación es presentar un caso de estudio en una línea de producción tradicional y mejorar su eficiencia aplicando Lean Six Sigma Logistics y simulación de procesos. Lean Six Sigma Logistics es una metodología de trabajo integrada por la filosofía Lean y la metodología Seis Sigma orientadas a la Logística. Mediante su aplicación se logra la eliminación de desperdicios y la reducción de la variabilidad de los procesos al mismo tiempo que aumenta la velocidad y el flujo de la cadena de suministro.

El ciclo de mejora continua DMAIC, es la metodología iterativa de mejora usada por Seis Sigma, compuesto por las etapas definir, medir, analizar, mejorar y controlar. El Mantenimiento Productivo Total (TPM), Jidoka y 5'S, son herramientas de la filosofía Lean que se enfocan en eliminar desperdicios y mejorar la producción, estas herramientas son utilizadas frecuentemente dentro de la metodología DMAIC como parte de las etapas analizar y mejorar. Estas metodologías fueron aplicadas

en el caso de estudio con el propósito de encontrar causas que disminuyeran la productividad y poder hacer propuestas de mejora. Se utilizó la simulación de procesos como herramienta de apoyo, la cual permite visualizar mejor el proceso actual, realizar un análisis más completo de los diferentes escenarios y tomar mejores decisiones. Como resultado de la implementación simulada de Lean Six Sigma Logistics en esta línea de producción, se logra la reducción de los tiempos de operación, se aumenta la productividad y se mejoran la calidad de producción.

Palabras Clave: Logística, Manufactura Esbelta, Seis Sigma, Simulación de procesos.

Abstract

The objective of this research is to present a case study in a traditional production line and improve its efficiency by applying Lean Six Sigma Logistics and process simulation. Lean Six Sigma Logistics is a work methodology integrated by the Lean philosophy and the Six Sigma methodology oriented to Logistics. Its application achieves the elimination of waste and the reduction of process variability while increasing the speed and flow of the supply chain.

The DMAIC continuous improvement cycle is the iterative improvement methodology used by Six Sigma, consisting of the stages define, measure, analyze, improve and control. Total Productive Maintenance (TPM), Jidoka and 5'S, are tools of the Lean philosophy that focus on eliminating waste and improving production, these tools are frequently used within the DMAIC methodology as part of the analyze and improve stages. These methodologies were applied in the case study with the purpose of finding causes that decrease productivity and to be able to make proposals for improvement. Process simulation was used as a support tool, which allows a better visualization of the current process, a more complete analysis of the different scenarios and better decision making. As a result of the simulated implementation of Lean Six Sigma Logistics in this production line, the reduction of operating times is achieved, productivity is increased and production quality is improved.

Keywords: Logistics, Lean Manufacturing, Six Sigma, Process Simulation.

1. Introducción

La metodología Lean Six Sigma Logistics posibilita la mejora continua de los procesos, para aumentar el rendimiento, la productividad y la rentabilidad empresarial. Es el logro de un esfuerzo conjunto para la reducción de los costos y variación de los procesos, sus tiempos y sus residuos. Asimismo, se enfoca en el aumento de la calidad del proceso y de la satisfacción de clientes y empleados. Por lo tanto, su implementación en el sector empresarial contribuye a aumentar los niveles de productividad y competitividad [Ramírez, López, Hernández, & Morejón, 2021]. Lean Six Sigma Logistics ha emergido como parte de las innovaciones en la administración de operaciones, esta no es más que la integración de las recientes metodologías Seis Sigma y Manufactura Esbelta (Six Sigma y Lean Manufacturing, como se les conoce en inglés), orientadas a la logística y las cadenas de suministro. Su aplicación en diferentes empresas ha demostrado una mejora continua, basándose en la reducción de costos y tiempos de procesos.

La principal herramienta de solución de problemas aplicada en Seis Sigma es la metodología DMAIC, que es el acrónimo de las letras iniciales de cada una de sus fases: Definir (Define), Medir (Measure), Analizar (Analyze), Mejorar (Improve) y Controlar (Control). DMAIC es un método iterativo que sigue un formato estructurado y disciplinado basado en el planteamiento de una hipótesis, la realización de experimentos y su subsecuente evaluación para confirmar o rechazar la hipótesis previamente planteada [J. Ocampo, 2012].

Lean Manufacturing es una metodología que busca eliminar el desperdicio en los procesos de producción. Se han identificado 8 tipos de desperdicios en el Lean Manufacturing que deben ser eliminados para mejorar la eficiencia y la productividad en las empresas [Oliveira et al., 2021]:

- uno de los principales tipos de desperdicios es el exceso de inventario, que implica tener más materiales o productos de los necesarios en el proceso de producción [Bregman et al., 2020].
- el transporte innecesario también es un desperdicio común, ya que puede generar costos adicionales y aumentar el tiempo de producción [Fonseca et al., 2020].

- el tiempo de espera es otro desperdicio común en los procesos de producción, ya que puede retrasar la producción y aumentar los costos [Oliveira et al., 2021].
- el exceso de procesamiento también puede generar desperdicio, ya que implica realizar más pasos o procesos de los necesarios para obtener el resultado deseado [Bregman et al., 2020].
- la producción excesiva es otro tipo de desperdicio que puede generar costos innecesarios y afectar la calidad del producto final [Fonseca et al., 2020].
- los productos no conformes también generan desperdicio, ya que pueden requerir retrabajos o incluso la eliminación del producto [Oliveira et al., 2021];
- el talento no utilizado también se considera un desperdicio en el Lean Manufacturing, ya que implica no aprovechar las habilidades y conocimientos de los trabajadores para mejorar los procesos [Bregman et al., 2020].
- finalmente, la falta de estandarización en los procesos puede generar desperdicios y aumentar el tiempo de producción [Fonseca et al., 2020].

Según Rivera [2011], uno de los problemas más evidentes en cualquier proceso de producción es el desperdicio asociado al orden y al aseo, normalmente el 60% del total de tiempo improductivo es usado en actividades causadas por el desorden en la planta y en el puesto de trabajo, recoger y sacar la basura, buscar una herramienta o un material perdido, apilar y desapilar cajas, buscar una hoja con órdenes de trabajo, entre otros. El principio básico de un proyecto de optimización es "solucionar primero lo evidente", es decir, enfocar las primeras propuestas de mejora en lograr un ambiente y cultura de trabajo ordenado y limpio. Para esto, una de las herramientas Lean son las "5's", este método facilita la transición de una planta a una cultura basada en mantener el puesto de trabajo limpio y organizado. Las "5's", son iniciales de cinco palabras japonesas cuya transcripción fonética empieza por la letra ese. Cada palabra contiene una recomendación muy concreta sobre la organización del trabajo y estas son:

- seiri: clasificar o seleccionar.
- seiton: orden.

- seiso: limpieza.
- seiketsu: limpieza estandarizada.
- shitsuke: disciplina y compromiso [CEPRIT, 2016].

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es otra de las herramientas de Lean Manufacturing, la cual se compone de una serie de actividades ordenadas y que una vez que son implantadas ayudan al mejoramiento de la competitividad de una organización industrial o de servicios. En pocas palabras, se puede considerar como estrategia, ya que auxilia en la creación de capacidades competitivas mediante la eliminación escrupulosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos de la organización [Hernández Martínez, 2014].

Lazala [2011], dice que “esta metodología se basada en actividades de: mantenimiento predictivo, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo”.

Jidoka también es una herramienta Lean muy utilizada en los sistemas de producción. Permite efectuar un autocontrol de la calidad en el proceso, su objetivo es detectar las fallas para que los productos defectuosos no pasen a las operaciones siguientes y así determinar de forma rápida y solucionar los problemas detectados. Así mismo, logra reducir el número de piezas defectuosas, se controla el proceso mediante su estandarización y los operadores se convierten en inspectores de calidad, ayudándolos a comunicar cualquier inconveniente que exista en la producción [Ortiz Guerrero, 2018].

Por otra parte, la simulación es una de las herramientas que hace posible conocer mejor el sistema en estudio, ya que permite evaluar diversos escenarios considerando múltiples variables de decisión y visualizar su comportamiento a través del tiempo. Los experimentos de simulación se efectúan antes de que el sistema real entre en operación a fin de ayudar en su diseño, ver cómo reaccionaría el sistema a los cambios en sus parámetros operativos o evaluar la respuesta del sistema a los cambios de su estructura [Hernández Arroyo, 2018]. Es por ello por lo que se utiliza la simulación como herramienta que permite visualizar mejor el proceso actual y futuro, realizar un análisis más completo de los diferentes escenarios y tomar mejores decisiones en base a los resultados.

Promodel se considera una herramienta tecnológica de software para simular y experimentar con los procesos que conforman los sistemas que todavía no se han puesto en marcha, o para experimentar con los procesos de sistemas existentes sin que éstos se alteren. Esta técnica es ubicada típicamente dentro de la Ingeniería Industrial y es considerada como una herramienta joven, ya que es en 1960 cuando cobra importancia [García, 2006].

Para aplicar Simulación a los procesos o servicios, es necesario elegir una herramienta que ayude a modelar ingenierilmente los procesos; para desarrollar este caso de estudio la herramienta tecnológica de Simulación elegida ha sido la de Promodel. Su elección se determinó en las ventajas y desventajas del software, las aplicaciones que tiene en el mercado y la metodología que emplea; con el fin de informar y mostrar un panorama sobre el desarrollo de proyectos integrales y aplicativos de simulación.

2. Métodos

Caso de estudio

El proceso de confección de camisas comienza cuando un rollo de tela llega desde el almacén al área de habilitado, posteriormente la tela es enviada hacia la máquina de corte, donde el rollo de tela es cortado en piezas para 120 camisas por cada rollo, por lo que las camisas son fabricadas en lotes de 120. Luego las piezas cortadas pasan hacia la máquina de costura en la que se confeccionan las camisas de manera preliminar para pasar al acabado. Seguidamente las camisas pasan a ser inspeccionadas, las que se encuentren defectuosas pasan nuevamente a la máquina de costura a ser reprocesadas y las demás pasan hacia la banda de empaque para ser transportadas hacia el área de empaque, al mismo tiempo llegan cajas vacías a esta área. En el área de empaque son empacadas 10 camisas en cada caja y se envían hacia la zona de embarque, en esta zona llegan pallets, se cargan las cajas y se envían hacia la banda de embarque. Posteriormente las cajas son enviadas al almacén de productos terminados y los pallets se regresan hacia la banda de tarimas.

Se aplica la metodología DMAIC, desarrollando cada una de sus etapas:

- **Definir:** se define el problema fundamental que presenta la línea de producción con el objetivo de encontrar las principales causas y poder implementar técnicas y herramientas para proponer mejoras.

El problema principal que presenta la línea de producción es la baja productividad.

- **Medir:** se hace una recopilación de los datos del proceso y se establecen las variables que determinan el comportamiento de este para poder realizar la simulación lo más real posible.

Para medir los tiempos de las operaciones se utilizó la técnica de observación directa con el apoyo de un cronómetro durante dos días típicos de 8 horas de trabajo. Se tomaron 15 muestras de los tiempos de cada operación y se calculó su promedio y desviación estándar, los mismos están normalmente distribuidos y se muestran en la tabla 1.

Tabla 1 Distribución de los tiempos de las operaciones.

Operación	Tiempo promedio (min)	Desviación estándar (min)
Habilitado	5	1
Corte	12	1.5
Costura	20	2
Acabado	12	1.5
Inspección	8	1
Empaque	6	0.50

Se observó cierto desorden en los puestos de trabajo y una mala ubicación de las herramientas, incluso algunos puestos tenían objetos que no se relacionan con la operación, provocando a los operarios movimientos innecesarios, desconcentración y demora en encontrar la herramienta adecuada en determinado momento.

La máquina de costura se detiene cada 3 horas y esperan a que llegue el mecánico para darle un mantenimiento de aproximadamente 20 minutos, lo que representa un desperdicio por el tiempo de espera. Durante la operación de inspección se identificó otro tipo de desperdicio, ya que el 30% de las camisas son defectuosas y tienen que ser reprocesadas, el resto continúan hacia la siguiente operación.

Para medir los resultados del proceso serán analizadas las siguientes variables:

- ▲ camisas en proceso.
 - ▲ camisas reprocesadas.
 - ▲ camisas terminadas.
- **Analizar:** para analizar el funcionamiento actual de la línea de producción, se utiliza el software ProModel para simular el proceso y determinar los principales problemas que puedan existir. En la figura 1 se muestra el proceso simulado en Promodel.

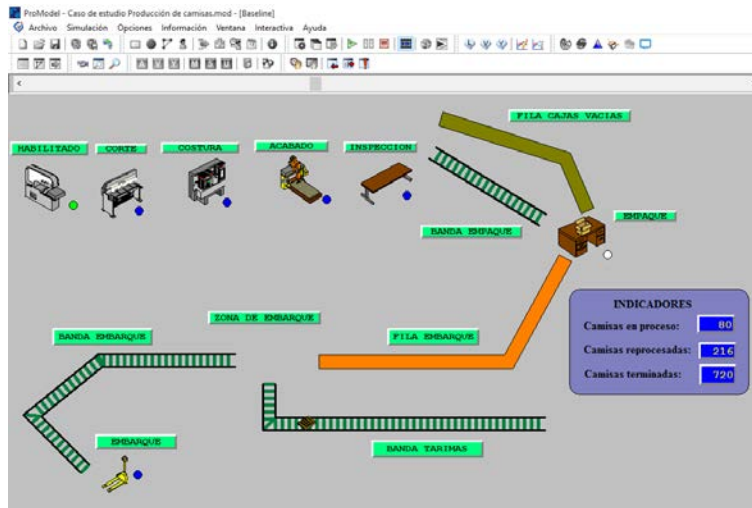


Figura 1 Simulación del proceso en ProModel. Fuente: elaboración propia.

Se determinó el número de corridas necesarias para tener un resultado más cercano a la realidad, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error de una pieza, resultando necesario realizar 24 corridas. Como resultado de una simulación de 8 horas, se obtuvo un promedio de 80 camisas en proceso, 216 camisas reprocesadas y 720 camisas terminadas. El cuello de botella resultó ser la máquina de costura siendo la de mayor porcentaje de operación, además no trabaja al 100% debido a los paros por mantenimiento, a pesar de esto trabaja más del doble que las demás máquinas. En esta máquina también se reprocesan las camisas defectuosas, lo que hace que se desperdicie más tiempo.

- **Mejorar:** una vez identificados los desperdicios y demás situaciones que afectan la productividad del proceso, se procede a proponer mejoras aplicando técnicas y herramientas de Lean Manufacturing.

Se comienza con la aplicación de las 5's porque constituye el primer paso a realizar para transformar un sistema de producción convencional a un sistema de Manufactura Esbelta. Se eliminan de las áreas todo lo que sea innecesario, dejando sólo las herramientas y materiales imprescindibles para realizar cada operación. Se realiza una mejor ubicación de los puestos y materias primas a utilizar con el objetivo de disminuir movimientos innecesarios y que todos los pasillos de tránsito se encuentren despejados. Se propone la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), de esta forma se diseña un sistema de mantenimiento preventivo planificado a todas las máquinas de la línea de producción, principalmente a la máquina de costura que constituye el cuello de botella y es la que más roturas presenta en plena producción. De esta forma se logra reducir la frecuencia de roturas diarias. Además, esta técnica también se basa en la capacitación a los operarios, de manera que cuando existan averías en las máquinas ellos mismos sean capaces de realizar el mantenimiento sin tener que esperar por el mecánico, lo que reduce el tiempo de paro.

Con el objetivo de eliminar la cantidad de camisas defectuosas, se propone hacer uso de la herramienta Jidoka. Para ello es necesario instalar algún tipo de dispositivo que hace que la operación se detenga cuando hay un error, evitando de esta manera que se produzca el error o defecto en las camisas. Uno de los dispositivos que se pueden implementar es el denominado Andon, a través del cual el operador hace uso de botones con luces de diferentes colores y significados para operar la máquina, se enciende la luz roja cuando existe un defecto en la operación, permitiendo que el proceso tenga su autocontrol de calidad. En la figura 2 se muestran los botones de un dispositivo Andon.

Por último, se propone la instalación de otra máquina de costura, ya que, además de ser el cuello de botella, trabaja el doble de las demás.

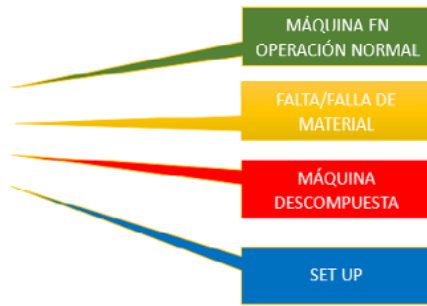


Figura 2 Botones de un dispositivo Andon.

- **Controlar:** para controlar el sistema se deben validar las mejoras propuestas, para ello se simula el proceso de la línea de producción con los cambios realizados por las técnicas y herramientas aplicadas y se comparan los resultados obtenidos con la primera simulación realizada antes de proponer las mejoras. Si se confirma que se logra una mayor eficiencia se procede a un análisis por parte de los directivos sobre los gastos que pueden conllevar las propuestas y si vale la pena de acuerdo con los resultados esperados.

3. Resultados

Como resultado de la implementación simulada de Lean Six Sigma Logistics en esta línea de producción, disminuyó el tiempo de las operaciones, logrando reducir el tiempo de ciclo a 44 minutos, se redujeron las piezas defectuosas a 3% y disminuyeron los paros por averías a una frecuencia de 5 minutos cada 6 horas. Además, se obtuvo un resultado de 25 camisas en proceso, 39 camisas reprocesadas y 1295 camisas terminadas. Aumentando de esta manera la productividad de la línea y mejorando la calidad del producto. El resultado de las principales variables se muestra en la tabla 2.

Tabla 2 Resultado de las principales variables.

Variables	Resultado
Camisas en proceso	25 unidades
Camisas reprocesadas	39 unidades
Camisas terminadas	1295 unidades

4. Discusión

En la tabla 3 se pueden observar las mejoras alcanzadas en las variables más importantes comparando antes y después de las medidas aplicadas, demostrando la efectividad de las técnicas y herramientas utilizadas. El % de mejora en cada caso se calculó como se muestra en la ecuación 1.

$$\% \text{ de mejora} = \left| \frac{\text{Después} - \text{Antes}}{\text{Antes}} \right| \times 100 \quad (1)$$

Tabla 3 Comparación de variables antes y después de aplicar las medidas.

Variables	Antes	Después	% de Mejora
Tiempo de Ciclo	63 min	44 min	30%
Piezas defectuosas	30%	3%	90%
Paros por Averías	20 min cada 3 h	5 min cada 6 h	87.5%
Camisas en proceso	80 unidades	25 unidades	69%
Camisas reprocesadas	216 unidades	39 unidades	82%
Camisas terminadas	720 unidades	1295 unidades	80%

En comparación con otros autores que han aplicado estas técnicas y herramientas se observa que el resultado coincide en la efectividad de estas al mejorar los indicadores de producción, reduciendo costos y mejorando la calidad del producto.

5. Conclusiones

La integración de la metodología DMAIC con la simulación de procesos y las técnicas y herramientas de Lean Manufacturing permite obtener resultados favorables para realizar mejoras en sistemas de producción. La implementación simulada de Lean Six Sigma Logistics en esta línea de producción permitió disminuir el tiempo de ciclo, redujo los paros por averías y mejoró considerablemente la calidad del producto, lo que significa un mejor aprovechamiento de la jornada laboral. Además, aumentó la productividad de la línea logrando producir un 80% más de lo que se producía y redujo el inventario en proceso en un 69%, lo que significa una reducción de costos y un aumento de las ganancias.

Con la integración y aplicación de estas metodologías se logró el cumplimiento del objetivo trazado en esta investigación, que era mejorar la eficiencia de una línea de producción tradicional a través de un caso de estudio.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Bregman, R., Izydorczyk, R., & Mulej, M. (2020). The Eight Wastes of Lean Manufacturing: An Overview of Common Challenges in Production. *Procedia Manufacturing*, 47, 1142-1148.
- [2] CEPRIT. Control de Riesgos: Programa "5's" de Orden y Limpieza: <http://www.essalud.gob.pe/downloads/ceprit/septiembre-2016-CEPRIT.pdf>.
- [3] Fonseca, J. S., Ulianov, G., & De Almeida, L. B. (2020). Lean manufacturing: A bibliometric review. *Journal of Cleaner Production*, 243, 118574.
- [4] García, Dunna. (2006). Simulación y análisis de sistemas con Promodel. México. Prentice Hall.
- [5] Hernández Arroyo, A. (2018). Propuesta de una metodología de diagnóstico para identificar los requerimientos tecnológicos de una empresa tradicional de manufactura para evolucionar a Industria 4.0. Celaya, Guanajuato, México.
- [6] Hernández Martínez, C. I. (2014). La metodología Lean Seis Sigma, sus herramientas y ventajas. Xalapa, Veracruz: Universidad Veracruzana.
- [7] J. Ocampo, A. (2012). Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos en Flexsim. LACCEI: Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, (págs. 1-10).
- [8] Lazala, N (2011). Lean Manufacturing y sus herramientas: <http://www.eoi.es/blogs/nayellyrnercedeslazala/2011/12/18/>.
- [9] Oliveira, T. B., Silva, F. M., Pessôa, M. S. A., & Pessôa, F. L. S. (2021). Lean manufacturing practices in the agribusiness industry: a systematic literature review. *Production*, 31.
- [10] Ortiz Guerrero, D. M. (2018). Modelo de implementación del sistema de manufactura esbelta para la optimización de los procesos de producción textil. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- [11] Ramírez, J. F., López, V. G., Hernández, SA, & Morejón, M. (2021). Lean Six Sigma e Industria 4.0, una revisión desde la administración de operaciones para la mejora continua de las organizaciones. *UNESUM-Ciencias*, 5(4).
- [12] Rivera, R. (2011). Planeación de la Producción horizonte 5+1: <http://www.uteq.edu.mx/tesis/IPOI/0118.pdf>.