

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Reducción de desperdicios en empresa fabricante de
envases flexibles a través de herramientas Lean**

Edgar Ricardo García Ortiz

Ingeniería Industrial

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
INGENIERO INDUSTRIAL

Quito, 16 de mayo de 2022

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Reducción de desperdicios en empresa fabricante de envases
flexibles a través de herramientas Lean**

Edgar Ricardo García Ortiz

Nombre del profesor, Título académico

Sonia Valeria Avilés Sacoto, MSc., DSc.

Quito, 16 de mayo de 2022

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Edgar Ricardo García Ortiz

Código: 00204448

Cédula de identidad: 1723625784

Lugar y fecha: Quito, 16 de mayo de 2022

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

A nivel mundial el 35% de envases flexibles corresponden al sector alimenticio, con un análisis de crecimiento en el mercado de \$1.9 trillones registrados en el 2020 a \$3.4 trillones proyectados para el 2030, a una tasa de crecimiento anual del 5%. Es por esto que, la industria de envases flexibles es ahora centro de preocupación popular y política debido a la contaminación plástica generada anualmente, junto con el impacto negativo en el ecosistema y aumento de costos de producción. Por lo cual, el mejoramiento de los procesos productivos de las organizaciones dentro de la industria de envases flexibles que trabajan para el sector alimenticio busca reducir dichos impactos. Una de las empresas manufactureras de envases flexibles más relevantes del Ecuador experimenta problemas en relación al exceso de desperdicios en su línea de producción, principalmente enfocado en talento no utilizado, movimiento, espera y defectuosos. Este estudio describe la aplicación de la filosofía Lean Manufacturing para la reducción de tales desperdicios bajo la metodología DMAIC, con la finalidad de potenciar su línea de producción. Con la recolección de datos, análisis de datos e implementación de herramientas Lean, se influyó positivamente en el proceso productivo de esta empresa, en donde se consideró la efectividad total del equipo (OEE) como indicador clave de desempeño para las máquinas críticas del proceso, y se logró un aumento de 76.89% a 86.55% para la máquina #1 y de 54.13% a 62.65% para la máquina #2.

Palabras clave: Envases Flexibles, Lean Manufacturing, 5's, DMAIC, OEE (Efectividad Total del Equipo), TPM (Mantenimiento Total Productivo), VSM (Mapa de Flujo de Valor)

ABSTRACT

Worldwide, 35% of packaging belongs to the food sector, with a market growth of \$1.9 trillion registered in 2020 to \$3.4 trillion projected for 2030, with an annual growth rate of 5%. Therefore, the flexible packaging industry is the center of popular and political concern as a result of the plastic pollution generated annually, along with the negative impact on the ecosystem and increased production costs. Thus, one of the primary measures to reducing the industry's effect is to enhance the productive processes of organizations in the food sector. One of the most relevant flexible packaging manufacturing companies in Ecuador experiences problems related to waste in its production line, mainly focused on unused talent, movement, waiting and defectives. This study describes the application of the Lean Manufacturing philosophy for the reduction of such waste under the DMAIC methodology, in order to enhance its production line. Through data collection, data analysis and implementation of Lean tools, it was possible to positively influence the production process by taking into account the total effectiveness of the equipment (OEE) as a key performance indicator for the critical machines of the process, achieving an increase from 76.89% to 86.55% for machine #1 and from 54.13% to 62.65% for machine #2.

Key words: Flexible Packaging, Lean Manufacturing, 5's, DMAIC, OEE (Total Equipment Effectiveness), TPM (Total Productive Maintenance), VSM (Value Stream Map).

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
REVISIÓN LITERARIA.....	12
METODOLOGÍA.....	14
ANÁLISIS Y RESULTADOS	15
CONCLUSIONES	27
LIMITACIONES	28
RECOMENDACIONES.....	28
REFERENCIAS.....	29

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resultados Evento Kaizen	20
Tabla 2: Mantenimiento Preventivo Realizado.....	25
Tabla 3: Comparación del OEE para la máquina 1.....	25
Tabla 4: Comparación del OEE para la máquina 2.....	26
Tabla 5: Plan de Control de Actividades	27

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Desperdicios Generados por Presentación (6 meses) (Hecho por el autor)	16
Figura 2: Mapa de Flujo de Valor del Proceso (Hecho por el autor).....	17
Figura 3: Figura: Número de No Conformidades del 2021 (Hecho por el autor).....	18
Figura 4: Diagrama de Espagheti (Hecho por el autor)	21
Figura 5: Antes y Después de la implementación de 5's (Hecho por el autor)	23
Figura 6: Área de almacenaje temporal de desperdicio (Hecho por el autor)	24

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la industria de envases es el centro de la preocupación popular y política como resultado de la contaminación plástica que todos los años termina en los océanos, junto con el impacto negativo en el ecosistema (Sundqvist & Akerman, 2021). Sin embargo, hasta el 35% de la producción mundial de envases corresponde a la industria alimenticia. Por otro lado, teniendo en cuenta el aumento de la población humana y la revolución industrial, los alimentos envasados están ampliamente disponibles en todo el mundo, con un mercado mundial valorado en \$2,4 trillones de dólares estadounidenses en 2014 (Chakori et al., 2022). En 2020, la industria se valoró en \$1,9 trillones y se prevé que aumente hasta \$ 3,4 trillones para 2030, con una tasa anual promedio de 5% (Kan & Miller, 2022).

Sin embargo, una de las preocupaciones más importantes dentro de las prioridades de esta industria es ser lo más eficiente posible, lo que puede ser todo un desafío en los últimos tiempos. Con la pandemia, los dos últimos años han sido un periodo de ajuste para las empresas relacionadas con el sector de la alimenticio. Dado que la salud pública es actualmente una prioridad, las empresas de envasado/empaquetados de alimentos deben considerar medidas de bioseguridad para evitar paros en la producción, así como garantizar una inocuidad para preservar el producto final (Modi et al., 2021). Además, de hacer frente a problemáticas a largo plazo, como los avances tecnológicos repentinos y los aumentos de costos de las materias primas.

Para ello, el desarrollo de dichos envases involucra la experiencia de un amplia gama de campos profesionales, tales como el diseño, la ingeniería, la tecnología, la promoción y la sostenibilidad ecológica, que permita obtener una adecuada fabricación de envases seguros, fáciles de transportar y almacenar (Mattia et al., 2021). Adicionalmente, estos envases deben cumplir con los requisitos del cliente como la calidad, la información nutricional y la viabilidad económica, en otras palabras, debe ser un envase apto para el consumidor (Yuvaraj et al., 2021).

Por lo tanto, las empresas en la industria de envase buscan fortalecer y estandarizar la producción de su producto eliminando características que no agregan valor (Jadhav & Ekbote, 2021).

Este es el caso de una empresa ecuatoriana que manufactura empaques flexibles, misma que la llamaremos organización ABC por razones de confidencialidad. Esta empresa ha sufrido gastos significativos en los últimos dos años debido a problemas de calidad y sobrecarga de desperdicios relacionados con la línea producción de fundas para alimentos en sus diferentes presentaciones: doypack, pouch, sello lateral, sello T y fajilla. En base a los datos históricos de la empresa, “sellado lateral” y “doypack” son las presentaciones de fundas con problemas de calidad excesivos. Sin embargo, ya que la empresa cuenta con un estudio previo relacionado con el mejoramiento de la producción de las fundas “sellado lateral” (Bravo & Avilés, 2022), este estudio se centrará estrictamente en la fabricación de las presentaciones “stand up”, “doypack” y “pouch”. Dado que la planta de producción se encuentra principalmente automatizada, los problemas relacionados con calidad de las bolsas y el porcentaje de productos rechazados están estrechamente relacionados con el tiempo de configuración de la máquina y el mantenimiento programado. Por lo tanto, se requiere un plan de acción para reducir los gastos relacionados con estos temas.

Las herramientas de manufactura esbelta representan un enfoque apropiado, ya que considera un control de desperdicios en la mayoría de los sectores industriales, para lograr un mejor desempeño a un menor costo, teniendo en cuenta la maximización de la calidad y el valor para el cliente (Rahman et al., 2013). Herramientas como el cambio de matriz en menos de 10 minutos (SMED), el mapa de flujo de valor (VSM), el mantenimiento total productivo (TPM), entre otras, se han convertido en los medios para mejorar el valor del producto (Palange & Dhattrak, 2021)

Este artículo está estructurado de la siguiente manera: la Sección 2 analiza la revisión de la literatura sobre las herramientas Lean implementadas en organizaciones similares. La sección 3 describe la metodología de investigación. En la sección 4 se muestran los resultados del estudio. Finalmente, las conclusiones, limitaciones y recomendaciones se encuentran en los Apartados 5, 6 y 7 respectivamente.

REVISIÓN LITERARIA

Las empresas manufactureras han demostrado un gran interés en el uso de soluciones de mejora continua y reducción de desperdicios (Costa et al., 2018). El uso de estas herramientas, junto con distintas metodologías, permiten a las empresas aumentar la eficiencia de sus operaciones, así como incrementar la satisfacción de sus clientes. Principalmente porque fomentan una cultura de mejora continua dentro de la organización y logran establecer la competitividad a largo plazo. (Purushothaman et al., 2020). Algunas de estas herramientas se describirán en esta sección.

VSM

El Value Stream Map es una de las herramientas más utilizadas para identificar oportunidades de mejora de procesos. Este permite visualizar los procesos industriales actuales y las redes de la cadena de suministro de la organización (Landeghem & Lian, n.d.). El VSM proporciona una ilustración de un proceso "tal cual", para distinguir el flujo de materiales e información. Además, toma en cuenta indicadores clave como: tiempo de valor agregado, tiempo sin valor agregado, tiempo de ciclo, tiempo de entrega, empleados, etc (Noto & Cosenz, 2021).

Evento Kaizen

Kaizen es una filosofía japonesa que promueve la mejora continua a través del compromiso de los empleados. La implementación de Kaizen permite que una empresa crezca

internamente al mejorar el flujo de información en sus operaciones. Por otro lado, el Evento Kaizen se refiere a la realización de reuniones con los empleados activos, con el fin de comprender a fondo el problema actual y buscar soluciones accesibles para aumentar la eficiencia de la empresa (Perico et al., 2019)

5's

Un método japonés para optimizar un entorno de trabajo típico en uno productivo, a través de la organización del espacio de trabajo, su limpieza, seguridad y eficiencia. Incluye cinco fases: Eliminar todo lo que no sea necesario (Sort), organizar solo lo absolutamente imprescindible para un fácil acceso (Set in Order), limpieza regular (Shine), estandarizar el método (Standarize) y mantener lo introducido hasta que se convierta en un hábito (Sustain) (Veres et al., 2018).

SMED

El objetivo principal del cambio de matriz en menos de 10 minutos (SMED) es reducir las operaciones sin valor agregado en el sistema de producción y mejorar los tiempos de cambio de máquina. La importancia del SMED radica en la versatilidad en función del número de operarios que intervienen en un procedimiento, eficiencia de la producción, eliminación de desperdicios y aprovechamiento del tiempo (Lozano et al., 2017).

Ciclo DMAIC

El ciclo DMAIC es un enfoque de mejora continua que se utiliza para identificar y mejorar aspectos particulares de un proceso. Este método se basa en el ciclo de Deming de mejora de procesos y ayuda a evaluar varias áreas clave del negocio. DMAIC consta de cinco etapas principales: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (Rehman et al., 2018).

METODOLOGÍA

Dada su eficacia para encontrar mejoras potenciales de la productividad, DMAIC es una metodología frecuentemente aplicada para proyectos y estudios de casos relacionados con Lean y Lean Six Sigma (Nandakumar et al., 2020). Las cinco etapas de la metodología DMAIC se revisarán a continuación.

- **Definir:** El objetivo principal de esta fase es asegurar que todas las acciones que deben realizarse para resolver los problemas estén alineadas con los objetivos de la organización, junto con el apoyo de la gestión y la disponibilidad de los recursos necesarios. Primero, se reconoce el problema. Algunas herramientas útiles para deducir el problema son el acta de constitución del proyecto y el diagrama de Pareto. Estas herramientas muestran tanto los factores externos como los problemas de costos internos de la organización (Smętkowska & Mrugalska, 2018).
- **Medir:** En esta fase se adquiere información sobre los procesos por mejorar, permitiendo comprender mejor las expectativas de los consumidores, las especificaciones de los proveedores y la búsqueda de posibles áreas problemáticas. Por lo tanto, herramientas como el mapa de flujo de valor (VSM) pueden ser útiles para identificar operaciones que agregan valor como que no agregan valor al proceso de producción (Nandakumar et al., 2020).
- **Analizar:** En esta fase, se realiza un análisis para determinar las causas raíz de los problemas que provocaron el aumento de desperdicios y la baja de productividad. Por lo tanto, los diagramas de espina de pescado y los gráficos de barras son efectivos, ya que ayudan a determinar el problema y sus principales causas (Smętkowska & Mrugalska, 2018).
- **Implementar:** El propósito de esta fase es recopilar soluciones viables para establecer y desarrollar un plan de acción. Por lo tanto, se deben presentar e implementar las herramientas potenciales de mejora, junto con un análisis costo-beneficio si la situación lo permite (Nandakumar et al., 2020).

- Control: El objetivo principal de esta fase es garantizar que los cambios y modificaciones realizados durante la fase de implementar sean adecuados a largo plazo. Además, monitorea constantemente el estado futuro del proceso para evitar posibles variaciones que no coincidan con la intención del proyecto (Smętkowska & Mrugalska, 2018).

ANÁLISIS Y RESULTADOS

La empresa ecuatoriana bajo estudio, misma que por razones de confidencialidad, la empresa se denominará ABC, cuenta con 24 años de experiencia y es especializada en la producción de envases flexibles, principalmente enfocados a la industria alimenticia. Cuenta con dos líneas de producción: la primera enfocada a la producción de empaques para flores de exportación y la segunda en la manufactura de fundas para alimentos. Su principal fortaleza es la disponibilidad de fabricación de material base y la capacidad de cumplir con los requerimientos del cliente brindando personalización de sus productos en un 100%. Sin embargo, ABC ha experimentado un aumento de costos asociados a reprocesamiento, devoluciones de lotes de producto terminado y generación de desperdicios.

Fase Definir

Para tener un mejor conocimiento de las operaciones de ABC, se realizó una caminata “Gemba” al inicio del proyecto. Como resultado, se determinó que el problema principal de la organización estaba relacionado con la línea de producción de empaques para alimentos. Posteriormente, se evaluaron los datos históricos de la organización dando lugar a los desperdicios generados en los procesos por cada presentación de envase desde agosto 2021 hasta enero 2022. El uso de un diagrama de Pareto demostró ser beneficioso para establecer los procesos que generan mayor desperdicio.

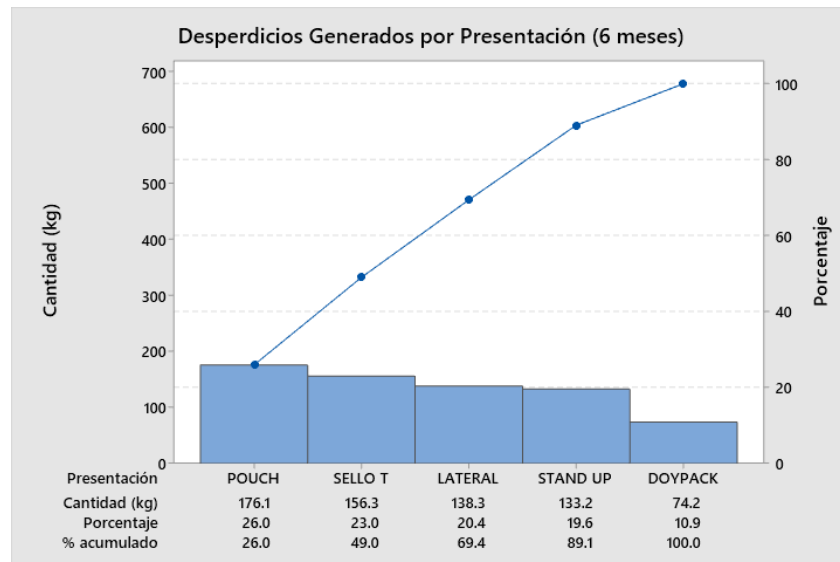


Figura 1: Desperdicios Generados por Presentación (6 meses) (Hecho por el autor)

En la Figura 1 se puede notar que las tres presentaciones de fundas para alimentos que generan la mayor cantidad de desperdicio son: “Pouch”, “Sello T” y “Sellado Lateral”. Sin embargo, este caso de estudio se enfocará principalmente en el proceso de fabricación de las fundas: “Pouch”, “Stand Up” y “Doypack”. Dado que, estos productos poseen el mismo proceso de fabricación de principio a fin.

Fase Medir

En esta fase, se creó un mapa de flujo de valor como un diagrama de alto nivel para ilustrar el proceso "tal cual". Con la finalidad de diferenciar el flujo de información del flujo de materiales, así como también identificar métricas como tiempo de ciclo, tiempo que no agrega valor agregado, número de operadores y tiempo de entrega (Noto & Cosenz, 2021).

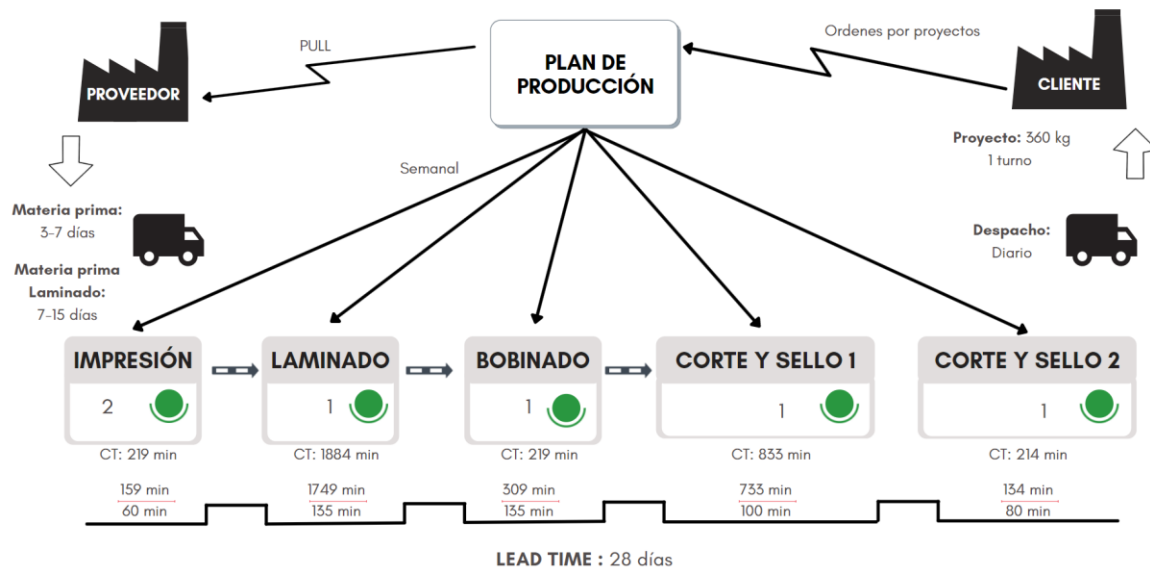


Figura 2: Mapa de Flujo de Valor del Proceso (Hecho por el autor)

La Figura 2 muestra un mapeo de alto nivel del proceso de fabricación. Donde el tiempo de entrega para un proyecto de 360 kg es de 28 días, el producto se despacha diariamente y dado que la empresa trabaja bajo un sistema pull, la materia prima para el laminado tarda de 7 a 15 días en llegar y la materia prima normal tarda de 3 a 7 días. Por otro lado, el tiempo de ciclo más alto está relacionado con el proceso de laminación con un valor de 1884 min. Debido a que posteriormente que el producto termina la operación de laminado, un reposo del producto mínimo de 24 horas es necesario para continuar con la siguiente operación.

Dado que el proceso es en su mayoría automatizado, se consideró el mantenimiento total productivo (TPM) como filosofía. En base a la información recolectada, el estudio se enfocó principalmente en las máquinas críticas del proceso, con el objetivo principal de levantar un indicador clave de desempeño (KPI) como lo es la Efectividad Total del Equipo (OEE). Indicador útil en su aplicación, ya que toma en cuenta parámetros esenciales como la disponibilidad, el rendimiento y la calidad (Díaz-Contreras et al., 2020).

Cabe señalar que, dado que la empresa trabaja bajo un sistema pull, se asumió 1 mes de producción para la creación del VSM y análisis del OEE.

Fase Analizar

En esta fase se determinó que las operaciones críticas para los empaques “pouch”, “standup” y “doypack” están enfocadas en el proceso “corte y sellado”. Ya que, de manera general el proceso de impresión, laminado y bobinado es recorrido por todos los productos independientemente de la presentación de la funda. Es decir, después del bobinado, las fundas se identifican únicamente por el tipo de corte y sellado que solicitó el cliente.

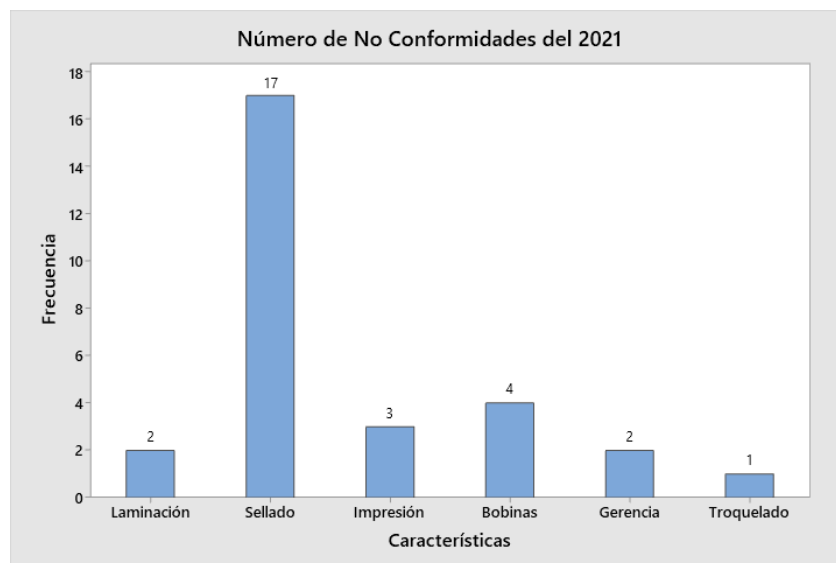


Figura 3: Figura: Número de No Conformidades del 2021 (Hecho por el autor)

En este contexto, se realizó un análisis basado en los datos históricos del año 2021 en relación con las devoluciones de lotes por no conformidades. La Figura 3, muestra que la mayoría de los lotes rechazados para ser reprocesados o designados como desecho, están estrictamente relacionados con fallas en el sellado del empaque. Por lo tanto, un enfoque principal en el procedimiento de "cortar y sellar" es fundamental para este estudio. Cabe mencionar que, existen dos máquinas que se encargan del proceso de “cortar y sellar”. Por

cuestiones de confidencialidad, las máquinas serán referidas como máquina #1 y máquina #2. Además, se tomó en consideración la recolección de datos dentro de un mes de producción para identificar el OEE como se mencionó anteriormente.

Fase Implementar

Se realizó un Evento Kaizen con los operarios, junto con el jefe de producción y el departamento de calidad. Se expusieron los problemas de desperdicios y se desarrolló una lluvia de ideas para identificar las causas del problema mencionado, así como también sus posibles soluciones. Como resultado se desarrolló un diagrama de causa y efecto, donde se consideraron las oportunidades de mejora más importantes por parte del equipo. Se concluyó que en el proceso productivo se producen desperdicios en forma de movimiento, espera, talento subutilizado y defectos. Así, “ABC” debe considerar una reorganización del área de trabajo, incentivar el mantenimiento de la maquinaria, invertir en accesorios para las máquinas, capacitar a los operadores en sistemas de calidad y adquirir herramientas para el personal, con el objetivo principal de mejorar el flujo del proceso y minimizar los desperdicios mencionados anteriormente.

Evento Kaizen.

Como resultado del evento Kaizen, se analizaron los problemas de la empresa junto con las sugerencias de los empleados y operadores. La Tabla 1 describe la clasificación final de las soluciones factibles en base el presupuesto de la organización y la accesibilidad de la implementación.

Tabla 1: Resultados Evento Kaizen

Aspecto	Autor	Criterio	Ideas
Calsificación	Operador 1	Materiales necesarios para las máquinas de corte y sello no se encuentran cerca en las estanterías designadas.	Para mejorar el flujo del proceso implementar 5's en el área de trabajo.
	Operador 2		
Personas	Departamento de Calidad	Los operadores desconocen los problemas de calidad y no se preocupan por la productividad	Capacitación White Belt para operadores para promover una cultura de mejora continua
Maquinaria	Jefe de Producción	Altos tiempos de puesta a punto y mantenimiento causan problemas en la calidad del producto final.	Adquirir accesorios para minimizar los tiempos de preparación y empezar a implementar la filosofía TPM. Metodología SMED
Método	Departamento de Calidad	La calidad del sellado no se puede medir en tiempo real	Adquirir el equipo adecuado para controlar la fuerza de sellado y establecer límites de control

White Belt.

Una capacitación White Belt incluye a todo el personal de una empresa en sesiones de mejora continua. Mediante esta capacitación, el personal adquiere un mejor conocimiento acerca del desarrollo del proyecto, así como también del significado de documentar los

resultados, tomar datos y el papel de importancia que poseen al momento de participar en reuniones relacionadas al proyecto (Lean Six Sigma Institute, 2022).

Este curso de capacitación involucró a los operadores que estarán involucrados en proyectos Lean y Lean Six Sigma que influyeran su área de trabajo. El objetivo fue brindarles los conocimientos básicos de la metodología DMAIC para eliminar desperdicios y aumentar su participación y aportes en proyectos de mejora continua.

SMED.

En esta etapa del proyecto, se utilizó la técnica SMED para identificar las actividades sin valor agregado en los tiempos de configuración de la máquina 1 y la máquina 2. Por lo tanto, se realizó un diagrama de espagueti para resaltar los desperdicios en forma de movimiento, así como las posibles oportunidades de mejora.

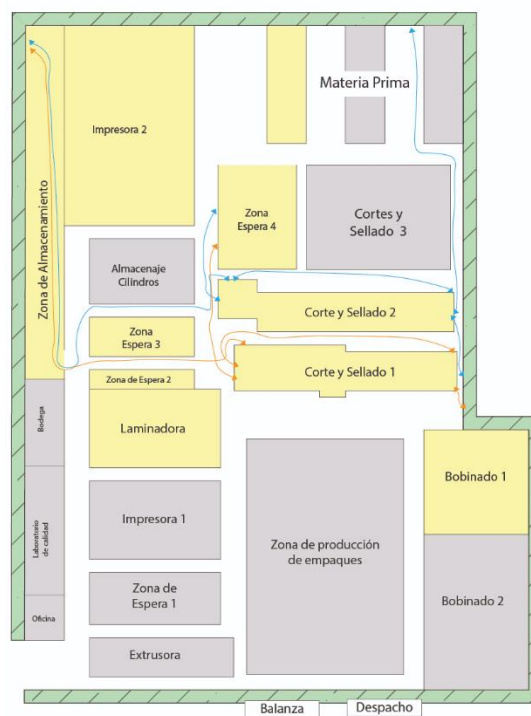


Figura 4: Diagrama de Espagueti (Hecho por el autor)

En base a la Figura 4 se identificaron los movimientos realizados por los operadores durante el montaje de las máquinas de corte y sellado. Se estableció que los dos procesos con mayor desplazamiento por parte de los operarios fueron: preparación de la máquina para la misma orden de producción y la preparación de la máquina para una nueva producción. Estas actividades de configuración se denominarán configuración de máquina #1 y configuración de máquina #2, respectivamente.

Adicionalmente, se desarrolló un análisis de las operaciones, en donde se identificó que del total de 9 actividades para la configuración de máquina #1, 6 de ellas fueron determinadas como internas, es decir, solo se pueden realizar con la máquina parada, y 3 actividades fueron consideradas como desperdicio. Por otro lado, del total de 11 actividades para la configuración de máquina #2, 8 se establecieron como internas y 3 actividades como de desecho. Cabe recalcar que no se encontraron actividades externas, es decir, actividades que se puedan realizar con la máquina encendida. Principalmente porque el operario debe estar pendiente de la máquina en todo momento, ya que está trabajando con un material sensible al fallo.

5 S's.

Para mejorar el flujo del proceso y eliminar las actividades de desecho determinadas en el SMED, se aplicó un 5 S's en el área de trabajo ubicada frente a las máquinas de corte y sellado. El problema principal recaía en que la estantería no estaba estructurada de acuerdo con las necesidades de cada máquina y era ampliamente utilizada como lugar de almacenamiento para otras áreas de producción, recolectando accesorios innecesarios en sus espacios disponibles y ralentizando el flujo del proceso de configuración de máquina.



Figura 5: Antes y Después de la implementación de 5's (Hecho por el autor)

En la Figura 5 se identifica el antes y el después de la implementación de las 5 S's. De manera general, se realizó una reestructuración de los componentes y accesorios en función de la frecuencia de uso. Los componentes con la menor cantidad de uso mensual se colocaron en la parte superior de la estantería y las piezas restantes se reasignaron en función a esta noción. Por otro lado, se adquirió una mesa de trabajo para la máquina #1, lo que permitió un lugar adicional para accesorios de alta importancia, mejorando el flujo del proceso de configuración.

Fábrica Visual.

La técnica SMED reveló caminatas innecesarias realizadas por los operadores hacia la zona de almacenamiento de desperdicios en los tiempos de configuración #1 y #2, aumentando dichos tiempos en al menos 6 minutos. En base a esta problemática, como solución piloto y de acuerdo con la idea de fábrica visual, se definió un área cercana a las máquinas, donde los operarios pueden almacenar temporalmente los residuos de cada producción.



Figura 6: Área de almacenaje temporal de desperdicio (Hecho por el autor)

La Figura 6 muestra la zona de almacenamiento temporal de residuos descrita anteriormente. El concepto es simple: una vez terminada una producción, los operadores almacenan los desperdicios generados en esta zona, eliminando las frecuentes caminatas a la zona de almacenamiento de desperdicios. Como resultado, los operadores pueden realizar una sola caminata con los desperdicios generados al final de la jornada laboral, reduciendo el tiempo de set up #1 de 13.35 min a 7.02 min y el tiempo de set up #2 de 177.8 min a 171.8 min.

Mantenimiento Total Productivo.

Dada la fecha límite del proyecto, se realizó un esfuerzo de implementación de TPM. En donde, solo se consideró uno de los pilares detallados en este enfoque: el mantenimiento preventivo (Tortorella et al., 2021). En la Tabla 2 se muestra el mantenimiento realizado a la maquinaria, con el fin de mejorar el rendimiento de las máquinas y disminuir la producción defectuosa.

Tabla 2: Mantenimiento Preventivo Realizado

Máquina	Mantenimiento Preventivo
1	Lubricación General Mantenimiento Eléctrico
2	Mantenimiento de Rodamientos Mantenimiento Eléctrico Lubricación General Chequeo del Alineador

Efectividad Total del Equipo.

Para medir el impacto de las mejoras implementadas, y dado que ABC trabaja principalmente con máquinas, se consideró como indicador clave de desempeño para este proyecto la Eficacia Total del Equipo (OEE), ya que tiene en cuenta 3 valores clave de la maquinaria: disponibilidad, rendimiento y calidad (Díaz-Contreras et al., 2020). En las Tablas 3 y 4 se muestra la comparación del OEE antes y después de la implementación de las mejoras para la máquina #1 y #2, tomando en cuenta los datos de 1 mes de producción.

Tabla 3: Comparación del OEE para la máquina 1

Indicador	Antes	Después
Disponibilidad	94.33%	97.64%
Rendimiento	81.51%	88.64%
Calidad	100%	100%
OEE	76.89%	86.55%

Tabla 4: Comparación del OEE para la máquina 2

Indicador	Antes	Después
Disponibilidad	94.63%	97.58%
Rendimiento	52.20%	64.20%
Calidad	100%	100%
OEE	54.13%	62.65%

Como se puede observar, la calidad del producto se considera del 100% en ambas ocasiones, ya que no existe un método práctico para evaluar la calidad del sello del producto despachado. Es decir, sólo se sabe que un lote tiene producto defectuoso una vez que el cliente lo utiliza. Sin embargo, este problema se lo reconoció como potencial de mejora a largo plazo que la organización debería contemplar para mejorar su interpretación del OEE.

Por otro lado, como se puede apreciar, las mejoras implementadas incrementaron el valor del OEE, lo que implicó una influencia positiva en la empresa.

Fase Controlar

Una vez que se han implementado las mejoras y se ha logrado un resultado favorable, la organización debe seguir de cerca las modificaciones realizadas en la planta de producción. En este contexto, se creó un plan de control para que ABC pudiera realizar y tener un nivel de control sobre Eventos Kaizen, 5 S's, SMED, VSM y TPM. La Tabla 5 muestra el plan de control de actividades.

Tabla 5: Plan de Control de Actividades

Actividad	Encargado	Frecuencia
Eventos Kaizen	Jefe de Producción	Semestral
5 S´s	Equipo de Mantenimiento	Mensual
SMED	Jefe de Producción	Mensual
VSM	Departamento de Calidad	Anual
TPM	Equipo de Mantenimiento	Mensual

CONCLUSIONES

En conclusión, se logró obtener mejoras en el corte y sellado de las presentaciones “pouch”, “stand up” y “doypack”, Beneficiando principalmente a la disminución de desperdicios. Los tiempos de set up que se identificaron como claves en la producción se redujeron, mejorando la disponibilidad de las máquinas logrando obtener una mayor producción y manteniendo la calidad del producto. Actualmente, los operadores están mejor capacitados en temas de calidad, fomentando la cultura de mejora continua para próximos estudios. El flujo del proceso se maximizó gracias a los cambios realizados en el área de trabajo facilitando la accesibilidad de herramientas, disminuyendo tiempo que no agrega valor al proceso.

Por otro lado, después de haber implementado las herramientas Lean, se obtuvo un efecto positivo en cuanto al indicador del OEE. En donde para la máquina 1 el valor aumentó de 76.89% a 86.55%, y para la máquina 2 de 54.13% a 62.65%. Para lo cual, la empresa debe tomar en consideración que a pesar de haber mejorado el indicador OEE, existe posibilidad de mejora en base a oportunidades a largo plazo que fueron presentadas, pero no implementadas.

LIMITACIONES

Para este proyecto una de las mayores limitantes fue el tiempo en el cual el mismo se llevó a cabo. Las fechas de entrega limitaron a la toma de datos solamente a 1 mes. Por otro lado, dado a la prevalencia de la industria y el funcionamiento bajo un sistema pull complicó el proceso de implementación de mejoras ya que, al ingresar un proyecto de gran importancia, los operadores y gerencia enfocan su prioridad a la finalización y producción de esos lotes de producto.

La confidencialidad de los datos que la organización solicitó también representó una limitación al momento de realizar estudios más robustos para sustentar el proyecto. El no poder medir un impacto monetario en base a un análisis costo beneficio de las mejoras tomadas en cuenta restringe el alcance del estudio a un análisis financiero.

RECOMENDACIONES

Es recomendable que la empresa tome en consideración el plan de control para poder prevalecer con las mejoras implementadas en el área de corte y sello de las presentaciones pouch, doypack y stand up en un horizonte de tiempo considerable. Por otro lado, la empresa debería considerar un estudio similar tomando en cuenta un periodo de tiempo de toma de datos de más de 1 mes, principalmente por la variación de producción que existe al momento de trabajar bajo un sistema pull. Un estudio en un horizonte de tiempo mayor puede brindar una perspectiva distinta al momento de identificar mejoras con mayor impacto.

Finalmente, es recomendable que la organización tome en cuenta las oportunidades de mejora que no se implementaron dado a que representaban un tiempo mayor a las fechas de entrega del proyecto. Estas son, adquirir los accesorios necesarios para minimizar el tiempo de set up de las máquinas y adquirir el equipo útil para controlar la calidad de sellado. Estas dos oportunidades podrían mejorar el flujo del proceso, disminuir desperdicios en forma de

movimiento y tiempo que no agrega valor al proceso, beneficiando a la organización en la reducción de costos y potenciando su productividad.

REFERENCIAS

- Bravo-Paliz, J.S. and Avilés-Sacoto, S.V. (2022), "Characterizing the integration of BRC food safety certification and lean tools: the case of an Ecuadorian packaging company", *The TQM Journal*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print.
<https://doi.org/10.1108/TQM-05-2021-0120>
- Chakori, S., Russell, R., Smith, C., Hudson, N. J., & Abdul Aziz, A. (2022). Taking a whole-of-system approach to food packaging reduction. *Journal of Cleaner Production*, 338, 130632. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130632>
- Costa, L. B. M., Godinho Filho, M., Fredendall, L. D., & Gómez Paredes, F. J. (2018). Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: A systematic literature review. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 82, pp. 122–133). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.002>
- Díaz-Contreras, C. A., Catari-Vargas, D. A., De, C., Murga-Villanueva, J., Díaz-Vidal, G. A., & Quezada-Lara, V. F. (2020). *COST ADJUSTED OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)* (Vol. 45, Issue 3).
- Jadhav, P., & Ekbote, N. (2021). Implementation of lean techniques in the packaging machine to optimize the cycle time of the machine. *Materials Today: Proceedings*, 46, 10275–10281. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.162>
- Kan, M., & Miller, S. A. (2022). Environmental impacts of plastic packaging of food products. *Resources, Conservation and Recycling*, 180.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106156>

- Landeghem, H. van, & Lian, Y.-H. (n.d.). *Engineering the Lean Transition using Value Stream Map Simulation*.
- Lozano, J., Saenz-Díez, J. C., Martínez, E., Jiménez, E., & Blanco, J. (2017). Methodology to improve machine changeover performance on food industry based on SMED. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90(9–12), 3607–3618. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9686-x>
- Mattia, G., di Leo, A., & Pratesi, C. A. (2021). Recognizing the key drivers and industry implications of sustainable packaging design: A mixed-method approach. *Sustainability (Switzerland)*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/su13095299>
- Modi, B., Timilsina, H., Bhandari, S., Achhami, A., Pakka, S., Shrestha, P., Kandel, D., Gc, D. B., Khatri, S., Chhetri, P. M., & Parajuli, N. (2021). Current Trends of Food Analysis, Safety, and Packaging. In *International Journal of Food Science* (Vol. 2021). Hindawi Limited. <https://doi.org/10.1155/2021/9924667>
- Nandakumar, N., Saleeshya, P. G., & Harikumar, P. (2020). Bottleneck Identification And Process Improvement By Lean Six Sigma DMAIC Methodology. In *Materials Today: Proceedings* (Vol. 24). www.sciencedirect.comwww.materialstoday.com/proceedings
- Noto, G., & Cosenz, F. (2021). Introducing a strategic perspective in lean thinking applications through system dynamics modelling: the dynamic Value Stream Map. *Business Process Management Journal*, 27(1), 306–327. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-03-2020-0104>
- Perico, P., Arica, E., Powell, D. J., & Gaiardelli, P. (2019). MES as an enabler of lean manufacturing. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 48–53. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.306>

- Purushothaman, M. babu, Seadon, J., & Moore, D. (2020). Waste reduction using lean tools in a multicultural environment. *Journal of Cleaner Production*, 265.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121681>
- Rahman, N. A. A., Sharif, S. M., & Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7, 174–180.
[https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(13\)00232-3](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(13)00232-3)
- Rehman, S. T., Khan, S. A., Kusi-Sarpong, S., & Hassan, S. M. (2018). Supply chain performance measurement and improvement system: A MCDA-DMAIC methodology. *Journal of Modelling in Management*, 13(3), 522–549. <https://doi.org/10.1108/JM2-02-2018-0012>
- Smętkowska, M., & Mrugalska, B. (2018). Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 238, 590–596. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.04.039>
- Sundqvist, H., Akerman, M. (2021). Sustainability governance and contested plastic food packaging - An integrative review. *Elsevier Enhanced Reader*.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127111>.
- Tortorella, G. L., Fogliatto, F. S., Cauchick-Miguel, P. A., Kurnia, S., & Jurburg, D. (2021). Integration of Industry 4.0 technologies into Total Productive Maintenance practices. *International Journal of Production Economics*, 240.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108224>
- Veres, C., Marian, L., Moica, S., & Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*, 22, 900–905.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.127>

Yuvaraj, D., Iyyappan, J., Gnanasekaran, R., Ishwarya, G., Harshini, R. P., Dhithya, V., Chandran, M., Kanishka, V., & Gomathi, K. (2021). Advances in bio food packaging – An overview. *Heliyon*, 7(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07998>