



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes Gestión Industrial

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL
ÁREA DE IMPRESIÓN DEL DEPARTAMENTO DE ETIQUETAS EN UNA INDUSTRIA DE
PRODUCTOS PLÁSTICOS AGROINDUSTRIALES**

Anny Antonia Morales Mendoza

Asesorado por el MSc. Ing. Vilmo Santino Ramazzini López

Guatemala, agosto de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL
ÁREA DE IMPRESIÓN DEL DEPARTAMENTO DE ETIQUETAS EN UNA INDUSTRIA DE
PRODUCTOS PLÁSTICOS AGROINDUSTRIALES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

INGA. ANNY ANTONIA MORALES MENDOZA

ASESORADO POR EL MSC. ING. VILMO SANTINO RAMAZZINI LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRA EN ARTES EN GESTIÓN INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2020

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL
ÁREA DE IMPRESIÓN DEL DEPARTAMENTO DE ETIQUETAS EN UNA INDUSTRIA DE
PRODUCTOS PLÁSTICOS AGROINDUSTRIALES**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 26 de abril de 2019.

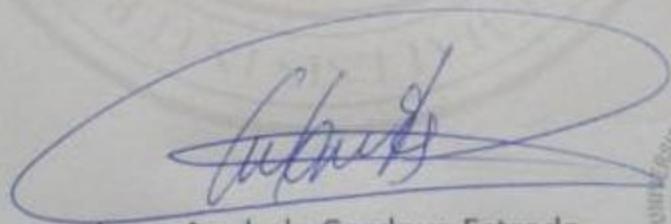
A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above the name of the author.

Inga. Anny Antonia Morales Mendoza

DTG. 189.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE IMPRESIÓN DEL DEPARTAMENTO DE ETIQUETAS EN UNA INDUSTRIA DE PRODUCTOS PLÁSTICOS AGROINDUSTRIALES**, presentado por la Ingeniera: **Anny Antonia Morales Mendoza**, estudiante de la **Maestría en Artes en Gestión Industrial** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, agosto de 2020.

AACE/asga

Guatemala, Agosto de 2020

EEPFI-965-2020

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y verificar la aprobación del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística al Trabajo de Graduación titulado: **“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE IMPRESIÓN DEL DEPARTAMENTO DE ETIQUETAS EN UNA INDUSTRIA DE PRODUCTOS PLÁSTICOS AGROINDUSTRIALES”** presentado por la **Ingeniera Anny Antonia Morales Mendoza** quien se identifica con Carné **200924447** correspondiente al programa de **Maestría en Artes en Gestión Industrial** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Guatemala, Agosto de 2020

EEPM-964-2020

Como Coordinador de la **Maestría en Artes en Gestión Industrial** doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE IMPRESIÓN DEL DEPARTAMENTO DE ETIQUETAS EN UNA INDUSTRIA DE PRODUCTOS PLÁSTICOS AGROINDUSTRIALES”** presentado por la **Ingeniera Anny Antonia Morales Mendoza** quien se identifica con Carné **200924447**.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
Coordinador de Maestría
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

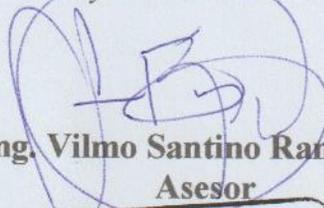
Guatemala, Agosto de 2020

EEPFI-966-2020

En mi calidad como Asesor de la Ingeniera **Anny Antonia Morales Mendoza** quien se identifica con carné **200924447** procedo a dar el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE IMPRESIÓN DEL DEPARTAMENTO DE ETIQUETAS EN UNA INDUSTRIA DE PRODUCTOS PLÁSTICOS AGROINDUSTRIALES”** quien se encuentra en el programa de **Maestría en Artes en Gestión Industrial** en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtro. Ing. Vilmo Santino Ramazzini López
Asesor

Vilmo S. Ramazzini L.
Ing. Químico
Col. 1834

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por haberme iluminado en el camino desde mis humildes orígenes hacia una vida de múltiples oportunidades.
Mi padre	Pedro Morales Sis, en su memoria. Por su amor, incansable esfuerzo y ejemplo de trabajo arduo.
Mi madre	Pedrina Mendoza Morente, por su constante lucha, paciencia y comprensión en los momentos difíciles y por ser el pilar fundamental en mi vida.
Mis hermanos	Morales Sic, especialmente a Roberto y Jorge Morales Sic, por ser mi ejemplo de superación y por su apoyo incondicional.
Mi esposo	Otto Danilo Hernández Xitumul, por su constante muestra de amor, dedicación, apoyo y especialmente por ser mi pilar en esta travesía.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por concederme el privilegio de formarme académicamente.
Facultad de Ingeniería	Por su invaluable aporte en mi crecimiento académico.
Ing. Fernando Saravia	Por su apoyo incondicional, constante motivación e invaluable aporte para mi crecimiento académico y profesional.
Dra. Aura Marina Rodríguez	Por su valiosa guía durante el desarrollo del trabajo de graduación.
MSc. Ing. Vilmo Ramazzini	Por su acompañamiento y orientación para la elaboración del trabajo de graduación.
Mis compañeros	Por su apoyo incondicional en los años de estudio, por su aporte y discusión constructiva para la elaboración del trabajo de graduación, especialmente a Álvaro, Joshua, Larissa y Marco Blanco.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS	XIII
OBJETIVOS	XV
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Plásticos agroindustriales	1
1.1.1. Plasticultura.....	1
1.1.2. Algunos tipos de plástico	3
1.2. Productividad.....	7
1.2.1. Tipos de productividad	7
1.2.2. Indicadores asociados a la productividad	10
1.2.3. Limitantes de la productividad	11
1.2.4. Factores que influyen en la productividad.....	11
1.3. <i>Lean Manufacturing</i>	13
1.3.1. Origen.....	14
1.3.2. Definición	15
1.3.3. Valor y desperdicio	15
1.3.4. Los 7 desperdicios del <i>Lean Manufacturing</i>	17
1.4. Metodología SMED	19
1.4.1. Origen.....	19

1.4.2.	Definición.....	19
1.4.3.	Características	20
1.4.4.	Etapas.....	21
1.4.5.	Beneficios.....	28
1.4.6.	Consejos para la implementación de un nuevo proceso.....	29
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	35
3.1.	Diagnóstico situacional	35
3.1.1.	Procedimiento	35
3.1.2.	Tiempos de cambio de orden de producción	36
3.1.3.	Ambiente laboral	42
3.2.	Implementación de las etapas de la metodología SMED .	43
3.2.1.	Etapa 0: preparación previa	43
3.2.2.	Etapa 1: analizar las actividades del proceso al que se le va a aplicar SMED	45
3.2.3.	Etapa 2: separar actividades internas de externas	46
3.2.4.	Etapa 3: convertir actividades internas a externas	48
3.2.5.	Etapa 4: eliminar desperdicio de las actividades internas.....	49
3.2.6.	Etapa 5: eliminar desperdicio de las actividades externas.....	51
3.2.7.	Etapa 6: estandarizar y sostener el nuevo procedimiento.....	54
3.3.	Resultados	55

3.3.1.	Tiempos de cambio de orden de producción....	56
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	63
	CONCLUSIONES	69
	RECOMENDACIONES	71
	REFERENCIAS.....	73
	APÉNDICES.....	87
	ANEXOS.....	91

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Representación gráfica del tiempo de cambio	20
2.	Representación gráfica del tiempo total de cambio	23
3.	Representación gráfica de la separación de actividades internas de externas.....	24
4.	Representación gráfica de convertir actividades internas a externas	24
5.	Representación gráfica de eliminar desperdicios en las actividades internas.....	25
6.	Representación gráfica de eliminar desperdicios de las actividades externas.....	26
7.	Representación gráfica de estandarizar y mantener el nuevo procedimiento	27
8.	Representación gráfica de las etapas del SMED	28
9.	Total horas de cambio contra cantidad de órdenes de producción antes del SMED máquina 1	37
10.	Total horas de cambio contra cantidad de órdenes de producción antes del SMED máquina 2.....	38
11.	Total horas de cambio contra cantidad de órdenes de producción antes del SMED máquina 3	39
12.	Total horas de cambio contra cantidad de órdenes de producción antes del SMED máquina 4	40
13.	Total horas de cambio contra cantidad de órdenes de producción, Departamento de Etiquetas antes del SMED.....	42

14.	Representación gráfica del tiempo total de cambio	46
15.	Representación gráfica de la separación de actividades internas de externas.....	47
16.	Representación gráfica de la separación de actividades internas a externas.....	49
17.	Representación gráfica de eliminar el desperdicio de las actividades internas.....	51
18.	Representación gráfica de la eliminación de desperdicio de las actividades externas.	53
19.	Cantidad de actividades internas por involucrado	55
20.	Total horas de cambio contra cantidad de órdenes de producción después del SMED máquina 1.....	57
21.	Total horas de cambio contra cantidad de órdenes de producción después del SMED máquina 2.....	58
22.	Total horas de cambio contra cantidad de órdenes de producción, máquina 3 después del SMED.....	59
23.	Total horas de cambio contra cantidad de órdenes de producción, máquina 4 después del SMED.....	60
24.	Total horas de cambio contra cantidad de órdenes de producción, Departamento de Etiquetas después del SMED.....	62

TABLAS

I.	Operativización de variables	XVIII
II.	Promedio de tiempo de cambio antes del SMED máquina 1	37
III.	Promedio de tiempo de cambio antes del SMED máquina 2.....	38
IV.	Promedio de tiempo de cambio antes del SMED máquina 3.....	39
V.	Promedio de tiempo de cambio antes del SMED máquina 4.....	40

VI.	Promedio de tiempo de cambio del Departamento de Etiquetas antes del SMED	41
VII.	Total de actividades y tiempos del proceso de cambio por participante	45
VIII.	Tiempo total de actividades internas y externas por participante	47
IX.	Tiempo total de actividades externas, antes y después del paro de máquina por participante	48
X.	Tiempo total de desperdicio en las actividades internas por participante	50
XI.	Tiempo total de desperdicio en las actividades externas por participante	52
XII.	Tiempo final de las actividades externas antes y después del paro ..	53
XIII.	Promedio de tiempo de cambio después del SMED máquina 1	56
XIV.	Promedio de tiempo de cambio después del SMED máquina 2	57
XV.	Promedio de tiempo de cambio después del SMED máquina 3	59
XVI.	Promedio de tiempo de cambio después del SMED máquina 4	60
XVII.	Promedio de tiempo de cambio del Departamento de Etiquetas después del SMED	61

GLOSARIO

Atáctico	Polímero que no presenta ningún tipo de regularidad estérica en su cadena principal.
Abióticos	Elementos sin vida que están presentes en la naturaleza; se refiere a factores como el sol, la temperatura, la lluvia, la humedad y los minerales.
Bióticos	Elementos con vida, relativo a los organismos.
Copolímero	Es una macromolécula compuesta por dos o más monómeros o unidades repetitivas distintas, que se pueden unir de diferentes formas por medio de enlaces químicos.
Copolimerizar	Polimerización en la que se forma un copolímero.
Isotáctico	Polímero táctico que contiene, en la unidad de repetición, un átomo de carbono con dos constituyentes diferentes, presentando todos estos carbonos de la cadena de la misma configuración.
Jidoka	Significa automatización con un toque humano, es asegurar el control de la calidad en la fuente y no permitir que pase un defecto al proceso siguiente.

<i>Just In Time</i>	Producir los elementos que se necesitan, en las cantidades que se necesitan, en el momento en que se necesitan.
Plasticultura	Uso de plástico en la agricultura.
Sindiotáctico	Polímero regular en el que las unidades configuracionales de base son enantiómeros y se alternan a lo largo de la cadena.
SMED	<i>Single Minute Exchange of Dies</i> (cambio de dados en un minuto). Cambio de herramental en un solo dígito de minuto.

RESUMEN

En este estudio se describe el proceso de aplicación de la metodología SMED en el Departamento de Etiquetas de una industria de plásticos agroindustriales, los resultados alcanzados y el análisis de los resultados.

El objetivo general del estudio fue aplicar la metodología SMED para mejorar la productividad del área de impresión mediante la aplicación de la metodología SMED en el Departamento de Etiquetas en una industria de productos plásticos agroindustriales.

El problema que se identificó derivó de la inexistencia de un procedimiento adecuado para realizar los cambios de órdenes de producción. Para la investigación el enfoque utilizado fue mixto, diseño no experimental, alcance y tipo descriptivo.

Con la aplicación de las etapas de la metodología SMED, se demostró de una forma detallada el proceso de implementación. El principal beneficio obtenido fue definir un procedimiento estandarizado para contrarrestar la improvisación en cada cambio de orden de producción.

En conclusión, con la aplicación de la metodología se logró una reducción del tiempo promedio de cambio de orden de producción en un 32.58 % lo que equivale a 14.94 minutos.

Se recomienda realizar trimestralmente un análisis detallado del procedimiento para identificar nuevas oportunidades para la reducción del tiempo promedio de cambio de orden de producción.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

La inexistencia de un estándar de trabajo para el montaje y desmontaje de colores entre órdenes de producción genera tiempos de cambios que prolonga el tiempo de paro en el área de impresión del Departamento de Etiquetas.

- Descripción del problema

En una industria de productos plásticos agroindustriales, ubicada en el municipio de Villa Nueva del departamento de Guatemala, existe un Departamento de Etiquetas, donde se realiza impresión flexográfica; en esta área de impresión los clientes requieren cada vez más productos por medio de órdenes pequeñas; por lo tanto, las corridas de producción son de tiempos cortos (5 minutos), pero los tiempos de cambios de producción en promedio son de 45.5 minutos, lo cual repercute en el cumplimiento de entregas a los clientes, las ventas caídas y en la eficiencia general de los equipos (OEE, por sus siglas en inglés) el cual se ha establecido en un valor de 22 %.

El cambio de producción prolongado no afecta únicamente al cliente o empresa, sino también al operador del área de impresión flexográfica, debido a que genera insatisfacción y en ocasiones frustración por no cumplir con las metas requeridas de producción y no completar las órdenes planificadas en el turno.

- Pregunta central

¿Cómo aplicar la metodología SMED para mejorar la productividad del área de impresión del Departamento de Etiquetas?

- Preguntas orientadoras
 - ¿Qué actividades involucra el proceso de cambio de orden de producción?
 - ¿Cómo reducir el tiempo de cambio en el proceso de producción?
 - ¿Qué beneficios proporciona la aplicación de la metodología SMED?

OBJETIVOS

General

Aplicar la metodología SMED para mejorar la productividad del área de impresión del Departamento de Etiquetas en una industria de productos plásticos agroindustriales.

Específicos

- Determinar las actividades involucradas en el proceso de cambio de orden de producción.
- Implementar las etapas de la metodología SMED para reducir el tiempo de cambio en el proceso de producción.
- Evaluar los beneficios que provee la aplicación de la metodología SMED.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

Para la investigación el enfoque utilizado fue mixto. Enfoque cuantitativo debido a que se analizaron datos numéricos de los tiempos de cambio y cantidad de órdenes de producción y enfoque cualitativo porque se realizaron observaciones directas y entrevistas a los involucrados en el proceso de cambio.

El diseño fue no experimental, debido a que no se realizaron pruebas de laboratorio ni experimentos. El alcance y el tipo de la investigación fueron descriptivo, se dejó estandarizado y documentado el proceso de cambio de orden de producción del Departamento de Etiquetas, lo cual fue realizado aplicando las etapas de la metodología SMED y se registró información de los resultados.

La muestra que se tomó fue el total de la población, debido a que se analizaron todas las actividades del proceso y se incluyeron a los empleados involucrados en el proceso de cambio de los diferentes turnos.

Las variables utilizadas fueron las actividades involucradas y el tiempo promedio de cambio. Dentro de los indicadores que fueron utilizados están el número de actividades, tiempo total de cambio y la cantidad de órdenes por mes.

El resumen y detalle de las variables y los indicadores utilizados se muestran en la tabla siguiente.

Tabla I. **Operativización de variables**

Objetivo	Variable	Tipo de variables	Indicador	Técnicas	Plan de tabulación
Determinar las actividades involucradas en el proceso de cambio de orden de producción.	Actividades involucradas	Cuantitativa, discreta, dependiente	No. de actividades	Observación directa Cronómetro Grabación en video	Observación directa. Diagramas.
Implementar las etapas de la metodología SMED para reducir el tiempo de cambio en el proceso de producción.	Etapas de la metodología SMED	Cuantitativa, continua, independiente	Tiempo total de cambio	Diagrama de proceso	Organización y tabulación de datos
Evaluar los beneficios que provee la aplicación de la metodología SMED.	Tiempo por cambio de orden y órdenes realizadas.	Cuantitativa, continua	Tiempo promedio de cambio de orden. Cantidad de órdenes por mes	Gráficos. Promedios.	Tabulación de datos. Diagramas.

Fuente: elaboración propia.

Se ejecutaron cuatro fases: en la primera fase se realizó la revisión documental; en la segunda fase se realizó la evaluación del estado situacional del procedimiento de cambio, del tiempo de cambio de cada una de las máquinas y del departamento en su conjunto; en la tercera fase se aplicaron las etapas de la metodología SMED; y en la cuarta fase se tabularon y mostraron los beneficios obtenidos por la implementación de la metodología.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación expone la implementación de la metodología SMED en el Departamento de Etiquetas de una industria de plásticos agroindustriales. La investigación es una sistematización para el procedimiento de cambio de orden de producción ya que busca reducir los tiempos muertos que generan baja capacidad de producción, entrega fuera de tiempo a los clientes, ventas caídas y un trabajo desordenado para los colaboradores.

Los mercados evolucionan constantemente, lo que repercute en la demanda de mayor variedad de productos, plazos de entrega razonables, pedidos de tamaño óptimo para el cliente y precios altamente competitivos. Asimismo, se presenta la necesidad del productor de satisfacer las necesidades del cliente en el menor tiempo posible, por lo tanto, resulta importante mejorar el proceso de producción para que este sea más flexible, es decir, capaz de realizar los cambios entre un lote y otro sin afectar su productividad.

La inexistencia de un procedimiento adecuado para el montaje y desmontaje de colores entre órdenes de producción genera tiempos de cambios, prolongando el tiempo de paro en el área; lo anterior puede impactar en un incremento en el tiempo muerto, que conlleva una baja productividad, baja flexibilidad para realizar los cambios requeridos, incremento en los costos operativos y mayor número de ventas no ejecutadas que se traducen en una reducción de ingresos.

La importancia de la metodología SMED radica en su capacidad de propiciar la reducción del tiempo de cambio entre órdenes de producción, al establecerse un procedimiento estandarizado con las actividades a realizarse para cada uno de los involucrados en el proceso.

El aporte del presente trabajo de investigación consistió en la aplicación de la metodología SMED, con el que se definió el procedimiento adecuado para realizar los cambios de orden de producción el cual incidió significativamente en la reducción del tiempo promedio de cambio y en el tiempo muerto.

El diseño de estudio es no experimental, debido a que no se realizaron pruebas de laboratorio ni experimentos.

La metodología de la investigación se planteó con un enfoque mixto, es decir, cualitativo y cuantitativo, el alcance y el tipo de la investigación fue de tipo descriptivo, se dejó estandarizado y documentado el proceso de cambio de orden de producción del Departamento de Etiquetas, lo cual fue realizado aplicando las etapas de la metodología SMED y se registró información de los resultados.

En el primer capítulo se presenta el marco teórico, el cual constituye la base para la realización del trabajo de investigación. Los temas investigados son: plásticos agroindustriales, productividad, *Lean Manufacturing* y metodología SMED.

En el segundo capítulo se presentan los resultados del análisis situacional, la implementación detallada de la metodología y los resultados de su implementación.

En el tercer capítulo se realiza la discusión de resultados y el análisis interno y externo de la investigación.

1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se definen y describen conceptos importantes de los siguientes temas: plásticos agroindustriales, productividad, *Lean Manufacturing* y SMED.

1.1. Plásticos agroindustriales

Los plásticos agroindustriales son aquellos que se emplean en la agricultura y en la industria y permiten agregarles valor a los productos.

Se caracterizan por permitir la durabilidad y disponibilidad de productos de una época a otra principalmente aquellos que son más perecederos. Asimismo, inciden significativamente en la aceleración del proceso de producción y en la calidad y garantía del producto.

Los plásticos agroindustriales poseen diversidad de usos y funciones, algunos se utilizan para contrarrestar la proliferación de malezas, otros para proteger las plantaciones de plagas, y otros para evitar el contacto directo de los rayos del sol, contribuyendo a modificar microclimas.

1.1.1. Plasticultura

La plasticultura es la técnica de la aplicación de materiales plásticos en la agricultura, con la finalidad de incrementar el rendimiento, la calidad de la producción y lo más importante es lograr cosechas fuera de temporada (Inocenti, 2014).

Ramos (2003) afirma que: “consiste en proteger las plantaciones, mediante plásticos por arriba, abajo y lados, del frío, el calor, los fenómenos atmosféricos y las variaciones climáticas” (p.166).

Por su parte Goyal (2014) define plasticultura como: “una tecnología que consiste en el uso combinado de camas elevadas, riego por goteo y acolchado de polietileno” (p.184).

Por lo anteriormente expuesto se puede concluir que la plasticultura es la ciencia que se basa en el uso de productos plásticos, para resguardar los cultivos de fenómenos naturales y atmosféricos, con el fin de mejorar la obtención de verduras, hortalizas, frutas, entre otros. Además, mejorar el manejo de malezas. Los elementos plásticos más usados son: coberturas, bolsas, mangueras, cintas entre otros.

Zenner y Peña (2013) afirman que el uso de la tecnología de la plasticultura ha convertido tierras que han sido improductivas en productivas, para su explotación agrícola y también ha permitido el aumento en la calidad de sus cosechas. Su aplicación se centraliza en el uso de:

- Invernaderos, túneles y micro túneles: su fin básico es proveer condiciones climáticas más favorables a las condiciones externas, esto para acelerar el desarrollo del cultivo. Su uso común es para el cultivo de flores y hortalizas.
- *Mulching*: es una cobertura de plástico que se utiliza para cubrir el suelo, su objetivo es evitar el crecimiento de malezas y disminuir la evaporación del agua, para mejorar la retención de la humedad. Su uso es más frecuente para el cultivo de fresas y melón.

- Mallas para sombrero: evitan el contacto directo de los rayos solares, también ayuda a modificar el microclima. Existen de diversos tipos de calibre y mesh normalmente en color negro. Es más utilizado para flores y hortalizas.
- Bolsas: sirve para proteger los racimos de plantaciones de banano y plátano de factores bióticos y abióticos.

1.1.2. Algunos tipos de plástico

La producción del plástico se ha diversificado y especializado de acuerdo a las necesidades de su uso. La producción del plástico se ha industrializado debido a su elevada demanda en el mercado. En la actualidad, existen diversos tipos de plásticos, entre los cuales se encuentran:

- Polipropileno

Nieto (2010) menciona que “un polipropileno es un polímero que se obtiene por polimerización del monómero propileno” (p.115).

De acuerdo al sitio en Internet, QuimiNet (2006), el polipropileno también es conocido con las siglas PP. Este tipo de plástico es duro, resistente, opaco y con una alta resistencia al calor, debido a que se suaviza con una temperatura mayor a los 150 grados centígrados. El PP se dobla con facilidad, es bastante resistente a los golpes y tiene baja densidad.

Por lo tanto, se concluye que el polipropileno es un polímero que se logra mediante un proceso químico que puede ser transformado por: moldeo, soplado, inyección, extrusión, termoformado, entre otros. Este material tiene una amplia

variedad de usos como el embalaje, soga, ropa térmica, plásticos reutilizables, entre otros.

Las características principales de un polipropileno son:

- Únicamente se puede moldear con calefacción
 - Bajo costo
 - Resistencia alta a la fractura por fatiga
 - Buena estabilidad térmica
 - Alta resistencia al impacto
 - Fácil degradación
 - Sensible a los rayos ultravioletas
-
- Polietileno

También conocido como PE, es un termoplástico que puede fundirse repetidas veces es semicristalino y sus características principales son su alta resistencia química y su aislamiento eléctrico (Mercader, 2002).

Beltran y Marcilla (2012) indican que el polietileno “es un material blando y tiene una temperatura de fusión relativamente baja” (p.21). Mientras que Aldabe, Aramendía, Bonazzola y Lacreu (2004) mencionan que el polietileno “es un polímero formado por cadenas lineales que, en estado sólido, quedan entrelazadas como un plato de tallarines” (p.248).

Por lo expuesto en los párrafos anteriores, se puede deducir que el polietileno es un compuesto a base de etileno que se usa para la producción de una gran variedad de productos plásticos.

El PE agrupa familias de polímeros con distintas estructuras moleculares que confieren características distintas, entre estas:

- Polietileno de alta densidad – PEAD

También conocido por sus siglas en inglés como HDPE (*High Density Polyethylene*); es un polímero termoplástico que está conformado de unidades de etileno repetitivas (QuimiNet, 2006).

El polietileno de alta densidad puede ser transformado por los métodos de moldeo, inyección y extrusión (Polo, Gómez, Prashar y Fajardo, 2010).

El HDPE es más utilizado en recipientes que son rígidos como botellas: cuando el polietileno se procesa con propileno los usos pueden ser para bolsas plásticas, recipientes de alimentos u otros productos químicos o para el hogar.

Se puede concluir que el polietileno de alta densidad es un material que se puede transformar de varias formas, dependiendo de lo que se quiere obtener, y el producto es utilizado principalmente para envasado y empaque.

- Propiedades del polietileno de alta densidad – HDPE
 - Más rigidez que el LDPE
 - Flexible incluso a bajas temperaturas
 - Más dureza
 - Ligero
 - Mayor resistencia a agentes químicos
 - Provoca barreras a los vapores de agua
 - Alta resistencia química y térmica

- Alta resistencia al impacto
- Polietileno de baja densidad – LDPE

Beltran y Mancilla (2012) afirman que “el polietileno de baja densidad es un polímero casi lineal con ramificaciones de cadena larga” (p.26).

Es un polímero termoplástico que está conformado por unidades repetitivas de etileno. Conocido por sus siglas en inglés como LDPE (*Low Density PolyEthylene*). El LDPE tiene baja permeabilidad y su uso más frecuente se debe a su versatilidad (Polo; *et al.*, 2010).

Características:

- Bajo costo
- Facilidad para producir
- Buena resistencia a bajas temperaturas
- Alta resistencia térmica y química
- Baja absorción de agua
- Color lechoso
- Mayor flexibilidad que el HDPE
- Usos frecuentes

Tapas flexibles, bolsas plásticas (para basura, supermercado), envases de plástico, películas, botellas, capa para cartones de leche, envases de alimentos y otros productos, artículos para el hogar, juguetes (JUBEDI, S.L.).

1.2. Productividad

Para Rodríguez (1999), productividad es el resultado de la relación entre los insumos invertidos y los productos obtenidos. Por su parte, Olavarrieta (1999) afirma que “la productividad es la relación entre producción e insumo; también es la relación entre lo que sale y lo que entra, o la relación entre lo que se obtiene y los recursos usados para obtenerlo” (p.49).

La productividad no limita su uso únicamente en la ingeniería, desde el punto de vista económico, Kendrick (1977) afirma que “es la relación entre el *output* y sus *inputs* asociados, cuando *outputs* e *inputs* están expresados en términos reales” (Fernández y Sánchez, 1997, p.66).

Con lo expuesto anteriormente, se puede concluir que la productividad es la medida para determinar qué tan bien se están utilizando los factores de producción. Es la relación entre las salidas que son los productos o servicios y los recursos utilizados como: mano de obra, materiales, métodos, máquinas, mediciones, entre otros, necesarios para obtener las salidas de una forma óptima.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{salidas}}{\text{entradas}}$$

1.2.1. Tipos de productividad

Los distintos tipos de productividad se pueden diferenciar esencialmente en los medios recurridos para la elaboración de un producto, sin perder de vista el objetivo principal, que es maximizar la producción de cualquier industria. La productividad se puede clasificar, según los factores considerados, en:

- Productividad laboral

La productividad laboral es la medición de la eficiencia de una máquina, persona, sistema, entre otros, para obtener los productos requeridos. Es aquella productividad unida al desempeño del personal y a la relación del costo laboral versus el beneficio (Tapia, Barrientos y Solar, 2014).

El método habitual es la razón entre cantidad de producto obtenido y la cantidad de horas hombre trabajadas (Inegi.org.mz).

$$\text{Producción media por hora hombre} = \frac{\text{producción}}{\text{hora hombre trabajadas}}$$

También puede medirse con la relación entre la cantidad producida y el número de trabajadores ocupados (Tapia, *et al.*, 2014).

$$\text{Producción media por trabajador} = \frac{\text{producción}}{\text{número de trabajadores}}$$

- Productividad parcial

La productividad parcial se calcula relacionando el nivel de producción, el cual es obtenido en un lapso versus los recursos consumidos para lograr dicha producción. Olavarrieta (1999) define la productividad parcial como la relación entre la cantidad producida y los insumos de una forma individual.

$$\text{Productividad parcial} = \frac{\text{producto total}}{\text{insumo parcial}}$$

Mientras que Jiménez y Espinoza (2007) definen el cálculo de valores en la productividad parcial como:

Productividad humana = $\frac{\text{producción}}{\text{insumo humano}}$

Productividad de materiales = $\frac{\text{producción}}{\text{insumo de materiales}}$

Productividad de energía = $\frac{\text{producción}}{\text{insumo de energía}}$

Productividad de otros gastos = $\frac{\text{producción}}{\text{insumo de otros gastos}}$

- Productividad marginal

Krugman, Wells y Olney (2015) afirman que la variación se obtiene en la producción al emplear una unidad adicional de un factor que mantiene las demás constantes.

Existen tres factores de producción:

- El trabajo: se refiere al tiempo y a las capacidades intelectuales que son dedicadas a las actividades productivas.
- El capital: son los bienes duraderos que no son dedicados al consumo sino a la producción de bienes.
- La tierra: son los recursos aportados por la naturaleza que son utilizados en el proceso de producción (Rouco, 1997).

Para calcular la productividad marginal se utiliza la derivada de la producción con respecto al factor de trabajo, es decir, establece el aumento del volumen de producción al incrementar en una unidad el factor de trabajo.

$$\text{Productividad marginal} = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

Donde:

ΔX = variación en la utilización del factor productivo

ΔY = variación en la cantidad producida del bien

- **Productividad total**

La productividad total es la relación entre la producción total y la sumatoria de los factores de entrada. Esta medida total muestra el impacto acumulado de todos los insumos al fabricar productos (Ahumada, s.f.).

Productividad total = cociente entre la producción y los recursos empleados.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{producto}}{\text{insumo}} = \frac{\text{bienes/servicios}}{\text{todos los recursos}}$$

1.2.2. Indicadores asociados a la productividad

En la evaluación del desempeño de un sistema, se pueden utilizar tres criterios muy comunes que están relacionados a la productividad, aunque estos criterios son muy frecuentes, se tiende a malinterpretar y en ocasiones se consideran como sinónimos. Estos criterios son:

- **Eficiencia:** es la utilización óptima de los recursos (humano, financiero o tiempo) para lograr un objetivo establecido.
- **Eficacia:** consiste en lograr los objetivos en el menor tiempo posible, es decir, se consideran los resultados y no el proceso para lograrlo.

- Efectividad: este criterio se refiere a la razón entre la salida real y lo planificado (Miranda y Toirac, 2010).

1.2.3. Limitantes de la productividad

Según Mukherjee (2006), las tres limitantes principales de la productividad son:

- Sobrecarga: sucede cuando a la maquinaria o a las personas se les exige que produzcan más del límite natural o de sus capacidades.
- Variabilidad: es la variabilidad que produce el material, la maquinaria, la mano de obra y los métodos.
- Desperdicio: es la utilización extra de los recursos a los mínimos demandados.

1.2.4. Factores que influyen en la productividad

De acuerdo con la Oficina Internacional del Trabajo, los factores que influyen en la productividad son:

- Calidad

El producto siempre debe realizarse con las mejores condiciones para cumplir con los requerimientos del cliente. Además de fabricarse sin reproceso, es decir, bien a la primera.

- Entradas

Todo sistema requiere de insumos, estos insumos son proporcionados a través de las entradas.

- Salidas

La productividad implica la mejora del proceso productivo y es un índice que relaciona lo producido, que significa la salida y las entradas que son los recursos requeridos para su producción.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{salidas}}{\text{entradas}}$$

- Tecnología

Dentro de las variables que facilitan el uso de la tecnología se encuentran la creatividad y la innovación, ellas están en función directa de la variedad y riqueza de conocimientos y del trabajo que se hace, máxime cuando la innovación sin distingo de postura se constituye en la gran variable, esta se puede considerar como el eje de la productividad y soporte fundamental de la competitividad (Jubedi, 2013).

- Organización

La influencia indirecta a través del pensamiento estratégico y la reorganización y optimización empresarial. El análisis de la situación en que se encuentra la entidad y el replanteamiento de su estrategia cuando se observe conveniente, todo ello permite una reestructuración de la actividad empresarial. Si esta reorganización se aplica correctamente, la revisión de la estrategia

empresarial deriva en una mejora de la productividad de la plantilla y de la empresa en su conjunto. Esta forma de influencia afectaría y por ello se puede denominar productividad organizacional (González y Henar, 2012).

- **Recurso humano**

Es importante mencionar que existe una diferencia entre gestión de los recursos humanos y administración del personal. La administración del personal se refiere al conocimiento de los trámites administrativos; mientras que la gestión de los recursos humanos se centra en la creación de una fuerza de trabajo comprometida y altamente productiva para la empresa.

- **Relaciones laborales**

Conocer el clima organizacional y la satisfacción laboral es esencial para identificar posibles problemas o deficiencias y proponer soluciones.

Dentro de las variables que se utilizan para el estudio del clima organizacional son: infraestructura, motivación y el recurso humano, asimismo, las condiciones de trabajo, las personas, relación laboral y sus expectativas, y la evaluación de la satisfacción de los colaboradores de una forma grupal e individual.

1.3. *Lean Manufacturing*

Lean Manufacturing es una metodología que busca incrementar el valor y minimizar o eliminar el desperdicio. La misma fue desarrollada dentro de la empresa Toyota, a partir de la cual se ha difundido a nivel internacional.

Innumerables son las empresas de producción que realizan procesos de implementación de la metodología *Lean Manufacturing*.

1.3.1. Origen

El *Lean Manufacturing* nace a partir de la cultura que adoptó la industria japonesa, que tenía como objetivo reducir el tiempo total, eliminando el desperdicio, es decir, todo lo que no agrega valor al proceso (Progressa, 2015).

El primer pensamiento *Lean Manufacturing* surge a finales del siglo XIX, por parte del fundador de Toyota, el japonés Sakichi Toyoda. El señor Toyoda introdujo en los telares un dispositivo que detectaba los problemas y alertaba a los empleados con una señal en el momento en que se rompía un hilo; esta máquina logró automatizar el trabajo; también agregó un elemento de capacidad de detección de un error en máquina, Jidoka una máquina con un toque humano.

Según Liker (2011) “la producción se frenaba cuando un elemento era defectuoso, evitando así la producción de errores. El incremento de la productividad se dio debido a que con este cambio se logró que un solo operario controlara varias máquinas” (pp.48-50).

Kiichiro Toyoda amplió la filosofía y apostó por crear un medio ideal de creación de valor, donde las personas, máquinas e instalaciones trabajan juntas para no generar desperdicios y añadir valor. Creó técnicas y metodologías para eliminar los desperdicios en las operaciones, tanto en procesos como en líneas, obteniendo como resultado el método *Just in Time* (JIT) (Progressa, 2015).

1.3.2. Definición

Para Bernárdez (2009), la manufactura esbelta “es una metodología de mejora de performance en manufactura desarrollada por la empresa Toyota y sistematizada por Taiichi Ohno” (p. 348).

Alarcón (2014) indica que *Lean Manufacturing* es un término amplio que se refiere al uso de las tecnologías de manufactura, basadas en la maximización del valor y en la minimización del desperdicio en los procesos de producción industrial.

Es una filosofía de administración de la operación de una compañía, es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de desperdicio. El *Lean Manufacturing* deduce que todo puede hacerse mejor; de tal manera que en una organización debe existir una búsqueda continua de oportunidades de mejora (Salazar, 2019). Con lo anteriormente expuesto se deduce que la manufactura esbelta es un sistema que tiene como objetivo reducir o eliminar los desperdicios de un proceso, para elevar el valor del producto e incrementar la productividad, mediante la mejora continua.

1.3.3. Valor y desperdicio

Dos aspectos muy importantes para la metodología *Lean Manufacturing* son el valor y el desperdicio. El valor es la actividad que transforma un producto y el desperdicio es cualquier elemento que consume tiempo y recursos y no agrega valor.

- Valor

Uno de los principios del *Lean Manufacturing* es la identificación del valor percibido por el cliente. El valor se refiere a las actividades de un proceso, donde el cliente está dispuesto a pagar por ello, es la actividad que transforma un producto y cuando es agregado al producto o servicio puede aumentar el valor del producto o su precio (Galgano, 2003).

Por su parte, Galgano (2003) menciona que el valor está representado por las capacidades de satisfacer las exigencias del cliente con un determinado precio y en un cierto momento (p.19). Por lo tanto, valor es todo aquello que va a satisfacer las necesidades del consumidor final y por lo que está realmente dispuesto a pagar, y es proporcionado en el momento requerido.

- Desperdicio

FujioCho (Toyota) define el despilfarro como: “todo lo que no sea la cantidad mínima de equipo, materiales, pieza, espacio y tiempo del trabajador, que resulten absolutamente esenciales para añadir valor al producto”. (Ruiz, 2007, p. 17). Por su parte, Guajardo (2003) afirma que “el desperdicio es cualquier elemento que consume tiempo y recursos, pero que no agrega valor al servicio” (p. 84). Mientras que Carrera y Sánchez (2010) “definen como desperdicio o despilfarro todas aquellas acciones que no aportan valor al producto, y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar” (p.2).

De lo antes mencionado, se deduce que el desperdicio es todo aquello que absorbe recurso adicional a la cantidad mínima necesaria para agregar valor al producto o servicio, por lo que el cliente realmente está dispuesto a pagar.

1.3.4. Los 7 desperdicios del *Lean Manufacturing*

Cuatrecasas (2010) establece que los 7 desperdicios del *Lean Manufacturing* son: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, sobre proceso, inventarios innecesarios, defectos y movimientos innecesarios.

- **Sobreproducción**

A la sobreproducción también se le denomina la madre de los desperdicios, debido que esta es la causa de la mayoría de los otros desperdicios. La sobreproducción consiste en producir más de lo demandado o requerido por el cliente, también es producir antes que sea necesario.

- **Tiempo de espera**

Se refiere al tiempo del proceso productivo en el que no se añade valor, es decir, cuando los operarios se detienen para esperar por material, información o que las máquinas terminen su ciclo. En términos productivos, son los cuellos de botella, donde se genera la espera en el proceso productivo.

- **Transporte**

Este desperdicio contiene todo tipo de movimiento innecesario, tanto de materia prima como de productos. Si se hace referencia al transporte es importante tener en cuenta que cuesta dinero, mano de obra, equipos, además de incrementar el *lead time*.

- Sobre proceso

Es realizar actividades innecesarias para producir un artículo o proveer niveles de calidad más altos de lo que el cliente requiere; significa dedicar más tiempo o esfuerzo innecesario a una tarea.

- Inventarios innecesarios

Un inventario cuesta dinero, porque conduce a una serie de gastos que impactan negativamente a la compañía. Los gastos pueden ser financieros, de almacenaje, de mantenimiento, entre otros. Además de correr el riesgo que el producto se vuelva obsoleto.

- Defectos

Cualquier tipo de defecto o error genera un incremento al costo, debido a que se incurre en gastos adicionales para reprocesar el producto.

- Movimientos innecesarios

Son todos los movimientos que se pueden evitar, por ejemplo: búsqueda de materiales, búsqueda de herramientas, desplazamientos para traer o buscar cosas.

- Talento humano

Éste último desperdicio se agregó después de los 7, y se refiere a no aprovechar ni utilizar la capacidad, creatividad, experiencia o inteligencia de la fuerza de trabajo.

1.4. Metodología SMED

La metodología SMED, *Single Minute Exchange of Dies* según sus siglas en inglés, busca reducir los tiempos entre cambios para optimizar los recursos y reducir costos de operación.

1.4.1. Origen

Según Carrera y Sánchez (2010), la preparación rápida es una innovación aportada por los japoneses, en la organización científica del trabajo. Según su creador Shingo (1993), tiene sus orígenes en ciertos trabajos que le fueron encargados en la fábrica Toyo de Mazda en el año de 1950. Su origen se sitúa cuando realizó un análisis de los cambios de molde en la empresa antes mencionada y su objetivo principal era eliminar cuellos de botella del proceso.

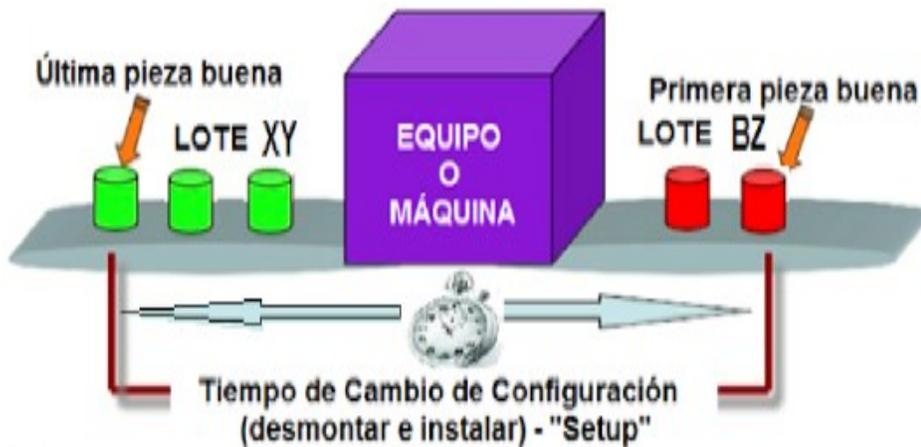
1.4.2. Definición

Galgano (2003) afirma que SMED “significa cambio de herramental en un solo dígito de minuto. Su fin es reducir el tiempo de preparación por debajo de 10 minutos” (p. 386). Del Vigo y Villanueva (2009) indican que “SMED es el acrónimo de *Single Minute Exchange of Dies*, que literalmente quiere decir cambio de una matriz en minutos de un solo dígito” (p.35). Mientras que para Salado (2015), SMED “es un conjunto de técnicas que hacen posible llevar a cabo cambios de modelo, de formato, de producción en tiempos reducidos” (p.301).

Por lo anterior se puede concluir que SMED es una metodología que busca reducir el tiempo de cambio a un dígito de minuto a través de eliminar o reducir los desperdicios.

Es importante mencionar que el tiempo de cambio se refiere al tiempo transcurrido desde que sale la última pieza buena del lote A, hasta la primera pieza buena del lote B como se muestra en la figura 1.

Figura 1. **Representación gráfica del tiempo de cambio**



Fuente: Cabrera (2012). *Manual de Lean Manufacturing simplificado para PYMES*.

1.4.3. Características

Para implementar la metodología SMED es esencial formar un equipo de trabajo multidisciplinario, es decir, operadores que realizan los cambios, personal de mantenimiento, personal de mejora continua, gerencias, calidad, seguridad, entre otros.

Para captar las operaciones que se llevan a cabo en el cambio, se recomienda una filmación, tomando en cuenta las características del cambio como el número de trabajadores, duración del cambio, desplazamientos (LSSI, 2017).

1.4.4. Etapas

Shingo (1993) indica que las etapas del SMED son las siguientes:

- Etapa 0: preparación previa

La etapa de preparación está compuesta de dos partes:

- Investigar
 - Consiste en conocer la máquina, la operación, el producto, el *layout* (distribución de planta) y el proceso de preparación existente.
 - Tener los datos históricos.
 - Observar la preparación en sitio.

Los medios recomendados son:

- Cámara de video y tarjetas de memoria con amplia capacidad.
- *Layout* de planta.
- Calculadora.
- Lápiz
- Papel
- Sala de reunión con acceso para visualizar las grabaciones (LSSI, 2017).

- Crear un equipo

Se fundamenta en la selección de los integrantes para integrar el equipo de trabajo, para brindarles la capacitación y formación que necesitan como base para la implementación de la metodología, y a su vez proporcionar los medios necesarios para su realización.

Según Progressa (2015), para crear un equipo de alto desempeño se debe incluir:

- Personal con experiencia en la preparación
 - Personal con capacidad para hacer movimientos organizativos
 - Personal con capacidad para realizar modificaciones técnicas
- Etapa 1: analizar las actividades del proceso al que se le va a aplicar SMED

En esta etapa se realizan una serie de filmaciones de una forma detallada, donde se capturan a todas las personas que intervengan en el proceso de cambio. Para la grabación se considera que el inicio sucede cuando sale la última pieza del lote A, y el final se da cuando se fabrica la primera pieza con calidad del lote B.

El resultado de la revisión de las grabaciones junto con el equipo de trabajo será una lista con las actividades enumeradas con su respectivo tiempo, para obtener la duración total del cambio (LSSI, 2017).

Figura 2. **Representación gráfica del tiempo total de cambio**



Fuente: Lean Six Sigma Institute. (2017). *Certificación black belt*.

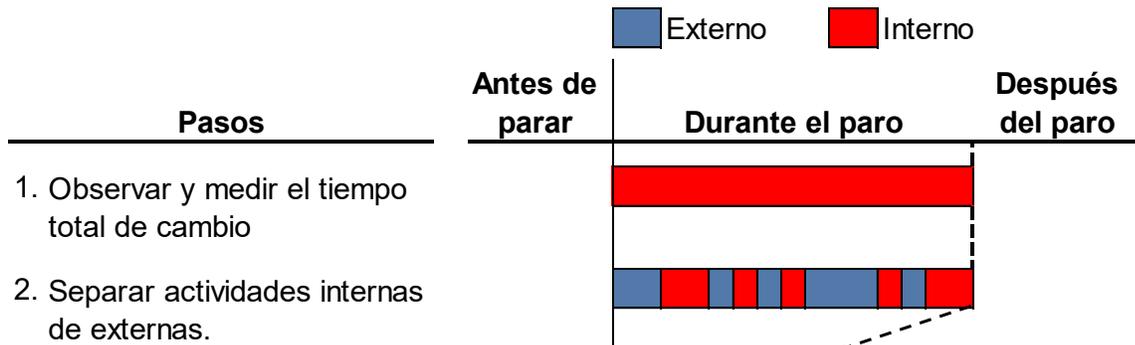
- Etapa 2: separar actividades internas de externas

Esta fase es vital para lograr un buen resultado en los cambios rápidos, debido a que es el principal factor susceptible de mejora; esto se debe a que hay un alto porcentaje de actividades que usualmente se pueden realizar antes o después del proceso de cambio.

Para realizar la clasificación es importante conocer los siguientes conceptos:

- Actividades internas: son actividades que pueden ser realizadas únicamente con la máquina detenida o cuando la producción se ha detenido.
- Actividades externas: corresponden a las actividades que se pueden realizar mientras la máquina está en proceso de producción.

Figura 3. **Representación gráfica de la separación de actividades internas de externas**

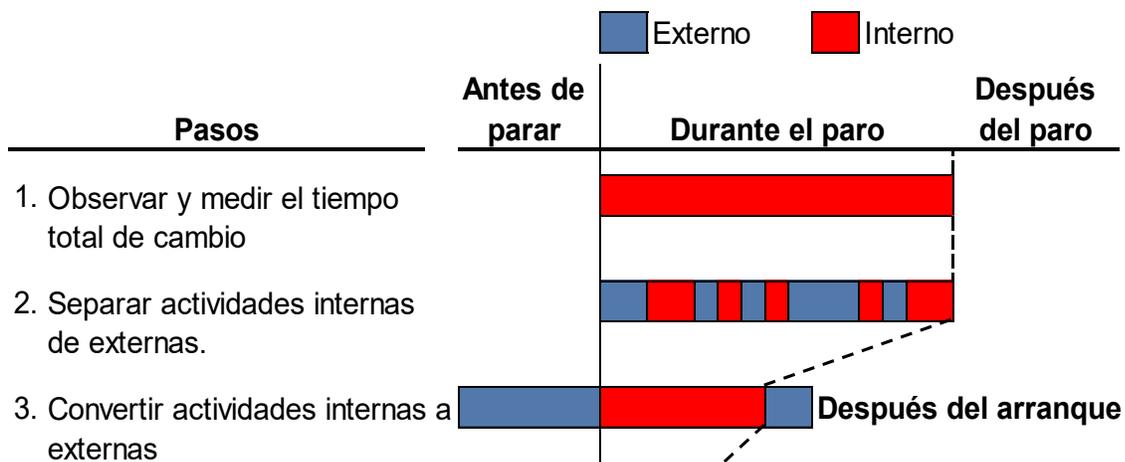


Fuente: Lean Six Sigma Institute. (2017). *Certificación black belt.*

- Etapa 3: convertir actividades internas a externas

Este paso corresponde al análisis de las actividades internas para identificar las acciones que necesariamente deben realizarse durante el paro y el resto convertirlas en externas.

Figura 4. **Representación gráfica de convertir actividades internas a externas**



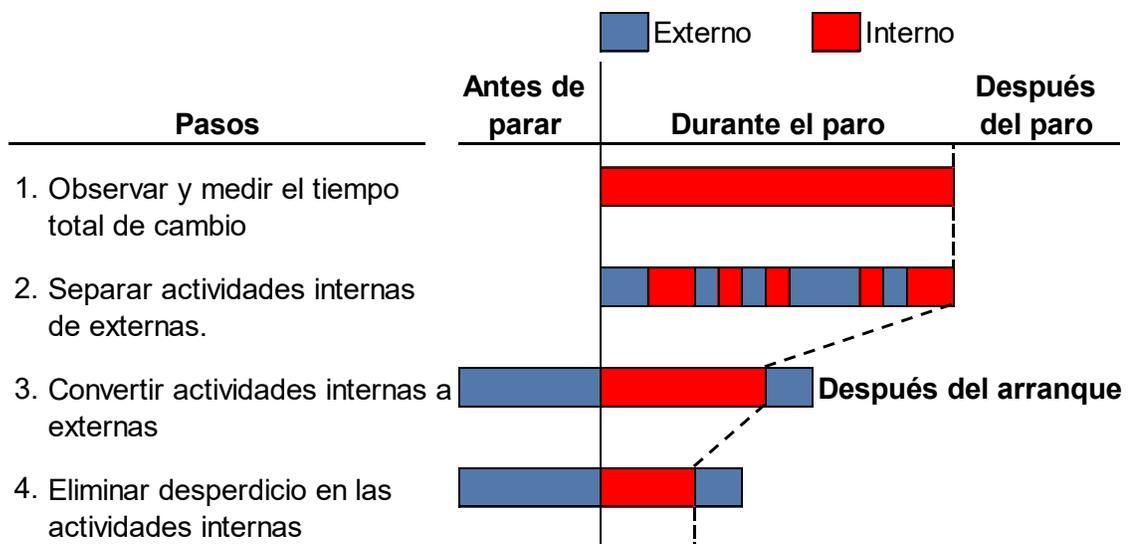
Fuente: Lean Six Sigma Institute. (2017). *Certificación black belt.*

- Etapa 4: eliminar desperdicio de las actividades internas

En esta etapa se generan propuestas para mejorar los tiempos de las actividades que se hacen durante el cambio, es decir durante el paro, debido a que se definen cuáles necesitan ser mejoradas, para ello hay que concretar un plan de acción, para así implementar con éxito la idea de mejora.

Consiste en eliminar o reducir cualquiera de los siete desperdicios como simplificar tareas, simplificar conexiones, utilizar controles visuales donde se necesite, entre otros.

Figura 5. **Representación gráfica de eliminar desperdicios en las actividades internas**

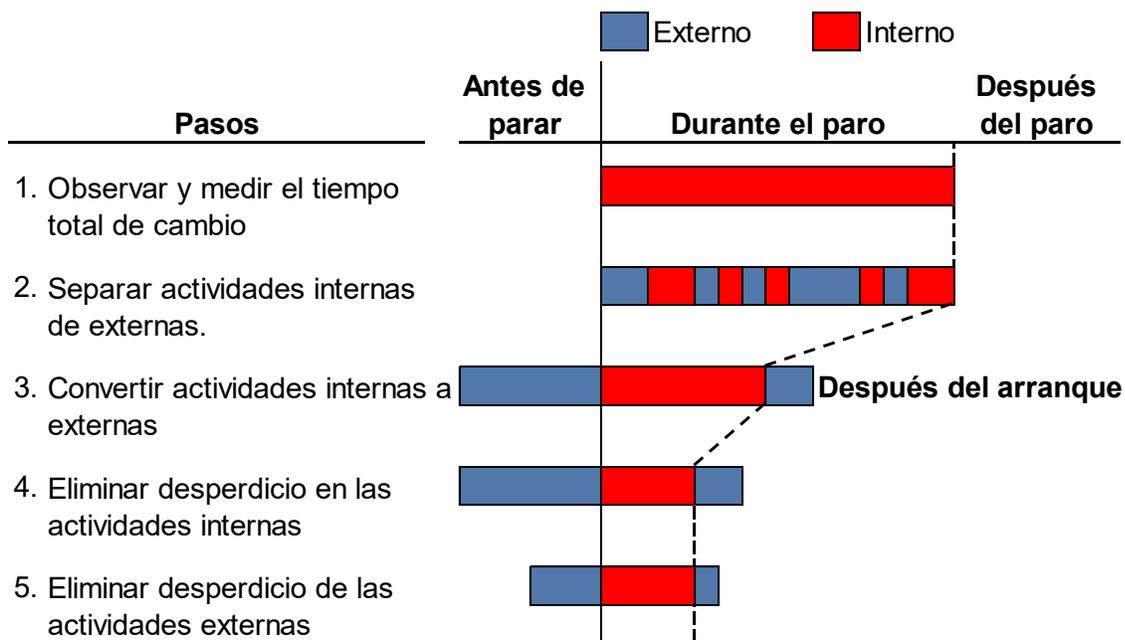


Fuente: Lean Six Sigma Institute. (2017). *Certificación black belt*.

- Etapa 5: eliminar el desperdicio de las actividades externas

Consiste en estudiar cada una de las actividades que se realizan fuera del proceso de cambio, para luego reducir o eliminar los desperdicios, estas actividades, aunque se realicen fuera del paro no dejan de ser importantes. El resultado de esta etapa es una lista de aprobación que garantiza los elementos requeridos para preparar el equipo disponible con el correcto funcionamiento para la operación siguiente.

Figura 6. **Representación gráfica de eliminar desperdicios de las actividades externas**



Fuente: Lean Six Sigma Institute. (2017). *Certificación black belt*.

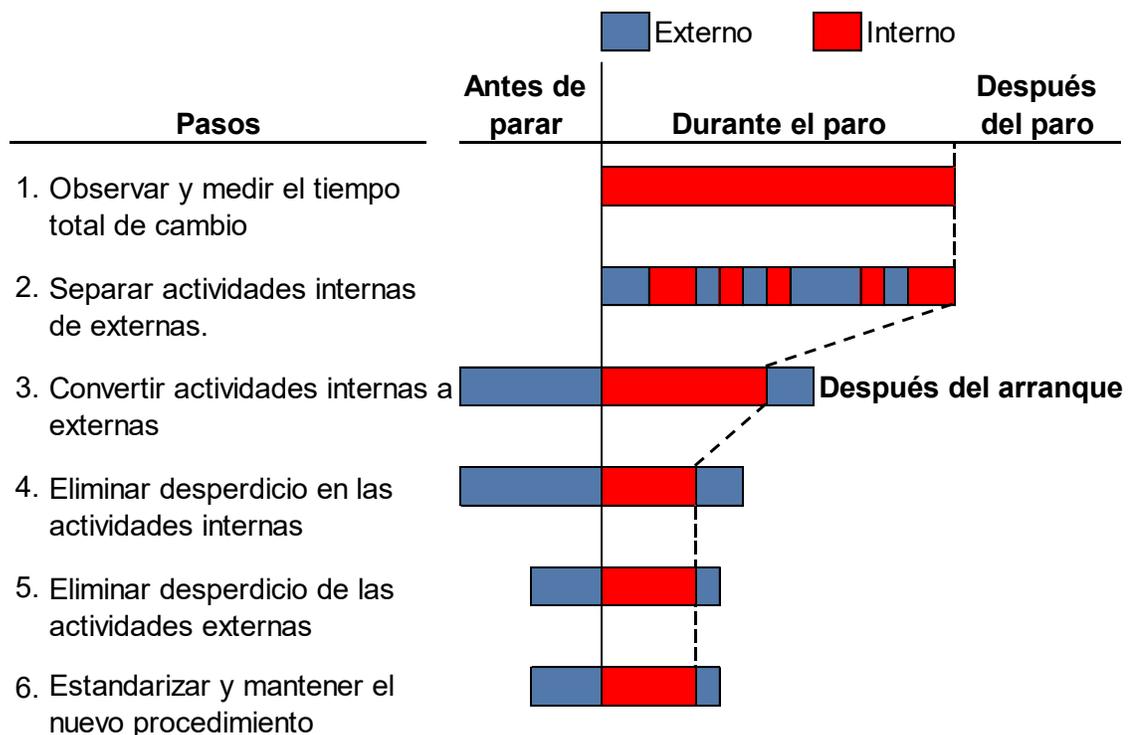
- Etapa 6: estandarizar y sostener el nuevo procedimiento

Una vez terminado el nuevo procedimiento de cambio, se debe:

- Informar y entrenar a los involucrados.
- se debe colocar una copia del procedimiento, principalmente en los lugares de trabajo.
- se debe establecer metas, los tiempos tienen que medirse y publicar en un tablero de forma visual para cada una de las máquinas y para el área en general.

Es importante mencionar que todo lo que no se mide, no se puede mejorar. La representación gráfica al finalizar con las etapas de la metodología SMED se muestra a continuación.

Figura 7. **Representación gráfica de estandarizar y mantener el nuevo procedimiento**

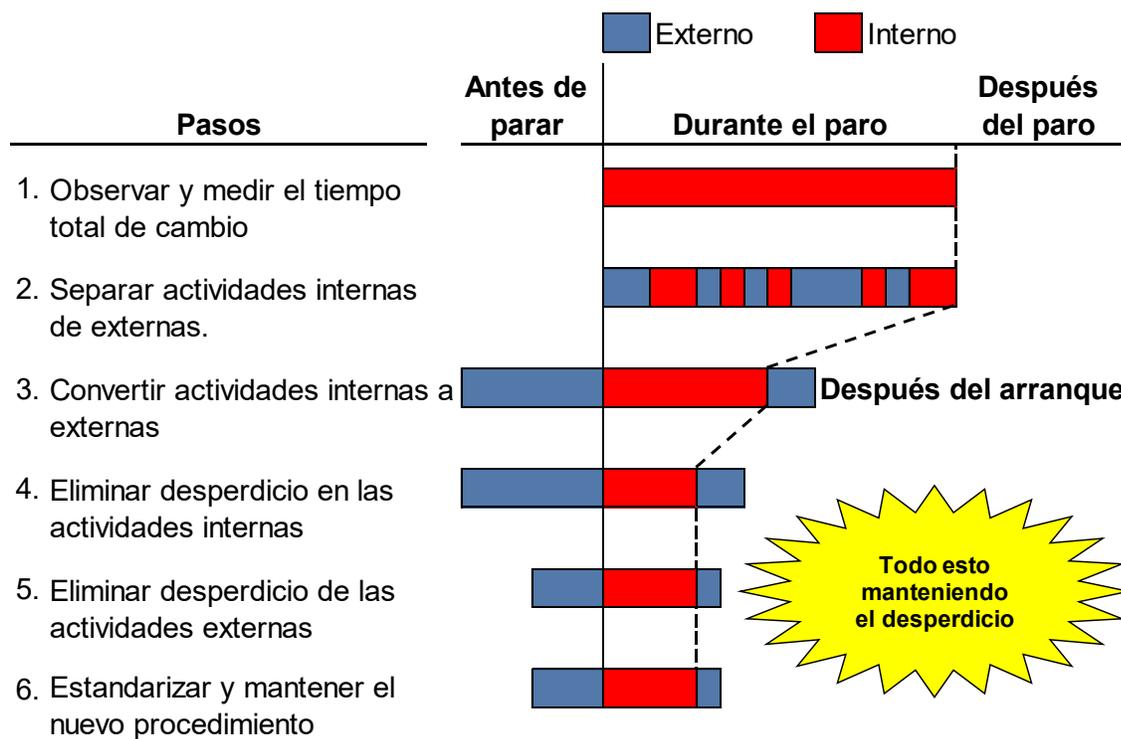


Fuente: Lean Six Sigma Institute. (2017). *Certificación black belt.*

Posterior a la aplicación de las seis etapas antes mencionadas de la metodología SMED, se obtiene un proceso con la mínima cantidad de desperdicio.

La representación gráfica de todas las etapas asociadas con la metodología SMED y su impacto desde la etapa 1 se muestra en la figura siguiente:

Figura 8. **Representación gráfica de las etapas del SMED**



Fuente: Lean Six Sigma Institute. (2017). *Certificación black belt*.

1.4.5. Beneficios

Entre los beneficios que se pueden obtener al implementar la metodología SMED es posible listar:

- Mayor flexibilidad
- Rapidez en la entrega
- Reducir el desperdicio
- Aumentar la capacidad
- Incrementar el número de cambios
- Más variedad
- Reducir tiempo de entrega
- Aumentar la respuesta al cliente
- Minimizar el tiempo muerto (LSSI, 2017)

1.4.6. Consejos para la implementación de un nuevo proceso

Edgett y Jones (2013) numeran 10 consejos para implementar con éxito un proceso de innovación.

- Tener un proceso bien diseñado y creíble: es importante mencionar que este es la base y el punto de partida del proyecto; para garantizar se hace un cimiento fuerte, se debe contar con un equipo multidisciplinario y un líder que tenga clara las debilidades y fortalezas del proceso que va a estudiar. (Edgett y Jones, 2013).
- Entregar un liderazgo visible y significativo: esto equivale a que los líderes deben predicar con el ejemplo. Además, los ejecutivos deben estar completamente comprometidos e involucrados en el proceso.
- Asegurarse de tener recursos suficientes y apropiados: este consejo se resume en no arriesgar la implementación del nuevo proceso, haciéndolo barato, la asignación de recursos debe ser acorde a las necesidades.

- Crear roles y responsabilidades definidas. Edgett y Jones (2013) afirman que, mientras los integrantes estén claros con sus roles y responsabilidades, esto facilita que la gente contribuya.
- Tener un enfoque estratégico de implementación: el enfoque debe ajustarse de acuerdo a la capacidad del equipo, lo recomendable es colocar pequeñas metas, pero alcanzables.
- Ser efectivo con la comunicación y mercadeo: es importante mencionar que la comunicación es un punto clave, debido a que de ella depende convencer al resto del equipo para participar en la nueva iniciativa; para que se cumpla debe ser clara, concisa y constante.
- Seguir el desempeño: se debe encontrar la forma de mostrar los resultados y que permanezcan en un espacio donde todos tengan acceso a la información, esto ayudará a que todos conozcan el proceso, y debe recordarse que lo que no se mide no se hace (Edgett y Jones, 2013).
- Nombrar un patrocinador ejecutivo: el rol del patrocinador es ser el líder que inspira al equipo a contribuir y participar en el plan del cambio; sin embargo, debe ser la persona capaz de llamar la atención a cualquier integrante del equipo por comportamientos inapropiados.
- Entender el impacto en la cultura de su empresa: Edgett y Jones (2013) manifiestan que hay que comprender la cultura de la empresa y conocer los retos que implica. Este ejercicio se puede realizar haciendo preguntas sobre la situación y logros de la empresa.

- Buscar una gestión efectiva del cambio: en este punto se resalta que el ser humano tiende a aceptar el cambio si entiende por qué es necesario. Se debe reconocer a las personas que lo merecen, quiénes se han comprometido con el nuevo proceso y, sobre todo, deben estar preparados para la mejora continua.

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del proceso de implementación de la metodología SMED en el Departamento de Etiquetas en una industria de productos plásticos agroindustriales, el esquema se desarrolló con base en la identificación de actividades involucradas en el cambio de orden de producción, la aplicación de las etapas de la metodología SMED y la evaluación de resultados de la implementación.

Para el desarrollo de la investigación se realizó la revisión documental en fuentes primarias y secundarias, la cual constituyó la base para la realización del trabajo de investigación.

Luego, se hizo el diagnóstico situacional del procedimiento, de los tiempos de cambio de orden de producción de cada una de las máquinas y del área en general, para lo cual se realizó el registro, sistematización y posterior análisis de la documentación, procesos y datos históricos de los tiempos de cambios de orden de producción, la temporalidad del registro y análisis de los datos abarcó 9 meses, asimismo se realizó el análisis del ambiente laboral para lo cual se desarrolló una entrevista de forma individual a los involucrados en el proceso de cambio de orden de producción.

Posteriormente se realizó la implementación de las 6 etapas de la Metodología SMED de una forma detallada con tablas y gráficas.

Las tablas se elaboraron en cada una de las etapas las cuales contiene los roles de los involucrados en el proceso de cambio con sus respectivas actividades y tiempo total de ejecución.

También, se realizaron gráficas en cada una para demostrar los cambios obtenidos en cada etapa e identificar con mayor facilidad el resultado de la metodología y como el tiempo total y las actividades van reduciendo.

Para demostrar los beneficios obtenidos de la implementación de la metodología SMED, se efectuó el seguimiento, registro y análisis de los datos del área. Para la elaboración de dichos resultados se tabuló la información de 7 meses de seguimiento de cada una de las máquinas y del departamento en su conjunto y con ello presentar las conclusiones y recomendaciones del estudio.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

El desarrollo del proceso de implementación de la metodología SMED, se utilizó para definir el procedimiento adecuado y reducir el tiempo de cambio de orden de producción en cada una de las máquinas y por ende del Departamento de Etiquetas. De acuerdo a los objetivos propuestos se presentan los siguientes resultados.

3.1. Diagnóstico situacional

En esta fase se realizó el análisis de la documentación y datos históricos de los tiempos de los cambios de orden de producción del Departamento de Etiquetas, asimismo se efectuó una entrevista a los involucrados en el proceso de cambio, con el objeto de determinar las características del ambiente laboral previo a la implementación de la metodología SMED.

- Objetivo 1: determinar las actividades involucradas en el proceso de cambio de orden de producción.

En correspondencia al primer objetivo propuesto se presentan los siguientes resultados.

3.1.1. Procedimiento

Se realizó un análisis del procedimiento de cambio existente. A ese respecto, se constató que el Departamento de Etiquetas no posee un

procedimiento estandarizado para realizar los cambios de orden de producción, donde se definan los responsables de las tareas involucradas en el proceso.

Se determinó que la totalidad de las actividades que involucran el proceso de cambio de orden de producción se ejecuta con la máquina detenida.

3.1.2. Tiempos de cambio de orden de producción

Para el análisis de los cambios de orden de producción del Departamento de Etiquetas y de cada una de sus máquinas se utilizaron datos históricos, la temporalidad del registro y análisis de los datos abarcó nueve meses.

Para calcular el tiempo promedio de cambio que se muestran en las tablas de cada una de las máquinas y del departamento, se utilizó la cantidad de horas de cambio y la cantidad de órdenes ejecutadas.

El tipo de cambio de orden de producción que se analizó en el área de impresión es el de formato, debido a que en cada orden se realizan cambios como: colores (entre 4 y 8 colores), ancho de papel, adhesivo, tipo de papel, tipo de troquelado, barniz.

De acuerdo a los datos analizados se determinó que para la máquina 1 el promedio de cambio de la muestra es de 40.60 minutos por la cantidad de 966 órdenes de producción, como se presenta en la tabla siguiente.

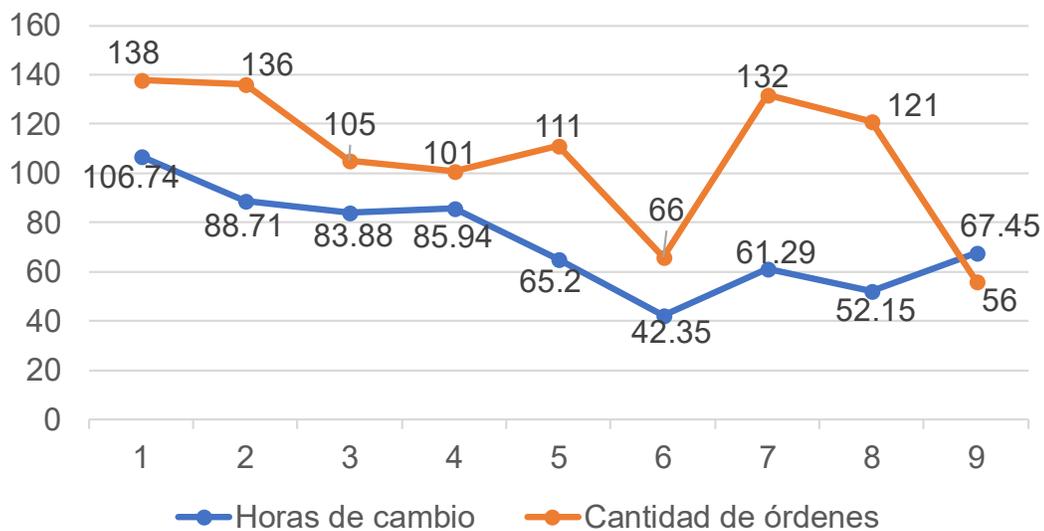
Tabla II. **Promedio de tiempo de cambio antes del SMED máquina 1**

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Horas de cambio	106.74	88.71	83.88	85.94	65.2	42.35	61.29	52.15	67.45	653.71
Cantidad de órdenes	138	136	105	101	111	66	132	121	56	966
Promedio (horas)	0.77	0.65	0.8	0.85	0.59	0.64	0.46	0.43	1.2	0.68
Promedio (minutos)	46.41	39.14	47.93	51.05	35.24	38.5	27.86	25.86	72.27	40.6

Fuente: elaboración propia.

El comportamiento del tiempo total de cambio frente a la cantidad de órdenes de producción de los datos analizados que corresponden a la máquina 1 se presenta en la siguiente figura.

Figura 9. **Total horas de cambio contra cantidad de órdenes de producción antes del SMED máquina 1**



Fuente: elaboración propia.

Para la máquina 2 el promedio de cambio de los meses analizados es de 44.54 minutos, por la cantidad de 1177 órdenes de producción, como se presenta en la siguiente tabla.

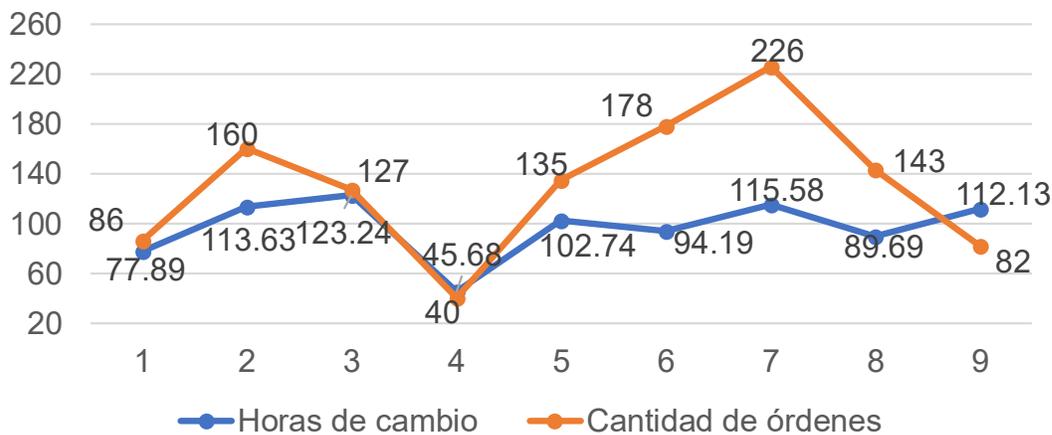
Tabla III. **Promedio de tiempo de cambio antes del SMED máquina 2**

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Horas de cambio	77.89	113.63	123.24	45.68	102.74	94.19	115.58	89.69	112.13	874.77
Cantidad de órdenes	86	160	127	40	135	178	226	143	82	1177
Promedio (horas)	0.91	0.71	0.97	1.14	0.76	0.53	0.51	0.63	1.37	0.74
Promedio (minutos)	54.34	42.61	58.22	68.52	45.66	31.75	30.68	37.63	82.05	44.59

Fuente:elaboración propia.

El comportamiento del tiempo total de cambio frente a la cantidad de órdenes de producción de la muestra se presenta en la siguiente figura.

Figura 10. **Total horas de cambio contra cantidad de órdenes de producción antes del SMED máquina 2**



Fuente: elaboración propia.

En la máquina 3 el promedio de cambio es de 49.94 minutos, por la cantidad de 470 órdenes de producción, como se detalla en la siguiente tabla.

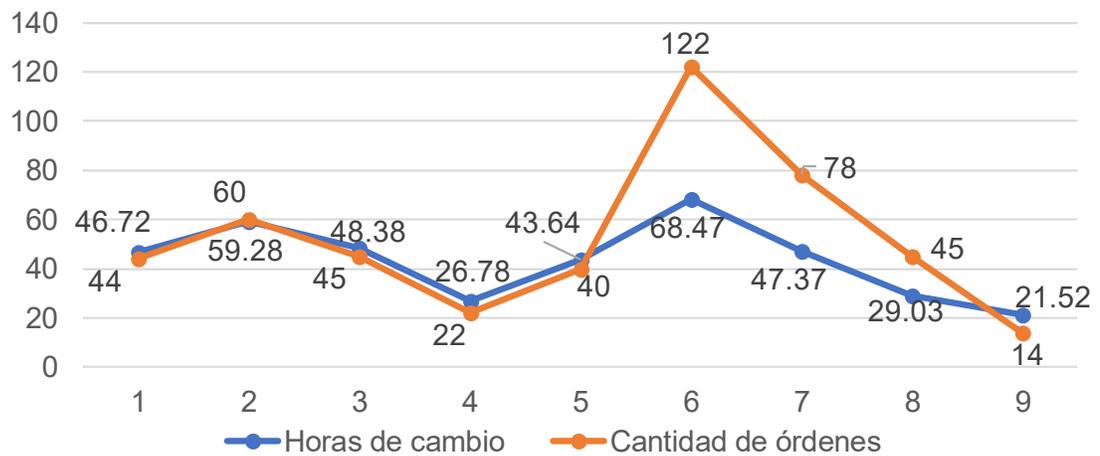
Tabla IV. **Promedio de tiempo de cambio antes del SMED máquina 3**

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Horas de cambio	46.72	59.28	48.38	26.78	43.64	68.47	47.37	29.03	21.52	391.19
Cantidad de órdenes	44	60	45	22	40	122	78	45	14	470
Promedio (horas)	1.06	0.99	1.08	1.22	1.09	0.56	0.61	0.65	1.54	0.83
Promedio (minutos)	63.71	59.28	64.51	73.04	65.46	33.67	36.44	38.71	92.23	49.94

Fuente: elaboración propia.

El comportamiento del tiempo total de cambio frente a la cantidad de órdenes de producción de los datos que fueron analizados para la máquina 3 se muestra en la siguiente figura.

Figura 11. **Total horas de cambio contra cantidad de órdenes de producción antes del SMED máquina 3**



Fuente: elaboración propia.

Mientras que para la máquina 4 el tiempo promedio de cambio de la muestra es de 48.76 minutos, por la producción de 1587 órdenes como se detalla en la siguiente tabla.

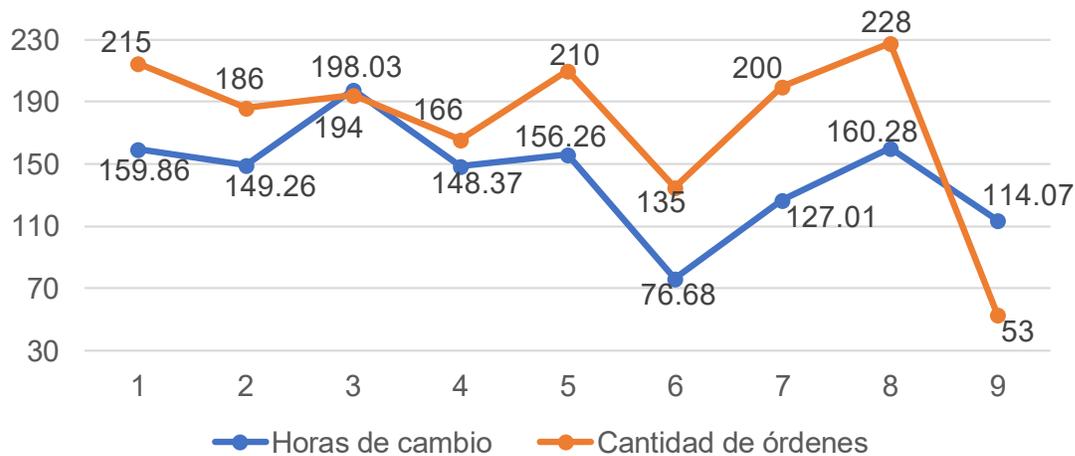
Tabla V. **Promedio de tiempo de cambio antes del SMED máquina 4.**

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Horas de cambio	159.86	149.26	198.03	148.37	156.26	76.68	127.01	160.28	114.07	1289.82
Cantidad de órdenes	215	186	194	166	210	135	200	228	53	1587
Promedio (horas)	0.74	0.8	1.02	0.89	0.74	0.57	0.64	0.7	2.15	0.81
Promedio (minutos)	44.61	48.15	61.25	53.63	44.65	34.08	38.1	42.18	129.14	48.76

Fuente: elaboración propia.

El comportamiento del tiempo de cambio frente a la cantidad de órdenes de producción se muestra en la siguiente figura.

Figura 12. **Total horas de cambio contra cantidad de órdenes de producción antes del SMED máquina 4**



Fuente: elaboración propia.

Finalmente se realizó el análisis para el Departamento de Etiquetas en su conjunto y se estableció que el promedio de cambio de orden de producción del área es de 45.85 minutos, por la cantidad de 4200 órdenes de producción, como se detalla en la siguiente tabla.

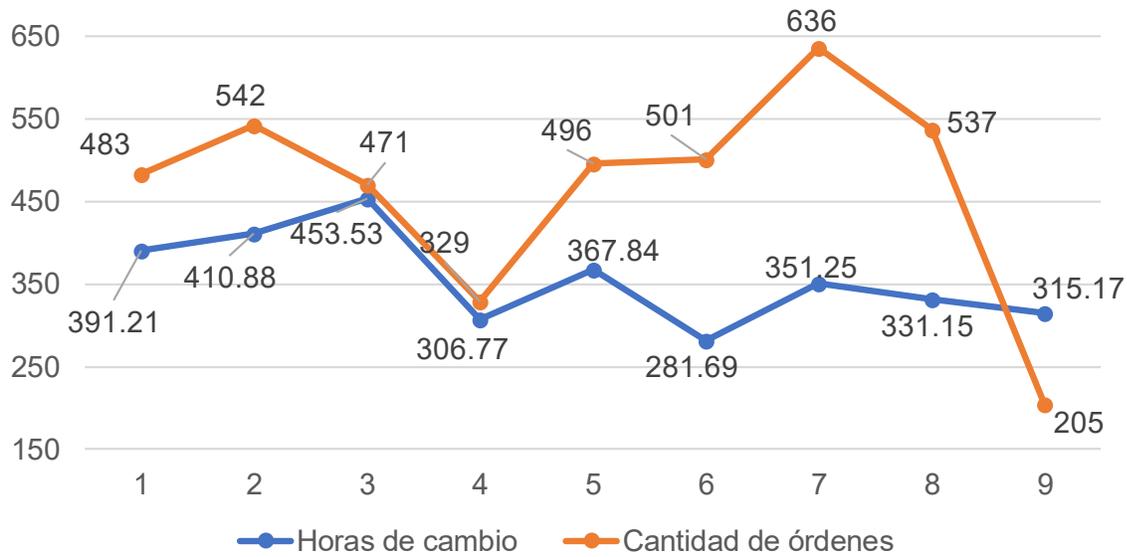
Tabla VI. **Promedio de tiempo de cambio del Departamento de Etiquetas antes del SMED**

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Horas de cambio	391.21	410.88	453.53	306.77	367.84	281.69	351.25	331.15	315.17	3209.49
Cantidad de órdenes	483	542	471	329	496	501	636	537	205	4200
Promedio (horas)	0.81	0.76	0.96	0.93	0.74	0.56	0.55	0.62	1.54	0.76
Promedio (minutos)	48.6	45.48	57.77	55.95	44.5	33.74	33.14	37	92.24	45.85

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra el comportamiento del tiempo de cambio frente a la cantidad de órdenes de producción de la muestra que se analizó.

Figura 13. Total de horas de cambio contra cantidad de órdenes de producción, Departamento de Etiquetas antes del SMED



Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Ambiente laboral

Para establecer cuál era el ambiente laboral se desarrolló una entrevista con los colaboradores de la empresa de productos plásticos agroindustriales, con ello se pudo establecer que sobre el proceso de cambio existente el trabajo era muy desordenado, sucio, cansado, no había claridad del responsable de las tareas y falta de capacitación al personal.

Luego, se cuestionó sobre quienes participan en el proceso de cambio y la respuesta de la totalidad de los entrevistados fue: auxiliares y operador.

En cuanto a sus tareas respondieron que sí las conocían, aunque de forma desordenada e improvisada la idea era desmontar la orden anterior y montar la

siguiente orden, una vez que respondieron se cuestionó sobre qué ventajas tendría la implementación de un nuevo procedimiento y su impacto, a lo que respondieron, menos esfuerzo, más orden, trabajo estandarizado y disminución en el tiempo. Por lo que los mismos colaboradores consideran positivo la aplicación una nueva metodología.

- Objetivo 2: implementar las etapas de la metodología SMED para reducir el tiempo de cambio en el proceso de producción.

De acuerdo al segundo objetivo planteado en esta fase se muestran los resultados obtenidos de la implementación de la metodología.

3.2. Implementación de las etapas de la metodología SMED

A continuación, se detalla paso a paso las etapas que se realizaron para la implementación de la metodología SMED en el área de impresión del Departamento de Etiquetas para alcanzar la reducción del tiempo existente.

3.2.1. Etapa 0: preparación previa

La etapa 0 está compuesta de dos partes, investigar y crear un equipo.

- Investigar

En esta etapa se realizaron las siguientes actividades:

- Se analizaron los datos de 9 meses.

- Se efectuaron visitas al área de etiquetas para conocer las máquinas, la operación, el producto, la distribución del área y el proceso de preparación.
 - Se observó el proceso de cambio en sitio.
 - Se prepararon los medios necesarios para el proceso de implementación de la metodología SMED como: cámara de video, tarjeta de memoria, sala de reuniones con proyector, lápiz, papel.
- Crear un equipo

En esta fase se seleccionó con ayuda del supervisor del área a los trabajadores que iban a integrar el equipo multidisciplinario, el cual quedó compuesto de la siguiente forma:

- Impresores
- Auxiliares
- Encargados
- Mecánico
- Electricista
- Supervisor
- Mejora continua
- Gerencia

El equipo multidisciplinario tenía como objetivo aprovechar la sinergia de sus integrantes, recibir el entrenamiento sobre la metodología SMED y el análisis, la evaluación de las condiciones existentes, la participación en la implementación y el seguimiento de las mejoras propuestas.

Durante el proceso de formación se explicaron los objetivos, la importancia y los beneficios de lograr la mejora en los cambios de orden de producción del departamento.

3.2.2. Etapa 1: analizar las actividades del proceso al que se le va a aplicar SMED

En esta etapa se realizó una serie de filmaciones de una forma detallada con el objetivo de identificar a todas las personas que intervienen en el proceso de cambio de orden de producción y las actividades que ejecutan cada uno de los involucrados. Los datos capturados en las filmaciones se utilizarán para explicar etapa por etapa la forma en que se implementó la metodología SMED.

Después de la filmación se procedió con la revisión de cada una de las grabaciones junto con el equipo multidisciplinario y como resultado de la exploración se obtuvo una lista de actividades enumeradas con su respectivo tiempo, el resumen se muestra en la siguiente tabla.

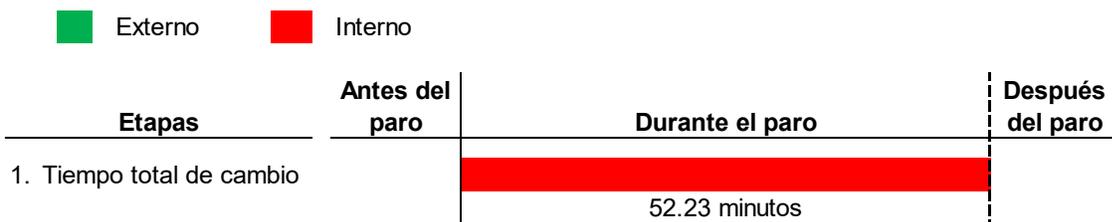
Tabla VII. **Total de actividades y tiempos del proceso de cambio por participante**

Responsable	Cantidad de actividades	Tiempo (minutos)
Operador	43	45.53
Auxiliar 1	46	52.23
Auxiliar 2	25	28.43

Fuente: elaboración propia.

Para ejemplificar la aplicación de cada una de las etapas de la metodología SMED, se tomó como referencia el tiempo total de cambio de orden de producción del auxiliar 1, debido a que de los tres participantes es el que representa mayor tiempo, es decir es el involucrado que marca el ritmo del proceso de cambio, a continuación, se muestra en una figura el tiempo total de cambio inicial.

Figura 14. **Representación gráfica del tiempo total de cambio**



Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Etapa 2: separar actividades internas de externas

Posterior a la lista de actividades identificadas se procedió con la clasificación de todas las tareas involucradas en el proceso, para su clasificación se utilizaron dos conceptos básicos que son las actividades internas y las actividades externas, las primeras corresponden a todas las actividades que se realizan exclusivamente con la máquina parada; mientras que las segundas son las tareas que se pueden ejecutar antes o después del paro de la máquina.

El resultado de esta fase incidió significativamente para obtener mejoras en el proceso debido a que cerca del cincuenta por ciento de las actividades correspondían a tareas de preparación y búsqueda de materiales, herramientas e insumos lo que se traduce en actividades externas.

En la siguiente tabla se presenta el resumen que se obtuvo al aplicar esta etapa.

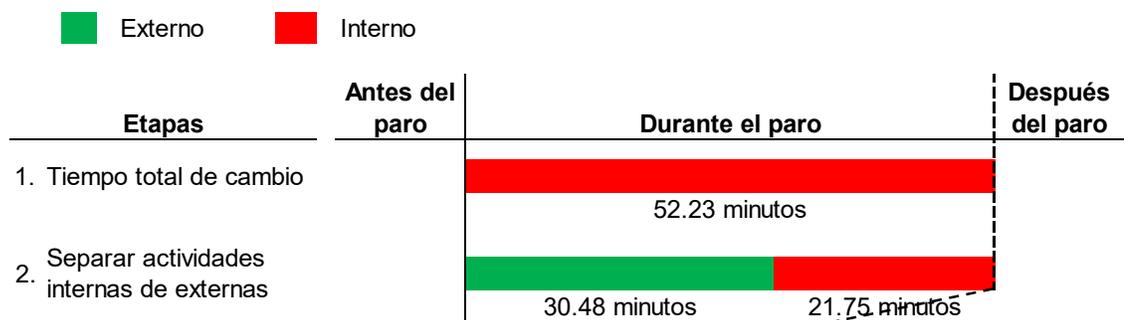
Tabla VIII. **Tiempo total de actividades internas y externas por participante**

Responsable	Total actividades	Tiempo (Minutos)	Total actividades internas	Tiempo (Minutos)	Total actividades externas	Tiempo (Minutos)
Operador	43	45.53	22	32.47	21	13.07
Auxiliar 1	46	52.23	22	21.75	24	30.48
Auxiliar 2	25	28.43	12	21.62	13	6.82

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta gráficamente la separación de las actividades internas y externas.

Figura 15. **Representación gráfica de la separación de actividades internas de externas**



Fuente: elaboración propia.

3.2.4. Etapa 3: convertir actividades internas a externas

Al finalizar la categorización de todas las tareas involucradas en el proceso de cambio, se analizaron e identificaron junto con el equipo multidisciplinario las acciones que necesariamente se debían realizar durante el paro de máquina y así convertir las actividades restantes en externas.

Como resultado del análisis que se realizó se determinaron los siguientes datos.

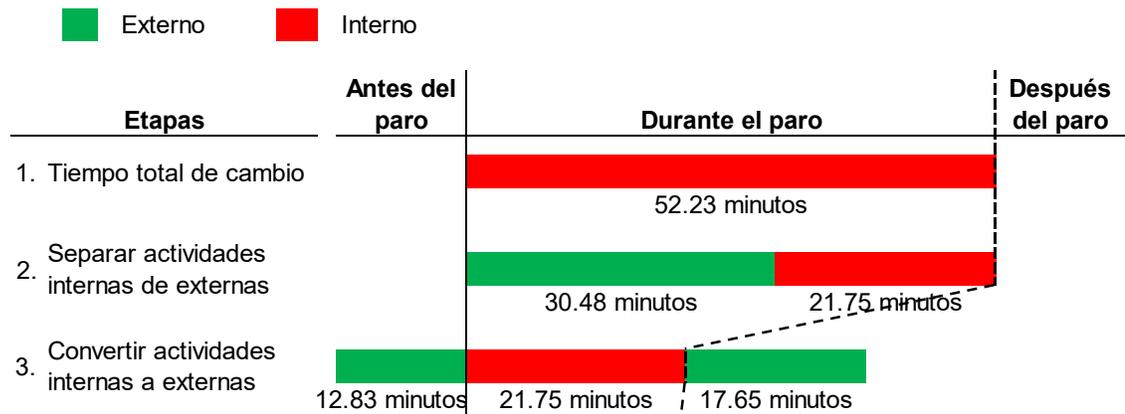
Tabla IX. **Tiempo total de actividades externas, antes y después del paro de máquina por participante**

Responsable	Total actividades	Tiempo (Minutos)	Total actividades internas	Tiempo (Minutos)	Total actividades externas	Total actividades antes del paro	Tiempo (Minutos)	Total actividades después del paro	Tiempo (Minutos)
Operador	43	45.53	22	32.47	21	19	12.58	2	0.48
Auxiliar 1	46	52.23	22	21.75	24	14	12.83	10	17.65
Auxiliar 2	25	28.43	12	21.62	13	11	4.53	2	2.28

Fuente: elaboración propia.

La representación gráfica del resultado de esta etapa se muestra a continuación.

Figura 16. **Representación gráfica de la separación de actividades internas de externas**



Fuente: elaboración propia.

3.2.5. Etapa 4: eliminar desperdicio de las actividades internas

El objetivo de esta etapa fue la eliminación o reducción de cualquiera de los desperdicios detallados en el marco teórico, principalmente se eliminaron tareas duplicadas, se simplificaron actividades que se podían realizar de una mejor forma y se excluyeron tareas que no eran necesarios para el proceso.

Del análisis que se realizó surgieron propuestas para mejorar aún más los tiempos de las actividades que se ejecutan durante el cambio de orden es decir durante el tiempo de paro, entre ellas se pueden mencionar:

- Estación de lavado móvil.
- Mueble móvil para ubicar insumos, materiales y herramientas para el cambio.
- Cambio de bandejas de cartón por bandejas de acero inoxidable.

- Mesa de trabajo con área para utensilios, materiales y herramientas para la orden entrante y para la orden saliente.
- Cambio en el diseño del área.

Al finalizar con el proceso de eliminación de desperdicio de las actividades internas se obtuvo la siguiente información.

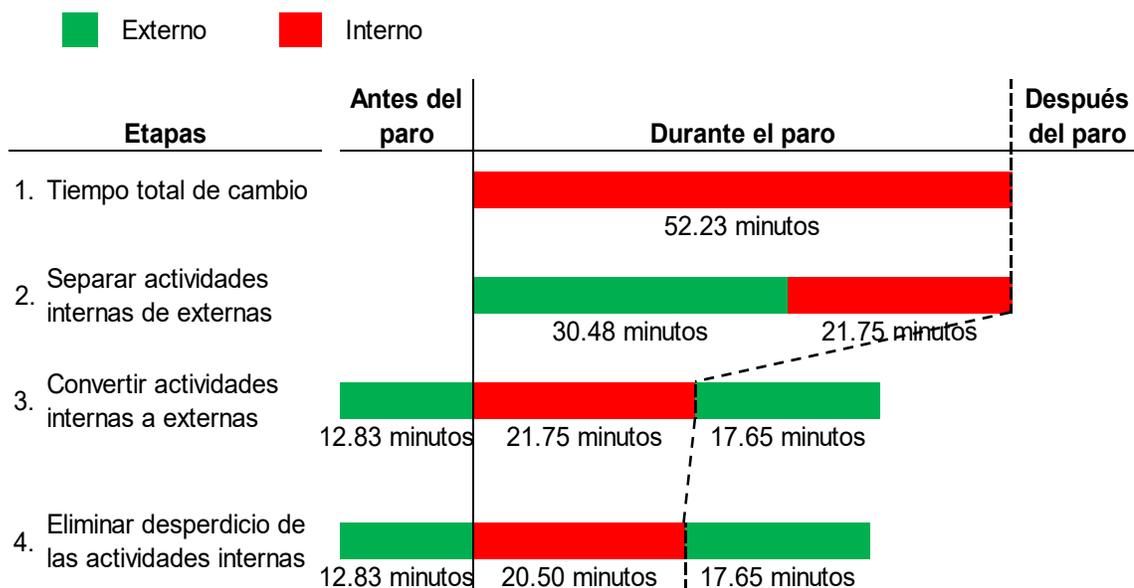
Tabla X. **Tiempo total de desperdicio en las actividades internas por participante**

Responsable	Total actividades	Tiempo (Minutos)	Total actividades internas inicial	Tiempo inicial (Minutos)	Total actividades desperdicio	Tiempo (Minutos)	Total actividades internas final	Tiempo final (Minutos)
Operador	43	45.53	22	32.47	7	12.37	15	20.1
Auxiliar 1	46	52.23	22	21.75	2	1.25	20	20.5
Auxiliar 2	25	28.43	12	21.62	1	3.47	11	18.15

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se muestran las etapas previamente analizadas incluyendo la eliminación de desperdicio de las actividades internas.

Figura 17. **Representación gráfica de eliminar el desperdicio de las actividades internas**



Fuente: elaboración propia.

3.2.6. **Etapa 5: eliminar desperdicio de las actividades externas**

En esta fase se analizaron las actividades que se realizan fuera del proceso de cambio buscando reducir o eliminar los desperdicios que, aunque se estén realizando fuera del paro de máquina no dejan de ser importantes.

En la evaluación que se realizó principalmente se detectaron y eliminaron tareas duplicadas, se redujeron tareas repetitivas y se buscó la mejor forma de mantener disponible y a la mano todos los recursos necesarios para el proceso de cambio.

El resultado de esta etapa fue una lista con los elementos esenciales que deben prepararse, que incluye:

- Herramientas (llaves, espátulas)
- Insumos de limpieza (agua con jabón, esponjas, estropajo, solvente)
- Materia prima (tintas, papel)
- Elementos de máquina (cilindros, sellos)

Lo expuesto en el párrafo anterior sirvió para garantizar que el proceso de cambio fuera ejecutado correctamente y en un menor tiempo.

Al finalizar la eliminación de los desperdicios de las actividades externas se obtuvo los resultados siguientes.

Tabla XI. **Tiempo total de desperdicio en las actividades externas por participante**

Responsable	Total actividades	Tiempo (Minutos)	Total actividades externas inicial	Tiempo inicial (Minutos)	Total actividades desperdicio	Tiempo (Minutos)	Total actividades externas final	Tiempo final (Minutos)
Operador	43	45.53	21	13.07	10	5.72	11	7.35
Auxiliar 1	46	52.23	24	30.48	12	14.08	12	16.4
Auxiliar 2	25	28.43	13	6.82	8	3.63	5	3.19

Fuente: elaboración propia.

En la tabla que se muestra a continuación se detalla la mejora que se obtuvo para cada uno de los involucrados al aplicar la etapa de eliminar el desperdicio de las actividades externas y su impacto en el tiempo de antes y después del paro.

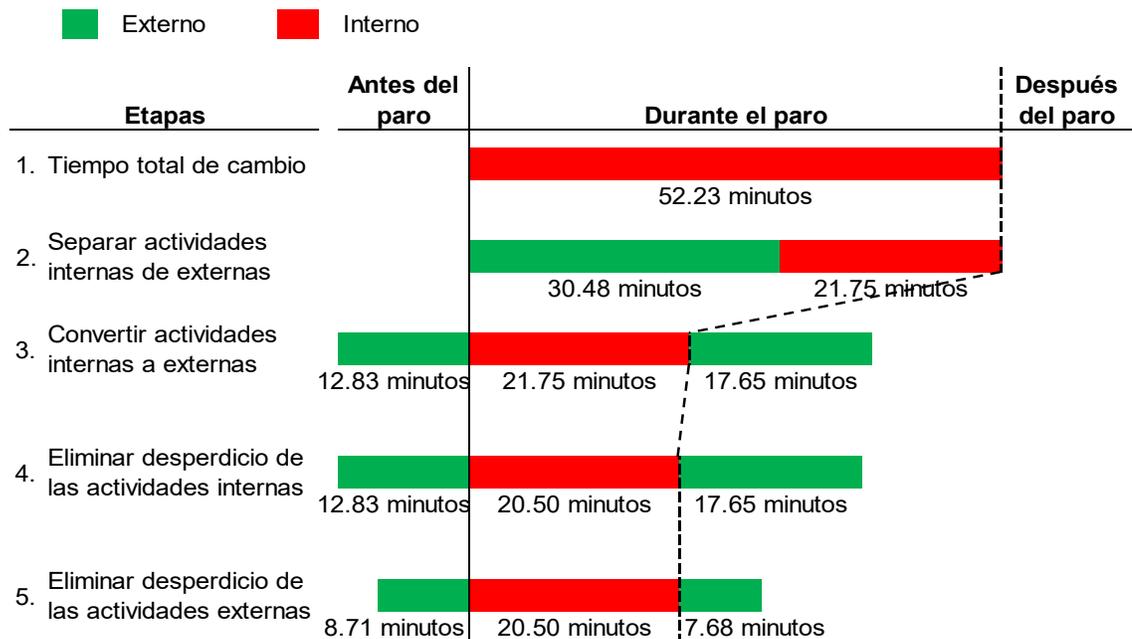
Tabla XII. **Tiempo final de las actividades externas antes y después del paro**

Responsable	Tiempo total antes del paro (Minutos)	Tiempo total de desperdicio antes del paro (Minutos)	Total tiempo final antes del paro	Tiempo total después del paro (Minutos)	Tiempo total de desperdicio después del paro (Minutos)	Total tiempo final después del paro
Operador	12.58	5.72	6.86	0.48	0	0.48
Auxiliar 1	12.83	4.12	8.71	17.65	9.97	7.68
Auxiliar 2	4.53	3.63	0.9	2.28	0	2.28

Fuente: elaboración propia.

La representación gráfica de la eliminación del desperdicio de las actividades externas se muestra en la siguiente figura.

Figura 18. **Representación gráfica de la eliminación de desperdicio de las actividades externas**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 18 se puede observar gráficamente el impacto que tuvo cada una de las etapas en el proceso de cambio y como se fue marcando la diferencia entre una y otra.

3.2.7. Etapa 6: estandarizar y sostener el nuevo procedimiento

Al finalizar la aplicación de las 5 etapas antes mencionadas para implementar la metodología SMED, se realizó la lista final con las tareas que le corresponden a cada uno de los involucrados en el proceso de cambio para ejecutar el trabajo de una forma estandarizada.

Posterior a la elaboración del nuevo procedimiento se entrenó a todo el equipo del Departamento de Etiquetas incluyendo información básica de la metodología, se publicó una copia en el área principalmente en las máquinas.

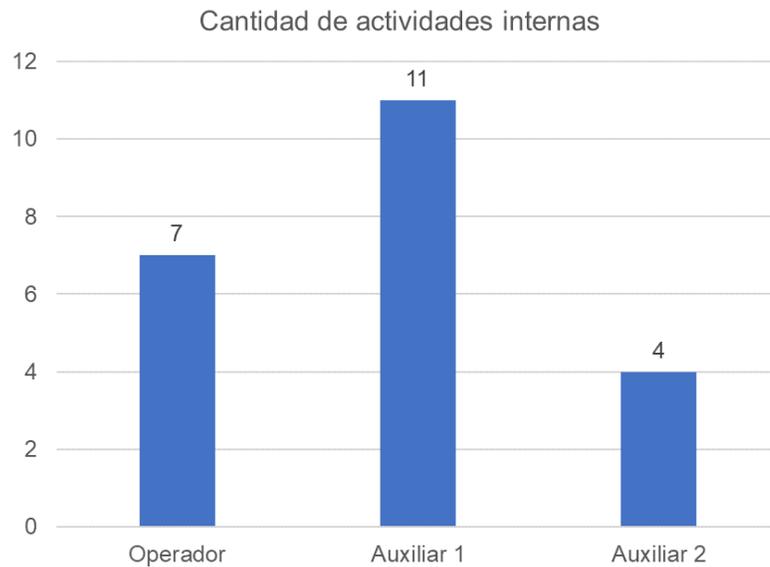
Como resultado del análisis que se realizó, el nuevo procedimiento quedó compuesto de:

- 22 actividades internas
 - 7 actividades que son responsabilidad del operador
 - 11 actividades para el auxiliar 1
 - 4 actividades para el auxiliar 2

- 15 actividades externas

La representación gráfica de la cantidad de actividades para cada uno de los involucrados en el proceso de cambio se muestra en la figura siguiente:

Figura 19. **Cantidad de actividades internas por involucrado**



Fuente: elaboración propia.

Al finalizar con el análisis de todas las etapas de la implementación de la metodología se obtuvo como resultado una reducción en el tiempo de cambio y en la cantidad de actividades.

- Objetivo 3: evaluar los beneficios que provee la aplicación de la metodología SMED.

De acuerdo al tercer objetivo planteado se presentan los resultados obtenidos.

3.3. Resultados

La presentación del resultado de la aplicación de la metodología SMED se muestra para cada una de las máquinas y para el departamento en general.

3.3.1. Tiempos de cambio de orden de producción

Para la elaboración de los resultados de cada una de las máquinas y del Departamento de Etiquetas en su conjunto, se tabuló información de los 7 meses de seguimiento.

Conforme a los datos analizados se determinó que para la máquina 1 el tiempo promedio de cambio de orden de producción es de 29.30 minutos por la cantidad de 1047 órdenes de producción, como se muestra en la siguiente tabla.

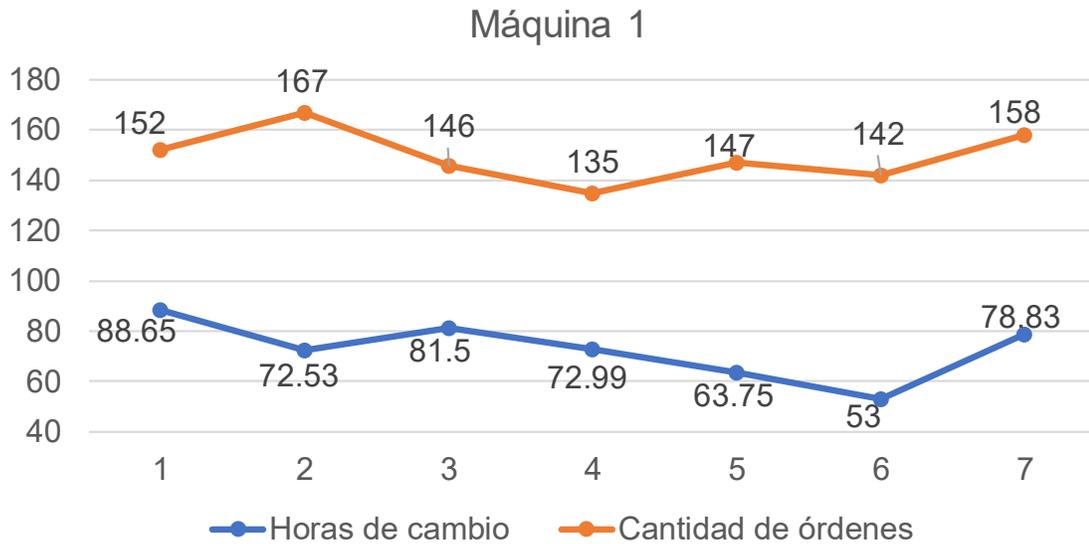
Tabla XIII. **Promedio de tiempo de cambio después del SMED máquina 1**

Mes	1	2	3	4	5	6	7	Total
Horas de cambio	88.65	72.53	81.5	72.99	63.75	53	78.83	511.25
Cantidad de órdenes	152	167	146	135	147	142	158	1047
Promedio (horas)	0.58	0.43	0.56	0.54	0.43	0.37	0.5	0.49
Promedio (minutos)	34.99	26.06	33.49	32.44	26.02	22.39	29.94	29.30

Fuente: elaboración propia.

El comportamiento del tiempo promedio de cambio de orden de producción frente a la cantidad de órdenes ejecutadas de la máquina 1 se presenta en la siguiente figura.

Figura 20. **Total horas de cambio contra cantidad de órdenes de producción después del SMED máquina 1**



Fuente: elaboración propia.

Para la máquina 2 el promedio de cambio de orden es de 29.85 minutos por 1022 órdenes de producción, el resumen se detalla en la siguiente tabla.

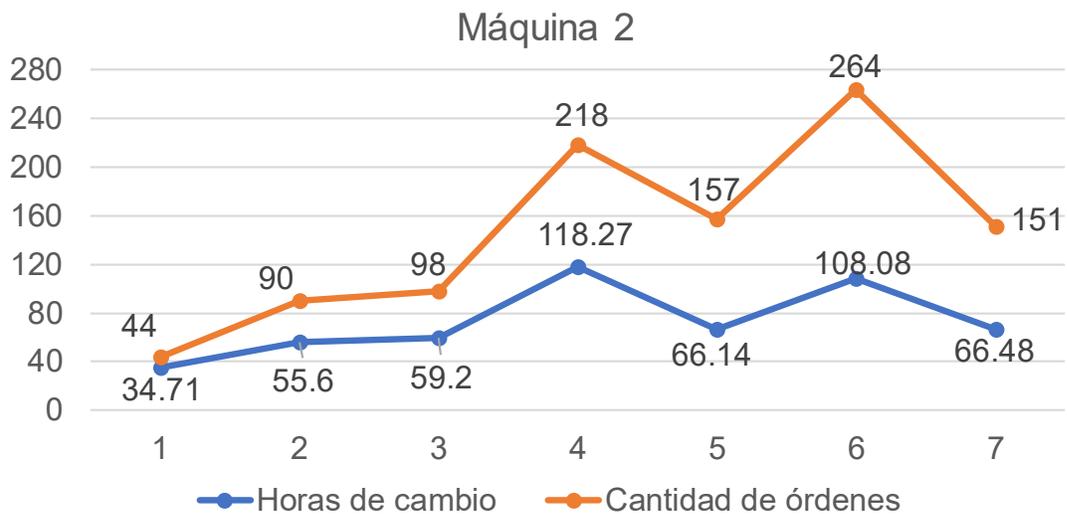
Tabla XIV. **Promedio de tiempo de cambio después del SMED máquina 2**

Mes	1	2	3	4	5	6	7	Total
Horas de cambio	34.71	55.6	59.2	118.27	66.14	108.08	66.48	508.48
Cantidad de órdenes	44	90	98	218	157	264	151	1022
Promedio (horas)	0.79	0.62	0.6	0.54	0.42	0.41	0.44	0.5
Promedio (minutos)	47.33	37.07	36.24	32.55	25.28	24.56	26.42	29.85

Fuente: elaboración propia.

En la figura siguiente se muestra el comportamiento del tiempo de cambio frente a la cantidad de órdenes de producción ejecutadas según la muestra.

Figura 21. **Total horas de cambio contra cantidad de órdenes de producción después del SMED máquina 2**



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a los datos analizados se determinó que para la máquina 3 el tiempo promedio de cambio de orden es de 35.58, por la producción de 322 órdenes de producción, como se muestra en la siguiente tabla.

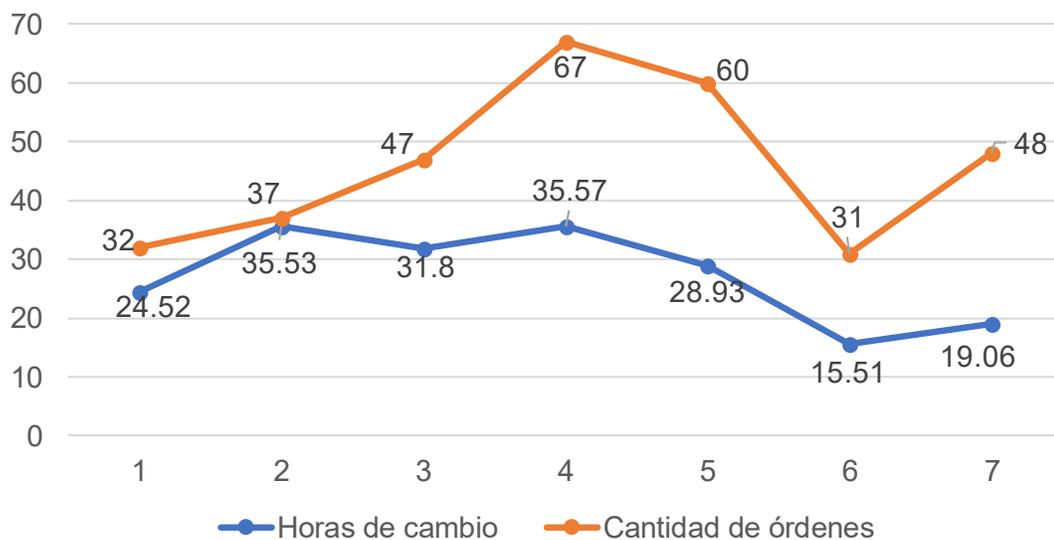
Tabla XV. **Promedio de tiempo de cambio después del SMED máquina 3**

Mes	1	2	3	4	5	6	7	Total
Horas de cambio	24.52	35.53	31.8	35.57	28.93	15.51	19.06	190.92
Cantidad de órdenes	32	37	47	67	60	31	48	322
Promedio (horas)	0.77	0.96	0.68	0.53	0.48	0.5	0.4	0.59
Promedio (minutos)	45.98	57.62	40.6	31.85	28.93	30.02	23.83	35.58

Fuente: elaboración propia.

El comportamiento del tiempo total de cambio frente a la cantidad de órdenes de producción de la máquina 1 se presenta en la siguiente figura.

Figura 22. **Total horas de cambio contra cantidad de órdenes de producción, máquina 3 después del SMED**



Fuente: elaboración propia.

Conforme a los datos analizados se determinó que el promedio de cambio de orden para la máquina 4 es de 31.57 minutos por 1938 órdenes de producción ejecutadas, el resumen se detalla en la siguiente tabla.

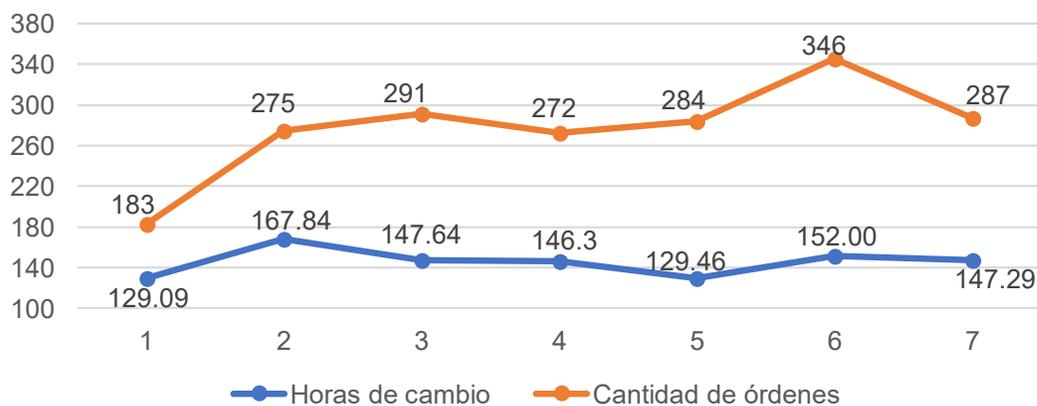
Tabla XVI. **Promedio de tiempo de cambio después del SMED máquina 4**

Mes	1	2	3	4	5	6	7	Total
Horas de cambio	129.09	167.84	147.64	146.3	129.46	152.00	147.29	1019.6
Cantidad de órdenes	183	275	291	272	284	346	287	1938
Promedio (horas)	0.71	0.61	0.51	0.54	0.46	0.44	0.51	0.53
Promedio (minutos)	42.32	36.62	30.44	32.27	27.35	26.36	30.79	31.57

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra el comportamiento del tiempo de cambio frente a la cantidad de órdenes de producción de la muestra analizada.

Figura 23. **Total horas de cambio contra cantidad de órdenes de producción, máquina 4 después del SMED**



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se realizó el análisis de los datos para el Departamento de Etiquetas en su conjunto y se estableció que el promedio de cambio de orden de producción del área es de 30.91 minutos, por la cantidad de 4329 órdenes de producción ejecutadas, como se detalla en la siguiente tabla.

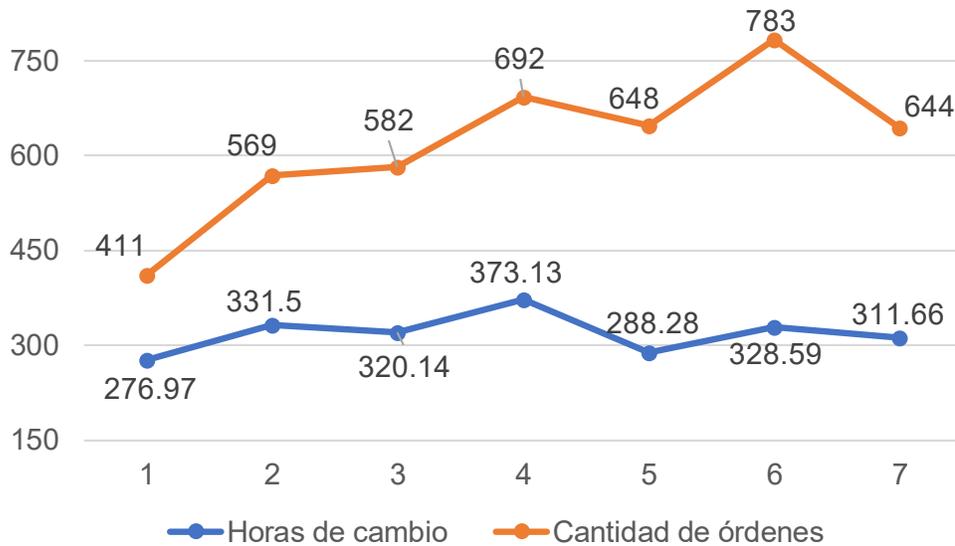
Tabla XVII. **Promedio de tiempo de cambio del Departamento de Etiquetas después del SMED**

Mes	1	2	3	4	5	6	7	Total
Horas de cambio	276.97	331.5	320.14	373.13	288.28	328.59	311.66	2230.3
Cantidad de órdenes	411	569	582	692	648	783	644	4329
Promedio (horas)	0.67	0.58	0.55	0.54	0.44	0.42	0.48	0.52
Promedio (minutos)	40.43	34.96	33	32.35	26.69	25.18	29.04	30.91

Fuente: elaboración propia.

El comportamiento del tiempo de cambio frente a la cantidad de órdenes de producción de la muestra que se analizó se presenta en la siguiente figura.

Figura 24. **Total horas de cambio contra cantidad de órdenes de producción, Departamento de Etiquetas después del SMED**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 24 se observa el comportamiento del área de etiquetas desde el primer mes de implementación hasta el séptimo mes; además, se muestra un aumento en la cantidad de órdenes de producción atendidas mes a mes y una reducción en la cantidad de horas empleadas en los cambios de orden de producción.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con los resultados obtenidos se comprueba la efectividad de la implementación de la metodología SMED en el Departamento de Etiquetas de una industria de plásticos agroindustriales. En virtud de que los resultados mostraron una reducción significativa en el tiempo promedio de cambio de orden de producción de 45.5 minutos a 30.9 minutos lo cual repercutió positivamente en la productividad del área.

Para la solución de la investigación se cumplió con las cuatro fases establecidas. La primera fase fue la revisión documental de todo lo relacionado con el tema de investigación en fuentes primarias, secundarias y terciarias.

En la segunda fase, la cual respondió al primer objetivo de la investigación, se realizó la evaluación del estado situacional del procedimiento de cambio, del tiempo de cambio de cada una de las máquinas y del departamento en su conjunto; para lo cual se realizaron entrevistas, filmaciones y tabulación de datos históricos.

En la tercera fase, se cumplió con lo establecido en el segundo objetivo el cual consistió en aplicar las etapas de la metodología SMED para reducir el tiempo de cambio en el proceso de producción.

La cuarta fase, respondió al tercer objetivo. Para ello se realizó el seguimiento de los cambios de orden de producción durante siete meses y se tabularon los datos para presentar los beneficios obtenidos por medio de la implementación de la metodología.

En cuanto al nuevo procedimiento implementado, los operadores involucrados afirmaron sobre el cambio drástico que experimentaron durante el proceso de implementación y resaltaron la importancia de su aplicación ya que establece cada una de las actividades a realizar y contribuye a evitar la improvisación, lo cual, según sus propias palabras, incidió positivamente en la realización de un trabajo más organizado y por ende más eficiente.

Con relación a la implementación de mejoras en el área, se estableció la importancia de colocar de forma más accesible herramientas, insumos de limpieza, materia prima y elementos de máquina; para ello se colocó un tablero de sombras en cada una de las máquinas con las herramientas necesarias para el proceso y se habilitó un carrito para la preparación de insumos de limpieza y elementos de máquina para eliminar búsquedas y traslados innecesarios, lo que aportó un elemento positivo para el colaborador y para la empresa.

Dentro de los resultados obtenidos en cuanto a tiempo promedio de cambio en la máquina 1, máquina 2, máquina 3 y máquina 4 se tiene una reducción de 11.31 minutos, 14.74 minutos, 14.36 minutos y 17.20 minutos respectivamente, lo que se convierte para el departamento en una reducción de 14.94 minutos en promedio por cada orden de producción ejecutada, esto representa una reducción del 32.58 % lo que contribuyó a un incremento en el OEE del 7 % y demuestra que la metodología SMED es aplicable.

Con respecto a la cantidad de órdenes de producción ejecutadas en el departamento se puede referir que antes de la implementación se realizaron 4200 órdenes mientras que después de la implementación se realizaron 4329 órdenes, lo que resulta en una mejora de 129 órdenes de producción. Sin embargo, es importante considerar que el análisis histórico abarcó nueve meses y el análisis

post implementación fue de siete meses, eso significa que en siete meses se superó la cantidad de órdenes realizadas en nueve meses.

De acuerdo a los resultados expuesto por medio de gráficas se puede concluir que antes de la implementación en la mayoría de los meses de la muestra, las horas de cambio siguen el mismo comportamiento de la cantidad de órdenes de producción y ambos puntos se mantienen cerca, por lo tanto se puede comparar con los resultados de la implementación donde se observó que aunque las horas de cambio y la cantidad de órdenes de producción mantienen el mismo comportamiento, la cantidad de órdenes de producción tiene un crecimiento más pronunciado y la cantidad de horas de cambio tiene pequeñas variaciones.

- Análisis interno y externo de la investigación

En cuanto al tiempo muerto se logró reducir hasta en un 30.5 % de tiempo que corresponde a 979.98 horas, esto equivale a 40.80 días, lo que se traduce en un incremento en la capacidad para atender mayor cantidad de órdenes, lo que repercute en el incremento de la productividad del departamento.

Durante el desarrollo de la investigación se presentaron varios aspectos positivos como el apoyo y respaldo de la empresa para la realización del trabajo investigativo, el acompañamiento y aportes oportunos del gerente de mejora continua en todo el proceso de implementación de la metodología, y la colaboración de todos los miembros del Departamento de Etiquetas.

Entre los aspectos negativos, cabe resaltar que por razones de presupuesto la implementación de mejoras útiles para obtener mejor resultado de la implementación de la metodología SMED no se pudo aplicar en su totalidad.

Lo que exponen García y Gisbert (2015) en su estudio de la implantación de la mejora continua sirvió de guía para realizar un proceso con la participación de todos y ejecutar acciones como: capacitación en el tema, organización, análisis de información, acciones de mejora, seguimiento, revisión y evaluación de la mejora efectuada, con ello se evidencia que tomando las acciones recomendadas se puede lograr mayor productividad, reducción en tiempo, reducción de costos y reducción de defectos.

El estudio de Arboleda y Rubiano (2017) fue de utilidad para hacer el análisis de los datos históricos y sirvió también de guía y orientación para identificar la forma en que realizó la implementación.

Comparando los resultados que Alarcón (2014) obtuvo con la aplicación de la metodología SMED el cual fue una mejora del 33 % en el OEE con los resultados obtenidos del estudio que es un incremento del 7 % en el OEE, se demuestra el éxito del estudio.

Haciendo una comparación con lo que menciona Hernández (2014), quien se propuso reducir el tiempo de cambio del molde de una máquina inyectora aplicando SMED como herramienta para la reducción de tiempos y variabilidad en los tiempos de montaje, donde concluyó que el tiempo de montaje inicial fue de 159 minutos y el tiempo promedio de montaje después de aplicar SMED se redujo a 100 minutos, con esto se evidencia que la aplicación de la metodología SMED en la empresa de plásticos agroindustriales también obtuvo los mismos resultados.

Los resultados obtenidos muestran relación con lo que expone Martí (2018), según el autor logró reducir los tiempos de cambio en más de un 30 %, lo que resultó en atender en un menor tiempo los pedidos de los clientes, comparado con los resultados obtenidos de la implementación se demuestra

fehacientemente los cambios significativos que es posible obtener en un proceso de producción sin necesidad de una inversión tan elevada.

Se constató que durante el desarrollo de un proceso de investigación se van concatenando nuevas experiencias, van surgiendo nuevas ideas y se van propiciando nuevas oportunidades de cambio, lo que constituye un proceso de mejora continua.

CONCLUSIONES

1. Se determinaron, en el procedimiento inicial, varias actividades que se repetían y actividades que no agregaban valor al proceso, lo cual se eliminaron reduciendo las actividades internas de un 100 % a solo 48 %; 33 % se trasladaron a actividades externas y un 19 % de actividades se eliminaron.
2. Se aplicaron las etapas de la metodología SMED y se demostró de una forma detallada el proceso de implementación, en el paso 1 se inició con un tiempo de 52.23 minutos; en el paso 2 se realizó la clasificación de actividades; en el paso 3 se procedió con la conversión de actividades internas a externas lo que resultó en 21.75 minutos de actividades internas y 30.48 minutos de actividades externas; en el paso 4 y 5 se eliminó el desperdicio de las actividades internas y externas que dio como resultado 20.50 minutos de actividades internas y 16.39 minutos de actividades externas

Con lo antes mencionado se logró una reducción del tiempo de 52.23 minutos a 20.50 minutos de paro y se obtuvo una lista para cada uno de los involucrados con sus respectivas actividades para evitar la improvisación y garantizar la estandarización del proceso de cambio.
3. Al evaluar los beneficios de la implementación de la metodología se identificó una reducción de tiempo de cambio de orden de producción en cada una de las máquinas y en consecuencia en el departamento, la

mejora obtenida fue una reducción de 14.94 minutos lo que representa una reducción de 32.58 % del tiempo promedio de cambio inicial.

4. Se incrementó la productividad del área al aplicar la metodología SMED reduciendo en un 30.51 % las horas de cambio, esto significa una reducción en el tiempo muerto equivalente a 40.80 días; lo que generó una mayor capacidad de respuesta y aumento en las utilidades, lo cual se demuestra con las 129 órdenes más que se realizan después de implementada la metodología. La información para los resultados se obtuvo del sistema utilizado por el área de impresión para las bitácoras de paro.

RECOMENDACIONES

1. Determinar las actividades involucradas en el proceso trimestralmente mediante una revisión del procedimiento de cambio con el objeto de diagnosticar nuevas oportunidades para reforzar el proceso de mejora continua y capacitar al personal para consolidar la información básica sobre la metodología e implementación de los nuevos cambios.
2. Aplicar las etapas de la metodología SMED trimestralmente con un análisis detallado del procedimiento para obtener el listado de actividades necesarias para cada involucrado en el proceso y lograr la reducción del tiempo de cambio. Se deberán tomar en consideración las mejoras en cuanto a instalaciones, herramientas, mesas de trabajo y elementos de máquinas que necesiten inversión para obtener un mayor resultado.
3. Evaluar los beneficios después de la aplicación de la metodología SMED para demostrar la mejora continua y determinar el nivel de impacto en el área de trabajo y comunicarlos al equipo de trabajo por medio de reuniones y controles visuales.
4. La empresa debe continuar con la aplicación la metodología SMED para mejorar la productividad de otras áreas del departamento y de otros departamentos de la empresa con base en los beneficios alcanzados en el departamento de impresión de etiquetas para crear o fortalecer el proceso de mejora continua. Para obtener los resultados de la implementación pueden utilizar la información ingresada a la bitácora de paros que se alimenta diariamente.

REFERENCIAS

1. Ahumada, L. (s.f.) *Modelo de calidad, productividad, rentabilidad, competitividad*. (Tesis de grado) Universidad de Sonora. Recuperado de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/9254/capitulo2.pdf>.
2. Akers, P. (2012). *2 Second Lean. Cómo hacer crecer a las personas y construir una cultura lean*. Estados Unidos: Fastcap.
3. Alarcón, F. (2014). *Implementación de OEE y SMED como herramienta de Lean Manufacturing en una empresa del sector plástico*. (Tesis de grado) Universidad de Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8043/1/TESIS.pdf>
4. Aldabe, S; Aramendia, P; Bonazzola, C; Lacreu, L. (2004). *Química 2. Química en acción*. Buenos Aires: Colihue. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=nsTjBmyABXsC&printsec=frontcover&dq=Qu%C3%ADmica+2.+Qu%C3%ADmica+en+acci%C3%B3n.+Buenos+Aires&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwit9Jqz9d_qAhXJmeAKHeOvDqgQ6AEwAHoECAYQAg#v=onepage&q=Qu%C3%ADmica%202.%20Qu%C3%ADmica%20en%20acci%C3%B3n.%20Buenos%20Aires&f=false
5. Arboleda, J; Rubiano, F. (2017). Modelo propuesto para la Implementación de la metodología SMED en una empresa de

alimentos de Santiago de Cali. *Revista de Investigación*, 10 (2), 103-117. doi: <https://doi.org/10.29097/2011-639X.85>

6. Beltran, M y Marcilla, A. (2012). *Tecnología de polímeros, procesado y propiedades*. España: Publicaciones UA. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=jxilUUn4_QAC&printsec=frontcover&dq=Tecnolog%C3%ADa+de+pol%C3%ADmeros,+procesado+y+propiedades&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwil3Kue_N_qAhVukuAKHZ0VCS4Q6AEwAHoECAMQAg#v=onepage&q=Tecnolog%C3%ADa%20de%20pol%C3%ADmeros%2C%20procesado%20y%20propiedades&f=false
7. Bernárdez, M. (2009). *Desempeño humano. Manual de consultoría*. Estados Unidos: AuthorHouse. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=5_wrthx_Ze8C&printsec=frontcover&dq=Desempe%C3%B1o+humano.+Manual+de+consultor%C3%ADa.&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjnye28_N_qAhVwU98KHerkCjoQ6AEwAHoECAMQAg#v=onepage&q=tovar&f=false
8. Bohorquez, A.; Tovar, L. (2008). *Propuesta de mejoramiento al proceso de capacitación implementado por el área de gestión humana de Almacénar, S.A. para todos sus colaboradores*. (Tesis de grado). Universidad de la Salle, Colombia. Recuperado de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1994&context=administracion_de_empresas

9. Cabrera, R. (2012). *Manual de Lean Manufacturing: simplificado para PYMES*. España: Academica Española. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=psDDitEx__gC&pg=PA360&dq=Manual+de+Lean+Manufacturing:+simplificado+para+PYMES+cabrera+pdf&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj4s_7l_t_qAhVLmuAKHfmXDoYQuwUwAHOECAUQBg#v=onepage&q=Manual%20de%20Lean%20Manufacturing%3A%20simplificado%20para%20PYMES%20cabrera%20pdf&f=false

10. Carrera, M y Sánchez, L; (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=mZCh1a3L8M8C&printsec=frontcover&dq=Lean+Manufacturing.+La+evidencia+de+una+necesidad.&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjDsZO7t_qAhXnguAKHdzQCVcQ6AEwAHOECAUQAq#v=onepage&q=Lean%20Manufacturing.%20La%20evidencia%20de%20una%20necesidad.&f=false

11. Cerón, D; Ruiz, S.; Prasha, S. (2010). *Aplicaciones de nuevos complejos metaloceno en polimerización de olefinas*. Madrid, España: Dykinson. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=GK7zVyooVzsC&printsec=frontcover&dq=Aplicaciones+de+nuevos+complejos+metalocono+en+polimerizaci%C3%B3n+de+olefinas&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi-jKqI_9_qAhWGg-AKHUURDMEQ6AEwAHOECAYQAq#v=onepage&q=Aplicaciones%20de%20nuevos%20complejos%20metalocono%20en%20polimerizaci%C3%B3n%20de%20olefinas&f=false

12. Cuatrecasas, Luis. (2010). *Lean Management: La gestión competitiva por excelencia*. Barcelona: Profit Editorial. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=Azq0NfKsL5wC&pg=PA93&dq=Lean+Management&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjcmcrM_9_qAhVxkeAKHb1NBTgQ6AEwAXoECAMQAg#v=onepage&q=Lean%20Management&f=false

13. Edgett, S; Jones, M. (2013). Diez consejos para implementar con éxito un proceso de innovación *Stage-Gate International.*, 27(2), 1-7. Recuperado de https://www.stage-gate.com/wp-content/uploads/2018/06/wp_33_spanish.pdf

14. Fernández, M; Sánchez, J. (1997). *Eficacia organizacional: concepto, desarrollo y evaluación*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=d3z_i6znsFUC&printsec=frontcover&dq=Eficacia+organizacional:+concepto,+desarrollo+y+evaluaci%C3%B3n.&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjdhfvageDqAhUiT98KHe2qDyoQ6AEwAHoECAQQAg#v=onepage&q=Eficacia%20organizacional%3A%20concepto%2C%20desarrollo%20y%20evaluaci%C3%B3n.&f=false

15. Galgano, A. (2003). *Las tres revoluciones: caza del desperdicio, doblar la productividad con la lean production*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=UtnPv459AocC&printsec=frontcover&dq=Las+tres+revoluciones:+caza+del+desperdicio,+dobl+ar+la+productividad+con+la+lean+production&hl=es->

419&sa=X&ved=2ahUKEwj9q_q37d_qAhXCg-
AKHdL8DAwQ6AEwAHoECAAQAg#v=snippet&q=%20valor&f=false

16. García, A; Gisbert, V. (Marzo 2015). Estudio de la implantación de la mejora continua en Pymes. *3C Tecnología*, 4(4), 189-198. Doi: <https://doi.org/10.17993/3ctecno.2015.v4n4e16.189-198>
17. González, E; Henar, L. (2012). *Factores que inciden en la productividad y relación con la igualdad*. España: CEET. Recuperado de http://www.emakunde.euskadi.eus/contenidos/informacion/formacion_trabajo/es_def/adjuntos/2012.05.07.texto-completo-CEET.pdf.
18. Goyal, Megh. (2015). *Sustainable practices in surface and subsurface micro irrigation*. Canadá: Taylor & Francis Group. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=rdx6vwEACAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
19. Guajardo, E. (2003). *Administración de la calidad total*. México: Editorial Pax. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=9zYyYc6i9JwC&printsec=frontcover&dq=Administraci%C3%B3n+de+la+calidad+total&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwivjZyEheDqAhUvTd8KHVv7B7wQ6AEwAHoECAEQAg#v=onepage&q=Administraci%C3%B3n%20de%20a%20calidad%20total&f=false>
20. Hernández, R. (2014). *Reducción de tiempo de cambio de molde en máquina inyectora de moldeo de 3500 toneladas, en una planta*

fabricadora de interiores automotrices. (Tesis de grado). Universidad de Sonora, México. Recuperado de http://www.irsitio.com/refbase/documentos/101_CuameaCruz+ArchuletaHernandez2013.pdf

21. Inegi. (s.f.). *Metodología de cálculo de indicadores de productividad laboral en la industria manufacturera.* México: Inegi. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/bibliografia/7AC06BCF.pdf>.
22. Inocenti, M. (2014). *Reciclado y valorización de residuos plásticos agrícolas.* Argentina: INTI. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_inocenti_-_cisb_2014.pdf
23. IProfesional. (2008). *Cómo mejorar la comunicación en las empresas.* Argentina: Emprendimientos Corporativos, S.A. Recuperado de <https://www.iprofesional.com/management/60588-como-mejorar-la-comunicacion-en-las-empresas>.
24. Jiménez, F; Espinoza, C. (2007). *Costos industriales.* Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=jRdhIWgPe60C&pg=PA529&dq=productividad+definicion&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwj26428ss3gAhWONd8KHeNcDzQQ6AEIMTAC#v=onepage&q=productividad%20definicion&f=false>.
25. Jones, D.; Womack, J. (2012). *Lean Thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa.* España: Grupo Planeta Spain. Recuperado de

<https://books.google.com.gt/books?id=ZI9dDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Lean+Thinking:+c%C3%B3mo+utilizar+el+pensamiento+Lean+para+eliminar+los+despilfarros+y+crear+valor+en+la+empresa.&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi45oSfi-DqAhXiRt8KHUiaDjoQ6AEwAHoECAIQAg#v=onepage&q=Lean%20Thinking%3A%20c%C3%B3mo%20utilizar%20el%20pensamiento%20Lean%20para%20eliminar%20los%20despilfarros%20y%20crear%20valor%20en%20la%20empresa.&f=false>

26. Jubedi. (2013). *Polietileno baja densidad*. España: Eusko Jaurlaritz. Recuperado de https://www.google.com.gt/search?q=JUBEDI%2C+S.L.+%E2%80%A2+Barrio+Ba%C3%B1ales&rlz=1C1AVSX_enGT726GT726&oq=JUBEDI%2C+S.L.+%E2%80%A2+Barrio+Ba%C3%B1ales&aqs=chrome..69i57.141j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8.
27. Krugman, P; Wells, R.; Olney, M. (2015). *Fundamentos de economía*. España: Reverté. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=MF8sETKKD7EC&printsec=frontcover&dq=Fundamentos+de+econom%C3%ADa&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwijr4CFjODqAhXtmeAKHWa7BN0Q6AEwAHoECAEQAg#v=onepage&q=Fundamentos%20de%20econom%C3%ADa&f=false>
28. Lean Six Sigma Institute. (2017). *Certificación black belt*.
29. Liker, K; Cuatrecasas, L. (2011). *Toyota: cómo el fabricante más grande del mundo alcanzó el éxito*. México: Grupo Editorial Norma.

30. Martí, M. (octubre 2018). *¿Buscas un aumento de productividad? Aplica el SMED en 3 pasos*. España: SGS Productivity. Recuperado de <https://www.leansisproductividad.com/buscas-un-aumento-de-productividad-aplica-el-smed-en-3-pasos/>.

31. Martínez, M.; Cardozo, F. (2014). *Productividad, innovación y uso de tecnologías de información y las comunicaciones (tic) como factores de desarrollo de la micro, pequeña y mediana empresa (mipyme) en Bogotá*. (Tesis de grado). Universidad del Rosario, Colombia. Recuperado de <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/8884>

32. Mercader, C. (2002). *Química en Murcia 2002*. España: Universidad de Murcia Servicio de Publicaciones. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=19we0uKpM_AC&pg=PA10&dq=Qu%C3%ADmica+en+Murcia+2002+mercader&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjCxt2VjuDqAhWPiOAKHZZDAywQ6AEwAHoECAMQAg#v=onepage&q=mercader&f=false

33. Miranda, J; Toirac, L. (2010). *Indicadores de productividad para la industria dominicana*. República Dominicana: Ciencia y sociedad. Recuperado de <file:///C:/Users/anny.morales/Downloads/899.pdf>

34. Mukherjee, P.N. (2006). *Total quality management*. India: Prentice Hall India Learning Private Limited. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=RxQIWc28__AC&pg=PR2&dq=Total+quality+management.+India:+Prentice+Hall+India+Learning+Private+Limited&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiZvOLBjuDqAhXEg-

AKHaNZBw8Q6AEwAXoECAIQAg#v=onepage&q=Total%20qualit
y%20management.%20India%3A%20Prentice%20Hall%20India%
20Learning%20Private%20Limited&f=false

35. Nieto, J. (2010). *Instalaciones de fontanería: teoría y orientación práctica*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=lpZVnqIRIV4C&pg=PA239&dq=instalaciones+de+fontaner%C3%ADa&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjC-c2fj-DqAhWCnOAKHRoNB48Q6AEwAHoECAQQAg#v=onepage&q=instalaciones%20de%20fontaner%C3%ADa&f=false>
36. Olavarrieta, J. (1999). *Conceptos generales de productividad, sistemas, normalización y competitividad para la pequeña y mediana empresa*. México: Universidad Iberoamericana. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=EXzhFaRE9rUC&printsec=frontcover&dq=Conceptos+generales+de+productividad,+sistemas,+normalizaci%C3%B3n+y+competitividad+para+la+peque%C3%B1a+y+mediana+empresa.&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiA5LGH3t_qAhWviOAKHem_D-sQ6AEwAHoECAAQAg#v=onepage&q=versus&f=false
37. Polo, D; Gómez, S; Prashar, S; Fajardo, M. (2010). *Aplicaciones de nuevos complejos metaloceno en polimerización de olefinas*. Madrid: Editorial DYKINSON, S.L. Recuperado de [81](https://books.google.com.gt/books?id=GK7zVyooVzsC&printsec=frontcover&dq=Aplicaciones+de+nuevos+complejos+metaloceno+en+polimerizaci%C3%B3n+de+olefinas.&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi6-KDbj-</div><div data-bbox=)

DqAhWSdd8KHx8NBakQ6AEwAHoECAQQAg#v=onepage&q=Aplicaciones%20de%20nuevos%20complejos%20metalloceno%20en%20polimerizaci%C3%B3n%20de%20olefinas.&f=false

38. Progressa. (22 de mayo de 2015). Origen y evolución de Lean Manufacturing. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://www.progressalean.com/origen-y-evolucion-del-lean-manufacturing/>.
39. Quiminet. (12 de enero de 2006). Todo acerca del polipropileno. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.quiminet.com/articulos/todo-acerca-del-polipropileno-4455.htm>.
40. Ramos, P. (2003). *Residuos: alternativas de gestión*. España: Universidad de Salamanca. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=pQz-1Gi5TnUC&printsec=frontcover&dq=residuos:+alternativas+de+gesti%C3%B3n&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjTuNfykODqAhXiUt8KHWLvAYkQ6AEwAHoECAIQAg#v=onepage&q=residuos%3A%20alternativas%20de%20gesti%C3%B3n&f=false>
41. Rodríguez, C. (1999). *El nuevo escenario: la cultura de calidad y productividad en las empresas*. México: ITESO. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=IAcY7k6GKbUC&printsec=frontcover&dq=productividad&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiW56jzsM3gAhUkmuAKHe1ICBkQ6AEILTAB#v=onepage&q=productividad&f=false>.

42. Rouco, A; Martínez, A. (1997). *Economía agraria, I*. España: Ediciones de la Universidad de Murcia. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=MMMNmWkIKpgC&pg=PA3&dq=Econom%C3%ADa+agraria+rouco&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiS6LbA39_qAhXJct8KHdgcB5YQ6AEwAHoECAAQAg#v=onepage&q=factores%20de%20producci%C3%B3n&f=false
43. Ruiz, P. (2007). *La gestión de costes en lean manufacturing. Cómo evaluar las mejoras en coste en un sistema lean*. España: Netbiblo, S.L. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=xjrRJM4TFV8C&printsec=frontcover&dq=La+gesti%C3%B3n+de+costes+en+lean+manufacturing.+C%C3%B3mo+evaluar+las+mejoras+en+coste+en+un+sistema+lean&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwi3jq7tkeDqAhULc98KHbc1DPsQ6AEwAHoECAMQAg#v=onepage&q=La%20gesti%C3%B3n%20de%20costes%20en%20lean%20manufacturing.%20C%C3%B3mo%20evaluar%20las%20mejoras%20en%20coste%20en%20un%20sistema%20lean&f=false>
44. Salado, A. (2015). *Control de la producción en fabricación mecánica*. España: Editorial Elearning S.L. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=AIJXDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Control+de+la+producci%C3%B3n+en+fabricaci%C3%B3n+mec%C3%A1nica&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwilp--SkuDqAhWGg-AKHUURDMEQ6AEwAHoECAYQAg#v=onepage&q=Control%20de%20la%20producci%C3%B3n%20en%20fabricaci%C3%B3n%20mec%C3%A1nica&f=false>

45. Salazar, L. (2019). *¿Qué es el Lean Manufacturing?* Colombia: ingeniería industrial. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/>.
46. Shingo, S. (1993). *Una revolución en la producción. El sistema SMED*. Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=IIU8DwAAQBAJ&pg=PT3&dq=Una+revoluci%C3%B3n+en+la+producci%C3%B3n.+El+sistema+SMED.+Madrid:+Tecnolog%C3%ADas+de+Gerencia+y+Producci%C3%B3n&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj6hvrGkuDqAhViRN8KHVaFAEEQ6AEwAnoECAYQAg#v=onepage&q=Una%20revoluci%C3%B3n%20en%20la%20producci%C3%B3n.%20El%20sistema%20SMED.%20Madrid%3A%20Tecnolog%C3%ADas%20de%20Gerencia%20y%20Producci%C3%B3n&f=false>
47. Tapia, D.; Barrientos, E.; Solar, C. (2014). *Contabilidad de gestión para el sector portuario marítimo y fluvial*. Bogotá: Eco Ediciones. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=ncE0DgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Contabilidad+de+gesti%C3%B3n+para+el+sector+portuario+mar%C3%ADtimo+y+fluvial.&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjlsNTXkuDqAhWcmuAKHbf9BlcQ6AEwAHoECAYQAg#v=onepage&q=Contabilidad%20de%20gesti%C3%B3n%20para%20el%20sector%20portuario%20mar%C3%ADtimo%20y%20fluvial.&f=false>

48. Zenner, I.; Peña, F. (2013). Plásticos en la agricultura: beneficio y costo ambiental, una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. 16(1), 139-150. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262013000100017.

APÉNDICES

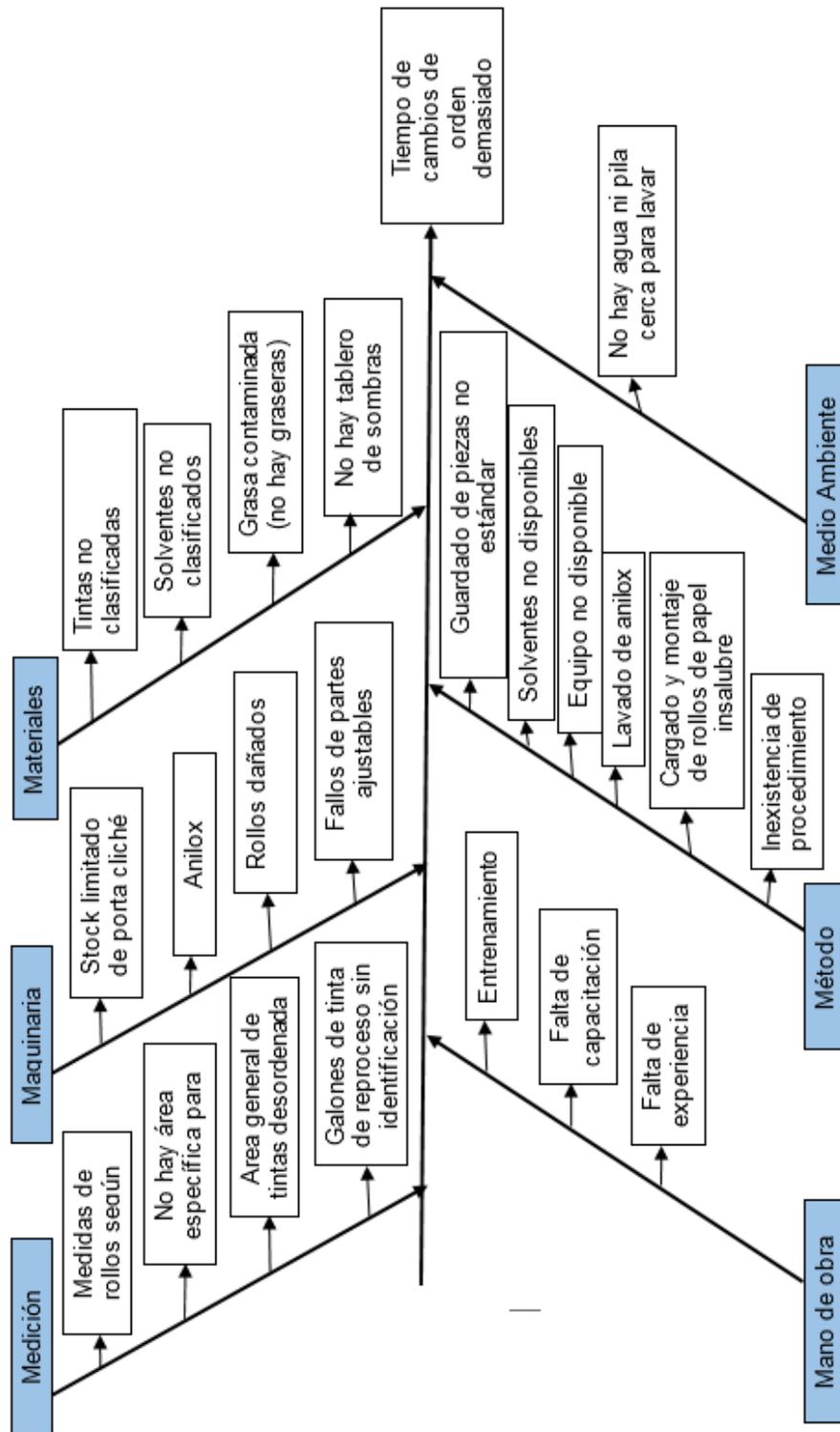
Apéndice 1. **Guía de entrevista**

Guía de entrevista:

1. ¿Qué opina del proceso de cambio existente?
2. ¿Conoce usted quiénes participan en este proceso de cambio?
3. ¿Conoce usted qué tareas le corresponden?
4. ¿Qué ventajas considera usted que se obtendrían si se implementa un nuevo procedimiento?
5. ¿Qué impacto considera usted que se lograría al mejorar el proceso existente?

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Diagrama de causa-efecto



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Matriz de coherencia

TÍTULO	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO	TIPOS DE VARIABLES	TÉCNICAS	METODOLOGÍA
<p>Diseño de investigación: Aplicación de la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die) para mejorar la productividad del área de impresión del departamento de etiquetas en una industria de plásticos agroindustriales.</p>	<p>Pregunta central ¿Qué metodología aplicar para mejorar la productividad del área de impresión del departamento de etiquetas?</p>	<p>Aplicar la metodología SMED para mejorar la productividad del área de impresión del departamento de etiquetas.</p>			<p>Enfoque mixto. Diseño no experimental. Tipo transaccional</p>
	<p>Preguntas de investigación 1. ¿Qué actividades involucra el proceso de cambio de orden de producción?</p>	<p>1. Determinar las actividades involucradas en el proceso de cambio de orden de producción.</p>	<p>Cuantitativa, continua, dependiente</p>	<p>Observación directa. Cronómetro. Grabación en video.</p>	
	<p>2. ¿Cómo reducir el tiempo de cambio en el proceso de producción?</p>	<p>2. Aplicar las etapas de la metodología SMED para reducir el tiempo de cambio en el proceso de producción.</p>	<p>Cuantitativa, continua, independiente</p>	<p>Observación directa. Toma de tiempo Diagramas Gráficos</p>	
	<p>3. ¿Qué beneficios proporciona la aplicación de la metodología SMED?</p>	<p>3. Evaluar los beneficios que provee la aplicación de la metodología SMED.</p>	<p>Cuantitativa, continua.</p>	<p>Gráficos</p>	

Fuente: elaboración propia.

