



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Mejoramiento del proceso de cambios de formato en la
máquina procesadora de envases embutido de dos piezas,
aplicando la metodología SMED (Single Minute Exchange of
Die)”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS

Presentada por:

Wilfrido Ismael Espinoza Liberio

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2022

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi director de proyecto de Graduación, el Dr. Kleber Barcia V., a las personas que me brindaron su apoyo y tiempo para la realización de este trabajo, y especialmente a mis Padres y Tía por darme la oportunidad de poder continuar mis estudios.

DEDICATORIA

Este trabajo realizado con esfuerzo y dedicación está dedicado a mis padres, especialmente a mi madre que desde el cielo me da su aliento a continuar, a mi esposa e hijos.

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Kleber Barcia V., Ph.D.
DIRECTOR DE PROYECTO

María López S., MSc.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Wilfrido Ismael Espinoza Liberio

RESUMEN

El presente proyecto de titulación se realizó en la empresa dedicada a la elaboración de envases embutidos de dos piezas, en el área de producción de envases específicamente línea procesadora de envases embutidos. Dicha máquina tuvo una capacidad de producción de 129,089.102 envases en el año 2020.

Para poder incrementar la producción de la línea procesadora de envases embutidos dos piezas y las diferentes alturas de envases (108mm,109mm,110mm,108.5mm), se debe reducir el tiempo de cambio de formato. En el proceso de cambio de formato los distintos operadores y ayudantes realizan actividades sin un orden aparente; además de la falta de preparación de herramientas y materiales para el cambio; y problemas por parte de la administración en lo que respecta a control y planificación de órdenes en la máquina.

El objetivo del proyecto es plantear mejoras para reducir el tiempo de preparación de 6 horas en promedio, el cual se encuentra alejado de la meta en la compañía en el cumplimiento de los indicadores tal como el ME (cantidad de envases buenos producidos), a 4 horas en promedio a través de la aplicación de la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die) en el proceso de cambios de formato en la máquina procesadora de envases embutidos de dos piezas, mejorando la productividad.

La metodología consta de: Análisis de la situación actual, mapeo del proceso de cambio, conversión de tareas internas en externas, perfección de tareas internas y externas, y aplicación de una prueba piloto. Las actividades claves para el desarrollo de la metodología fueron establecer un procedimiento para el proceso de cambio de formato, la capacitación de los operadores, la estandarización de herramientas como también los distintos herramientas para el uso en el proceso de cambio.

Finalmente, luego de la implementación, por medio de una prueba piloto en la cual se filmó el proceso de cambio, se determina la reducción del tiempo de cambio en un 47%, obteniendo un tiempo de 2,84 en promedio con una inversión de \$ 5,173 la cual se recupera en un mes según el análisis v Costo-Beneficio realizado, ya que el tiempo ahorrado en el cambio permite que se pueda aumentar la cantidad de pedidos a realizar.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ABREVIATURAS	VIII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Definición del problema u oportunidad.....	4
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Descripción de la metodología	5

CAPÍTULO 2

2. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED	7
2.1 Análisis de la situación actual.....	8
2.1.1 Medición de la situación actual	8
2.1.2 Levantamiento de información	12
2.1.3 Descripción del proceso de cambio.....	14
2.1.4 Herramientas exploratorias.....	16
2.2 Mapeo del proceso de cambio.....	19
2.2.1 Filmación del proceso de cambio.....	19
2.2.2 Identificación de tareas internas y externas	22
2.2.3 Estudios de tiempo	24
2.3 Conversión de tareas internas en externas.....	25
2.3.1 Análisis de desperdicios	26
2.3.2 Análisis de causas	27
2.4 Perfeccionar las tareas internas y externas	28
2.4.1 Planificación del evento KAIZEN	28
2.4.2 Propuestas de mejora.....	30
2.4.3 Implementación de mejoras.....	35
2.4.4 Estandarización de herramientas.....	36
2.4.5 Estandarización de herramientas.....	37
2.4.6 Reubicación del punto de control de calidad.....	39
2.4.7 Compra de mesa de trabajo móvil	40
2.4.8 Calibración del calibrador	40
2.4.9 Fabricación de campanas.....	41
2.4.10 Fabricación de suples.....	42
2.4.11 Fabricación de punzones.....	43
2.4.12 Almacenamiento de herramientas necesarias para el cambio.....	44
2.4.13 Organizar espacios para localizar herramientas	44
2.4.14 Entrenar operadores para el proceso de cambio	45

ÍNDICE GENERAL

2.4.15 Realizar plan de mantenimiento.....	46
2.4.16 Evidencia de validación del cliente	47
2.5 Validación mediante prueba piloto.....	48
CAPÍTULO 3	
3. ANALISIS DE RESULTADOS	51
3.1 Análisis costo - beneficio	53
3.2 Cambios durante la implementación.....	54
CAPÍTULO 4	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
Conclusiones.....	56
Recomendaciones.....	57
BIBLIOGRAFÍA	

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
O/P	Orden de producción
SMED	Single Minute Exchange of Die
MM	Milímetros

SIMBOLOGÍA

H. A	Alfons Haar
H_0	Hipótesis nula
μ	Media
σ	Varianza

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1	Promedios de cambios 2019.....2
Figura 1.2	Promedios de cambios 2020.....2
Figura 2.1	Línea de producción de envases.....7
Figura 2.2	Diagrama de flujo de la metodología.....7
Figura 2.3	Diagrama de cajas 2019.....8
Figura 2.4	Resumen de tiempo de cambio 2019.....9
Figura 2.5	Diagrama de cajas 2020.....10
Figura 2.6	Resumen para tiempo de cambio 2020.....11
Figura 2.7	Área de talleres.....12
Figura 2.8	Área de almacén general.....13
Figura 2.9	Área de litográfica.....13
Figura 2.10	Diagrama Otida.....15
Figura 2.11	Diagrama causa efecto del cambio de formato.....17
Figura 2.12	Diagrama spaghetti del cambio de formato.....18
Figura 2.13	Desmontaje de herramientas.....19
Figura 2.14	Limpieza de herramientas.....20
Figura 2.15	Armado de herramientas.....21
Figura 2.16	Montaje de herramientas.....22
Figura 2.17	Reunión evento KAIZEN.....28
Figura 2.18	Lluvia de ideas en evento KAIZEN.....29
Figura 2.19	Tablero de herramientas.....35
Figura 2.20	Armario de herramientas y repuestos.....37
Figura 2.21	Armario de herramientas.....37
Figura 2.22	Punto de control de calidad.....38
Figura 2.23	Mesa de trabajo para cambios.....39
Figura 2.24	Calibrador vernier.....39
Figura 2.25	Campanas de corte.....40
Figura 2.26	Suples de corte.....41
Figura 2.27	Suples de corte.....41
Figura 2.28	Punzones de corte.....42
Figura 2.29	Punzones de corte.....42
Figura 2.30	Herramental listo para cambio.....43
Figura 2.31	Espacios para herramientas.....43
Figura 2.32	Entrenamiento para proceso de cambio.....44
Figura 2.33	Evidencia de seguimiento.....45
Figura 2.34	Evidencia prueba piloto.....49
Figura 2.35	Evidencia prueba piloto.....49
Figura 3.1	Promedio de cambios.....51
Figura 3.2	Diagrama de cajas 2021.....51
Figura 3.3	Resumen de tiempo de cambio 2021.....52
Figura 3.4	Envases dejados de producir.....54

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Unidades producidas en 2019 y 20203
Tabla 2	Definición del problema.....4
Tabla 3	Cantidad de cambios y horas en el año 2019.....4
Tabla 4	Identificación de actividades internas y externas.....23
Tabla 5	Análisis Smed para reducción de tiempos de cambio.....24
Tabla 6	Conversión de tareas internas en externas25
Tabla 7	Desperdicios dentro del proceso de cambio27
Tabla 8	Propuestas planteadas.....30
Tabla 9	Factibilidad de propuesta32
Tabla 10	Actividades de evento Kaisen33
Tabla 11	Avance de actividades de evento Kaizen34
Tabla 12	Plan de mantenimiento primera operación45
Tabla 13	Plan de mantenimiento segunda operación.....46
Tabla 14	Prueba piloto del proceso de cambio48
Tabla 15	Antes y después de la implementación48
Tabla 16	Cantidad de cambios y horas en el año 202150
Tabla 17	Inversión de implementación.....53
Tabla 18	Envases dejados de producir55
Tabla 19	Unidades producidas en 202155

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

Envases Embutidos S.A. empresa en la que se realiza este proyecto esta dedica a la fabricación de envases de hojalata y desde hace varios años ha venido implementando un sistema de mejora continua a fin de alcanzar los niveles de productividad, costos, calidad y seguridad que la compañía exige en todas sus operaciones. La visión de la empresa es llegar a ser una de las más prestigiosas de América Latina.

La actividad de la Empresa S.A se inicia en 1956, su actividad principal es la producción de envases metálicos de dos y tres piezas, para alimentos especialmente atún, sardinas y vegetales, y envases de uso general tales como pinturas, lubricantes, químicos y fertilizantes. Adicionalmente fabrica tubos colapsables de aluminio.

Desde ese entonces la planta ha tenido un notable crecimiento adquiriendo varias máquinas para la fabricación de envases embutidos debido al incremento de su producción y variedad de envases.

Los nuevos envases han creado un nuevo desafío para la empresa para ser más productiva y aumentar la oferta de sus productos. La empresa no ha logrado ser más productiva, por lo contrario, ha incrementado los tiempos improductivos de la línea de fabricación de envases y esto a la vez ha traído consigo una reducción de la eficiencia y aumento del consumo de horas extras.

La incorporación de nuevos productos ha limitado los tamaños de las corridas de producción ya que se debe fabricar más variedad de envases de acuerdo con la demanda de los clientes. La empresa ha limitado la capacidad de respuesta con un largo proceso de cambio de formato mermando la flexibilidad de producción de la línea.

El proceso de cambio inicia con el desmontaje del punzón de Re-embutición o formador de la pieza (campana), se retiran los suples a medidas utilizados, se limpia el herramental, se procede a desmontar el porta punzón para cambiar el disco espaciador (centrador de corte).

Una vez que se tiene listo el formador de piezas (campana) se procede al montaje de este y se realizan los ajustes necesarios, luego se coloca el porta punzón armado con el disco espaciador a la altura que se desea trabajar y se realizan los ajustes necesarios, se realiza un chequeo en el troquel de modo manual para comprobar que el herramental este bien centrado.

Dentro del proceso de elaboración de envases los tiempos de preparación promedio en el año 2019 fueron de 6,06 horas y para el año 2020 fueron de 6,03 horas (fig.1.1 y 1.2). Enel 2019 se realizaron 743 cambios con un promedio mensual de 62 cambios.

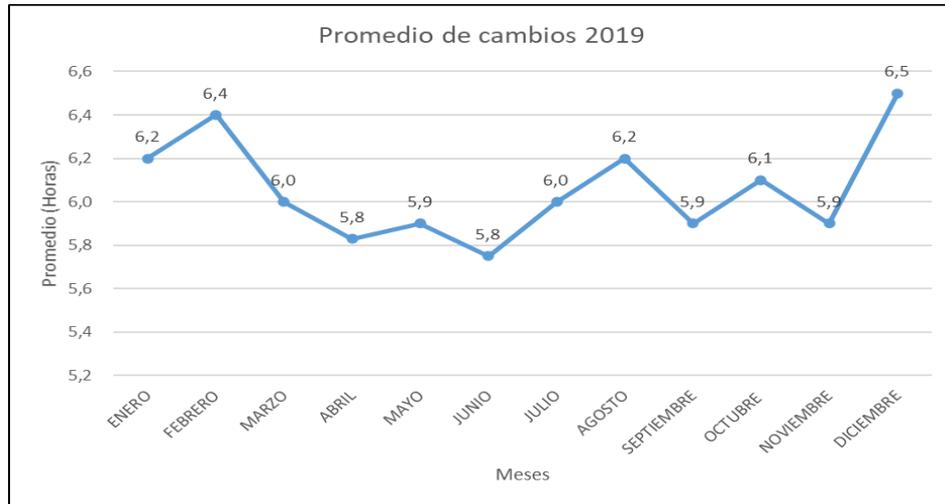


Figura 1.1 Promedio de cambios 2019

Fuente: Autor

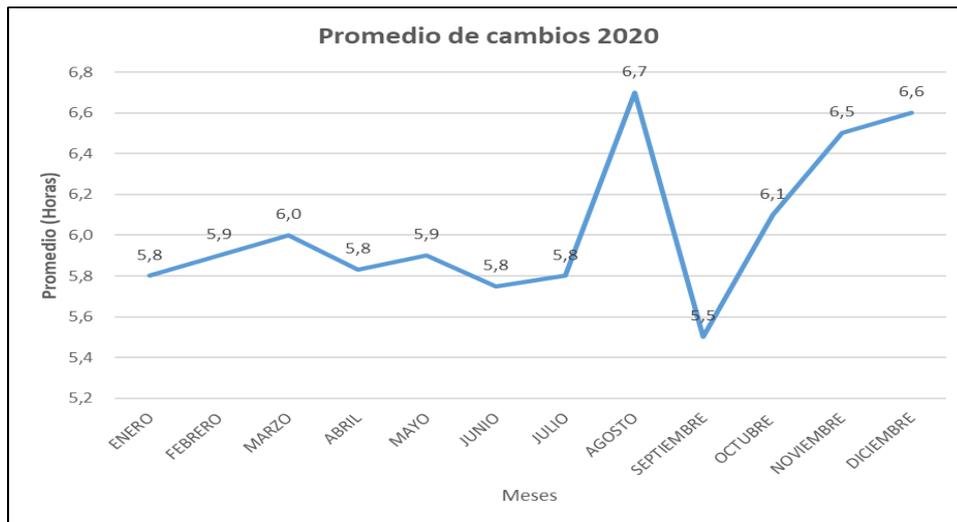


Figura 1.2 Promedio de cambios 2020

Fuente: Autor

Debido al crecimiento en la demanda de envases (ver tabla 1) con respecto a los años 2019 y 2020 la línea se vio forzada a realizar cambios con mayor frecuencia y se pasó de procesar 4 alturas a procesar 11 alturas diferentes.

Tabla 1
Unidades producidas en 2019 y 2020

UNIDADES BUENAS PRODUCIDAS		
MESES	2019	2020
ENERO	9.134.559	8.893.667
FEBRERO	9.838.012	10.565.671
MARZO	10.225.403	10.700.051
ABRIL	10.041.708	9.311.535
MAYO	11.372.840	11.955.112
JUNIO	4.754.079	10.269.315
JULIO	10.437.472	12.381.805
AGOSTO	12.128.445	11.333.736
SEPTIEMBRE	10.290.897	12.190.142
OCTUBRE	9.282.741	12.362.678
NOVIEMBRE	10.255.798	9.791.356
DICIEMBRE	9.847.890	9.334.034
	117.609.844	129.089.102

Fuente: Autor

Con estos antecedentes se vuelve imperativa la implementación de la herramienta de manufactura esbelta SMED, (SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE), para la reducción de los tiempos improductivos por cambio de formato en la línea procesadora de envases embutidos de dos piezas.

1.2. Definición del problema u oportunidad

Tabla 2
Definición del problema

Pregunta	Descripción
Qué	Los tiempos de preparación para cambios en la fabricación de envases de hojalata en la Envases embutidos S.A., son muy largos provocando baja productividad.
Donde	En la línea de fabricación de envases de hojalata.
Cuando	Desde el 2019 se procesan 11 alturas diferentes de envases.
Que tanto	En el transcurso del año 2019 el promedio de tiempo de preparación para cambio fue de 6.06 horas.
Como lo se	La empresa busca reducir de 6 horas a 4 horas el tiempo de preparación en la producción de envases de hojalata.

Fuente: Autor

Los tiempos de preparación para cambios en la fabricación de envases de hojalata en Envases embutidos S.A., son muy largos provocando baja productividad. En la línea de fabricación, desde el 2019 se procesan 11 alturas diferentes de envases, puesto que el promedio de tiempo de preparación para cada cambio fue de 6.06 horas.

De acuerdo con datos históricos recolectados en el año 2019 los cambios de la línea de envases fueron 851 horas de cambio con un promedio de 6,06 horas para cada cambio, las unidades promedio del año que se dejaron producir fueron de 1,665.826, en la tabla 2, se pudo observar el promedio de cambios en cada mes como también las unidades que se dejaron de producir por mes.

La empresa busca reducir de 6 horas a 4 horas el tiempo de preparación en la producción de envases de hojalata.

Tabla 3
Cantidad de cambios y horas en el año 2019

CANTIDAD DE CAMBIOS Y HORAS EN EL AÑO 2019				
MESES	# de cambios	Cambios (HORAS)	Promedio (HORAS)	Envases sin producir (UNIDADES)
ENERO	8 cambios	50	6,2	142104
FEBRERO	9 cambios	58	6,4	146688
MARZO	11 cambios	66	6,0	137520
ABRIL	9 cambios	52	5,8	133623,6
MAYO	7 cambios	41	5,9	135228
JUNIO	4 cambios	23	5,8	131790
JULIO	15 cambios	90	6,0	137520
AGOSTO	9 cambios	56	6,2	142104
SEPTIEMBRE	36 cambios	212	5,9	135228
OCTUBRE	12 cambios	73	6,1	139812
NOVIEMBRE	12 cambios	71	5,9	135228
DICIEMBRE	9 cambios	59	6,5	148980
TOTAL		851		1665826
PROMEDIO		71	6,06	
PROMEDIO EN CAMBIOS				6,06

Fuente: Autor

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Este proyecto tiene como objetivo reducir el tiempo de preparación de 6 horas a 4 horas en promedio a través de la aplicación de la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die) en el proceso de cambios de formato en la máquina procesadora de envases embutidos de dos piezas, mejorando la productividad.

1.3.2 Objetivos específicos

- 1.- Diagnosticar la situación actual del proceso de fabricación de envases de dos piezas mediante el levantamiento de información usando diagramas de flujos.
- 2.- Separar las actividades identificadas en el proceso clasificándolas como tareas internas y externas.
- 3.- Convertir las tareas internas en externas en busca del mejoramiento del proceso de fabricación.
- 4.- Perfeccionar las tareas internas y externas eliminando o reduciendo las actividades que no agreguen valor al proceso.
- 5.- Validar los resultados de la metodología aplicada mediante una prueba piloto.

1.4. Descripción de la metodología

La metodología para la elaboración de este proyecto consiste en 5 etapas. La primera consiste en el análisis de la situación actual, es decir conocer cada una de sus operaciones, como funciona, sus respectivos tiempos de operación, quienes intervienen en él y definir sus entradas y salidas. Esto se realiza mediante varias técnicas de recopilación de datos como lo son la observación, históricos de datos, análisis documental, toma de tiempos, diagrama otida, diagrama espagueti (Reato, 2019).

En la segunda etapa, una vez levantada la información del proceso con la ayuda y apoyo en un registro filmico se realiza un mapeo de las actividades realizadas durante el cambio de formato. Además, se clasifican las tareas internas que son aquellas que solamente pueden ser realizadas cuando el proceso está detenido y tareas externas que son aquellas que pueden ser realizadas mientras el proceso está corriendo, al mismo tiempo se identifican las actividades que agregan y no agregan valor en el proceso (Dandori, 1983).

En la tercera etapa, la técnica de SMED permite disminuir el tiempo que se desperdicia en las máquinas e instalaciones debido al cambio de partes necesarios para cambios de tipos de productos. Es un evento de mejora que se realiza con un equipo multidisciplinario de personas para reducir notablemente los tiempos de cambio convirtiendo las tareas internas en externas, es decir hacer el mayor número de actividades posibles mientras la maquina se encuentra funcionando, en busca del mejoramiento del proceso de fabricación. (Pereira, 2009)

En la cuarta etapa, aplicando la metodología SMED y mediante un análisis de métodos de trabajo y herramientas de mejoramiento continuo se perfeccionan las actividades

internas y externas eliminando o reduciendo las actividades que no agreguen valor al proceso (Socconini, 2017).

En la quinta etapa, una vez implementada la metodología se realiza una prueba piloto para obtener los resultados del tiempo de proceso de cambio y compararlos con los datos iniciales del proyecto (Reato, 2019).

Este proyecto busca producir mayor variedad de productos o servicios en el menor tiempo y con menos recursos. Se basa en el principio de que es mejor dedicar más tiempo al procesamiento efectivo y menos tiempo a los cambios o reparaciones (Arboleda Zúñiga, 2017).

CAPÍTULO 2

2. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED

El área de elaboración de envases embutidos de dos piezas consta de una máquina Alfons Haar (fig.2.1).

La (fig. 2.2) mostrada a continuación esquematiza la metodología a seguir únicamente en la línea Alfons Haar, con la finalidad de cumplir con los objetivos propuestos.



Figura 2.1 Línea de producción de envases

Fuente: Autor



Figura 2.2 Diagrama de flujo de la metodología

Fuente: Autor

2.1. Análisis de la situación actual

2.1.1 Medición de la situación actual

Para determinar el comportamiento del tiempo actual de los diferentes cambios de altura (108, 109, 110, 110.5) en la línea procesadora de envases embutidos de dos piezas en el proceso de cambio de formato, se recolectó la información necesaria del año 2019 y se observó el comportamiento de la variable, en base a los datos obtenidos en la figura 1.

Posteriormente con la ayuda del Software Minitab 19 se determinó la Distribución de Probabilidades de la variable. Previo a la prueba de normalidad de Anderson- Darling se verificó que no existían datos atípicos, los cuales se muestran por medio de un Diagrama de Cajas, según lo muestra la figura 2.3.

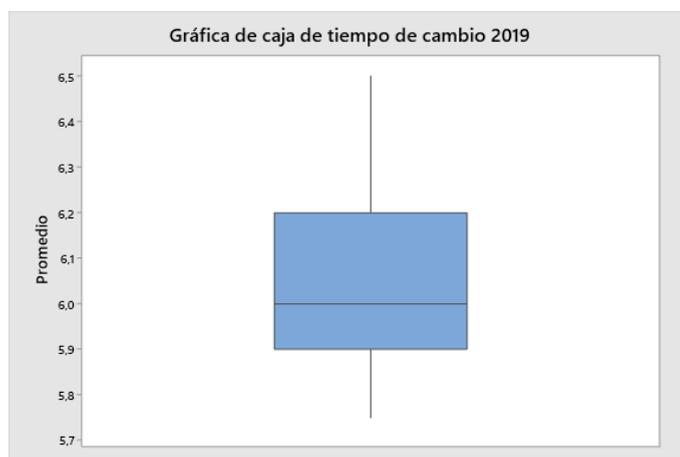


Figura 2.3 Diagrama de cajas 2019

Fuente: Autor

A partir de ello se postuló la Hipótesis Nula H_0 : El tiempo de cambio de formato 2019 sigue una Distribución Normal con los parámetros: $\mu = 6,0567$ y $\sigma = 0,2302$ Vs. H_1 : El tiempo de cambio de formato no sigue una Distribución Normal con los parámetros: $\mu = 6,0567$ y $\sigma = 0,2302$.

Mediante el análisis estadístico mostrado en la figura 2.4 se comprobó la hipótesis.

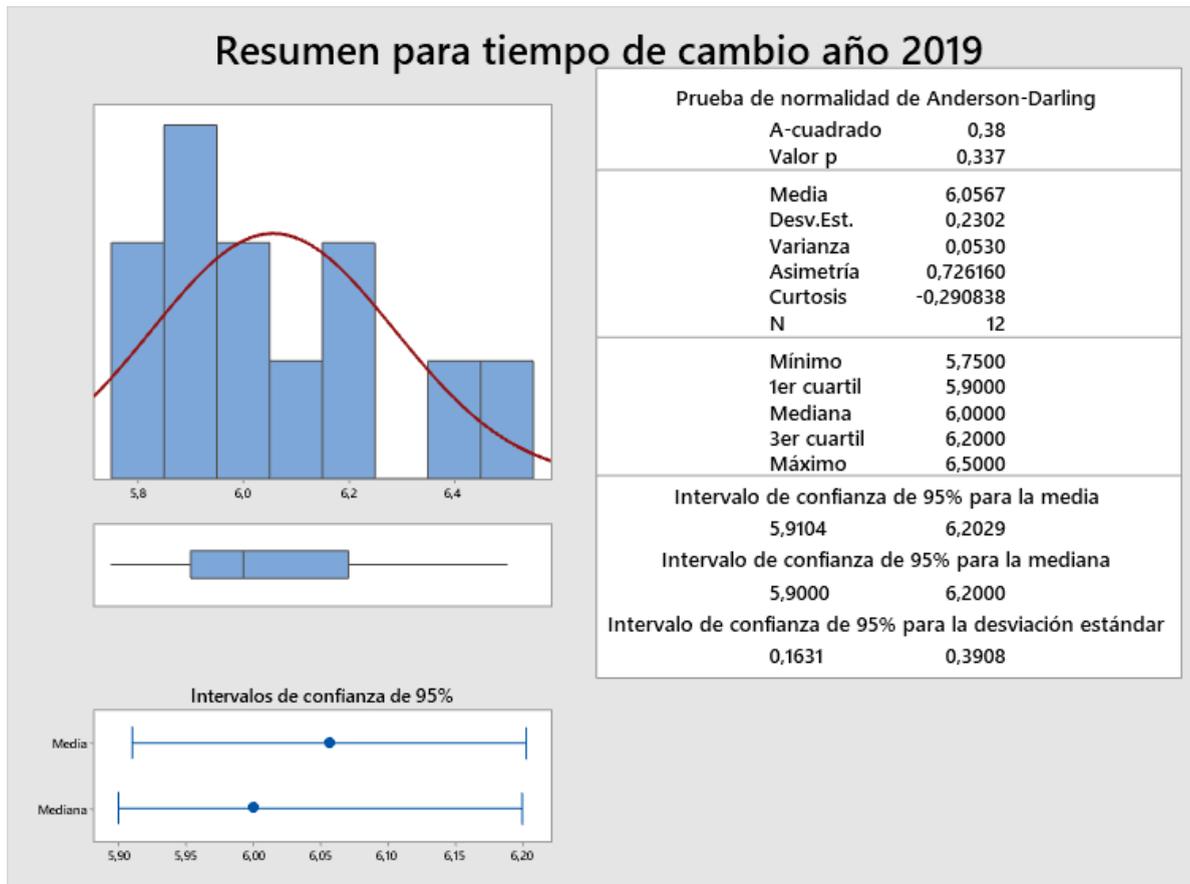


Figura 2.4 Resumen para tiempo de cambio 2019

Fuente: Autor

De donde a partir de un valor p igual a 0,337 se concluyó que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar H_0 , por lo tanto, la muestra de los tiempos de cambio de formato sigue una Distribución Normal $N(6,0567, 0,0530)$.

También se recolectó la información necesaria del año 2020 y se observó el comportamiento de la variable, tal como se mostró en la figura 1.2.

Posteriormente con la ayuda del Software Minitab 19 se determinó la Distribución de Probabilidades de la variable. Previo a la prueba de normalidad de Anderson- Darling se verificó que no existían datos atípicos, los cuales se muestran por medio de un Diagrama de Cajas, según lo muestra la figura 2.5.

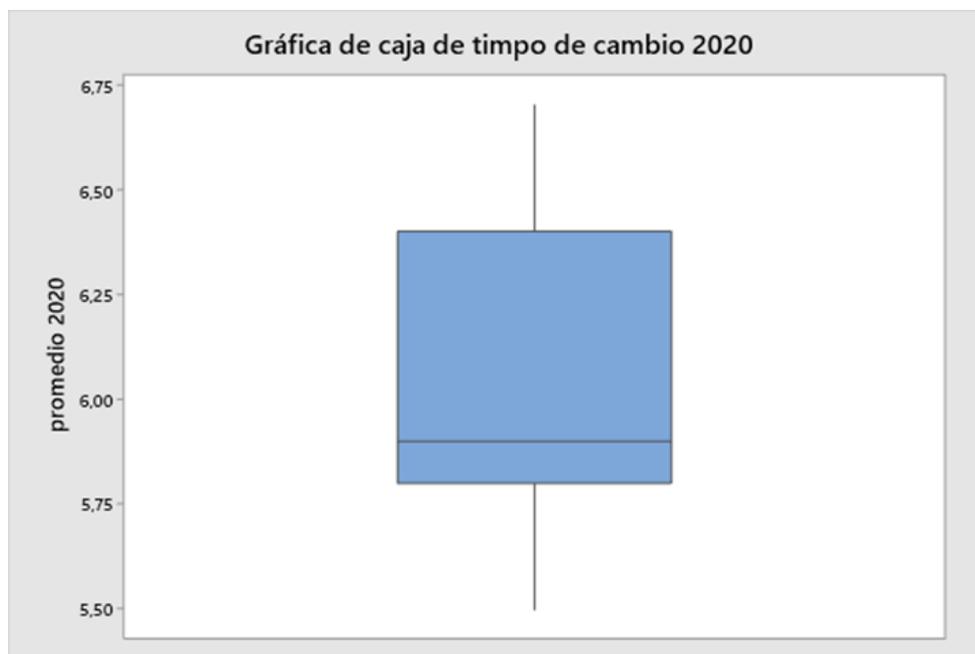


Figura 2.5 Diagrama de cajas 2020

Fuente: Autor

A partir de ello se postuló la Hipótesis Nula H_0 : El tiempo de cambio de formato 2020 sigue una Distribución Normal con los parámetros: $\mu = 6,0317$ y $\sigma = 0,3741$ Vs. H_1 : El tiempo de cambio de formato no sigue una Distribución Normal con los parámetros: $\mu = 6,0317$ y $\sigma = 0,3741$.

Mediante el análisis estadístico mostrado en la figura 2.6 se comprobó la hipótesis.

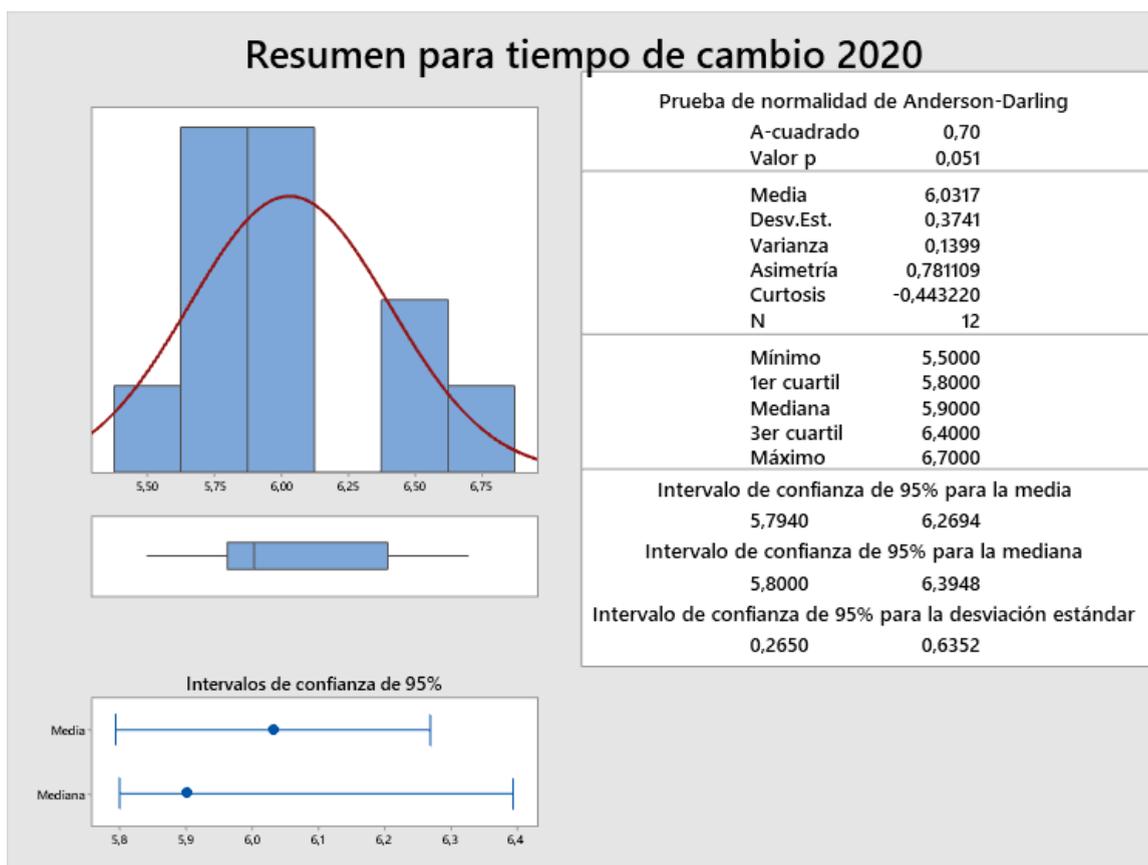


Figura 2.6 Resumen para tiempo de cambio 2020

Fuente: Autor

De donde a partir de un valor p igual a 0,051 se concluyó que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar H_0 , por lo tanto, la muestra de los tiempos de cambio de formato sigue una Distribución Normal $N(6,0317, 0,1399)$.

2.1.2 Levantamiento de información

Se describen los espacios donde se desarrollan las diferentes actividades que constituyen parte del proceso de cambio de formato; los cuales son:

Fabricación de herramientas

El departamento de talleres es el lugar donde se elaboran las diferentes piezas o herramientas de acuerdo con las necesidades o requerimientos de las diferentes líneas de producción de planta como se muestra en la figura 2.7.

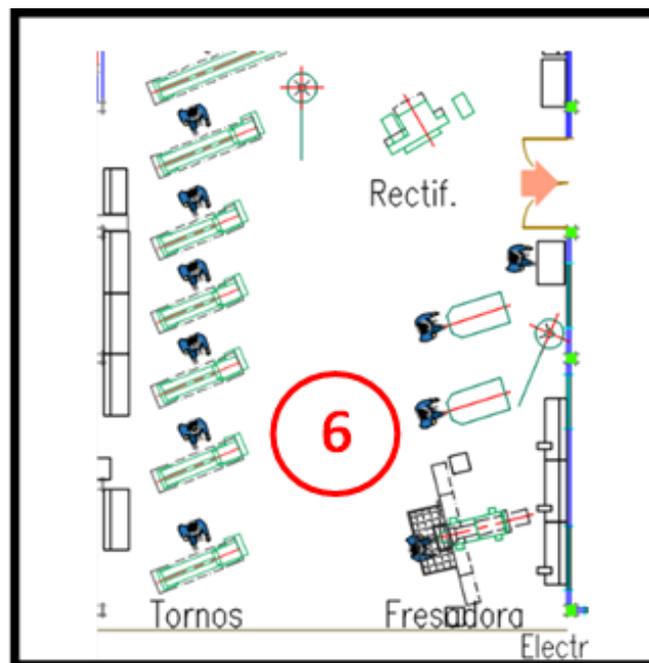


Figura 2.7 Área de talleres

Fuente: Autor

Almacén general

Esta área de almacén general es donde se almacenan cada uno de los herramientas utilizados en la línea de elaboración de envases de dos piezas como se muestra en la figura 2.8.



Figura 2.8 Área de Almacén general

Fuente: Autor

Sección de litográfica

Esta área es donde se almacenan las láminas a utilizar en la línea procesadora de envases embutidos dos piezas como se muestra en la figura 2.9.



Figura 2.9 Área de Litográfica

Fuente: Autor

2.1.3 Descripción del proceso de cambio de formato

Se realizó un Diagrama de Otida, para esquematizar el proceso actual del cambio de formato, incluyendo a los operadores involucrados en el proceso:

➤ Operario 1

Antes de parar la máquina y realizar el cambio de formato, el supervisor de producción revisa la planificación de la producción para la línea de elaboración de envases embutido dos piezas, una vez revisado el plan de producción se entrega al operador la orden planificada para el cambio de formato.

Una vez recibida la orden de producción con los detalles de la altura a la que se va a realizar el cambio, el operario 1 es el encargado de realizar las siguientes actividades:

- Busca las herramientas que va a utilizar para el cambio de formato a realizar.
- Procede a desmontar las campanas de la estación 1, 2 y 3, y llevarlas a la mesa de trabajo y procede con la limpieza de cada una de las campanas.
- Busca el calibrador vernier para realizar mediciones a cada uno de los suplementos que se colocan en las campanas para darle la altura deseada.
- Al no contar con suples a medidas estandarizadas procede a buscar en la línea y en el departamento técnico (taller), si no encuentra la que se necesita para el cambio procede a realizar una orden de fabricación al departamento técnico.
- Una vez listas las campanas de las 3 estaciones de trabajo procede al montaje de cada una de ellas.
- Procede a desmontar los bloques de las estaciones 1, 2 y 3, y llevarlos a la mesa de trabajo, se procede con la limpieza de cada uno de los bloques.
- Se prepara cada uno de los bloques colocándoles el anillo espaciador y punzones a la medida en se van a trabajar.
- Una vez listo cada uno de los bloques se procede con el montaje de cada uno.
- Se da arranque manual a la línea para revisar el funcionamiento y los parámetros.
- Se obtienen los envases de cada una de las estaciones 1, 2 y 3 para de esta manera revisar los parámetros del envase y el cumplimiento de las especificaciones.
- Se calibra la cámara de inspección de envases.
- Se calibra el verificador de envases (tester).
- Una vez que todo esté dentro de los parámetros se inicia la producción.

A continuación, se muestra en la (fig. 2.10) el diagrama Otida del proceso de cambio.

ROCESO: CAMBIO DE FORMATO EN LA LINEA DE ELABORACIÓN DE ENVASES EMBUTIDOS DOS PIEZA			
METODO ACTUAL: X		MOTODO PROPUESTO:	
No.	ACTIVIDAD	SÍMBOLO	OBSERVACIONES
1	Se retira orden de producción a trabajar	○ → ∇ D □	
2	Parar maquina	○ → ∇ D ■	
3	Abrir puerta principal	○ → ∇ D □	
4	Reunir herramientas	○ → ∇ D ■ □	
5	Desmontaje de campanas estación 1	⇨ ⇨ ∇ D □	
6	Llevar campana a mesa de trabajo	○ → ∇ D □	
7	Desmontaje de campanas estación 2	● ⇨ ∇ D □	
8	Llevar campana a mesa de trabajo	○ → ∇ D □	
9	Desmontaje de campanas estación 3	● ⇨ ∇ D □	
10	Llevar campana a mesa de trabajo	○ → ∇ D □	
11	Limpieza de campanas	○ → ∇ D ■ □	
12	Búsqueda de calibrador	○ → ∇ D □	
13	Búsqueda de suples a medida a trabajar	○ → ∇ D □	
14	Preparación de campana estación 1	● ⇨ ∇ D □	
15	Montaje de campana estación 1	● ⇨ ∇ D □	
16	Preparación de campana estación 2	○ → ∇ D □	
17	Montaje de campana estación 2	● ⇨ ∇ D □	
18	Preparación de campana estación 3	● ⇨ ∇ D □	
19	Montaje de campana estación 3	● ⇨ ∇ D □	
20	Desmontaje del bloque estación 1	● ⇨ ∇ D □	
21	Buscar suples en taller	○ → ∇ D □	
22	Preparación de bloque estación 1	● ⇨ ∇ D □	
23	montaje de bloque estación 1	● ⇨ ∇ D □	
24	Desmontaje del bloque estación 2	● ⇨ ∇ D □	
25	Preparación de bloque estación 2	● ⇨ ∇ D □	
26	montaje de bloque estación 2	● ⇨ ∇ D □	
27	Desmontaje del bloque estación 3	● ⇨ ∇ D □	
28	Preparación de bloque estación 3	● ⇨ ∇ D □	
29	Montaje de bloque estación 3	● ⇨ ∇ D □	
30	Arranque manual prensa Redraw	○ → ∇ D ■	
31	Obtener primeros envases	○ → ∇ D ■	
32	Desmontaje de la campana estación 1	● ⇨ ∇ D □	
33	Preparación de campana estación 1	● ⇨ ∇ D □	
34	Montaje de campana estación 1	● ⇨ ∇ D □	
35	Desmontaje de la campana estación 3	● ⇨ ∇ D □	
36	Preparación de campana estación 3	● ⇨ ∇ D □	
37	Montaje de la campana estación 3	● ⇨ ∇ D □	
38	Arranque manual prensa Redraw	○ → ∇ D ■	
39	Medición de primeros envases	○ → ∇ D □	
40	Calibración de verificador de envases	● ⇨ ∇ D □	
41	Calibración de la cámara de inspección	● ⇨ ∇ D □	
42	Puesta en marcha la línea	● ⇨ ∇ D □	
RESUMEN DE ACTIVIDADES			
	ACTIVIDAD	NÚMERO	
	Operación	26	
	Transporte	10	
	Demora	2	
	Inspección	4	
	Almacenamiento		

Figura 2.10 Diagrama Otida

Fuente: Autor

2.1.4 Herramientas exploratorias

Son herramientas utilizadas para detectar causas de problemas en procesos o sistemas de trabajo; existen una gran variedad y su uso depende del tipo de datos que se pueda obtener, a continuación, se detalla dos tipos de herramientas exploratorias que se usaron para el desarrollo del proyecto:

Diagrama Causa- Efecto

Se desarrolló un Diagrama de Causa-Efecto en conjunto con operarios, supervisor y jefe de sección, como se muestra en la (fig. 2.11); se consideró como efecto el problema antes descrito, es decir, el tiempo de cambio de formato en la línea procesadora de envases embutidos de dos piezas de 6 horas.

Según lo conversado con los involucrados para el aspecto de Mano de Obra existen paros de máquina debido a esfuerzos innecesarios del operador, esto a su vez ocurre porque no existen los herramientas necesarios para realizar los cambios de formato, se tiene que parar máquina para realizar las actividades, la falta de capacitación de los operarios y no tener claro el procedimiento a seguir para realizar los cambios de formato.

Para el aspecto de Máquina se comentó que existen demoras debido a que se debe realizar limpieza del herramental, falta de mantenimiento de la línea de producción de envases, la falta del herramental necesario todo esto influye para que los cambios de formato no se realicen en un tiempo estimado.

Para el Método se encontraron actividades innecesarias que realiza el operador cada vez que procede al desmontaje o montaje de herramientas se traslada a una mesa de trabajo bastante distante, lo cual es causado por que no existe una mesa adecuada para colocar los herramientas al pie de la máquina, otra causa hallada fue no tener las herramientas de trabajo en el sitio del cambio se buscaba en armarios que no estaban ordenados todas estas actividades retrasaban el proceso de cambio de formato.

Para el tema de Materiales se comentó la falta herramientas para el proceso de cambio, lanas a medidas específicas para las diferentes alturas a trabajar, el tema de los materiales es fundamental tenerlos disponible y así no tener que fabricar algún tipo de herramental de manera urgente y provocar retrasos en el proceso de cambio.

Además, se dijo que para realizar algún cambio de formato se tiene que buscar al supervisor o al ayudante de oficina para que se les proporcione la orden de producción y puedan proceder al cambio de formato.

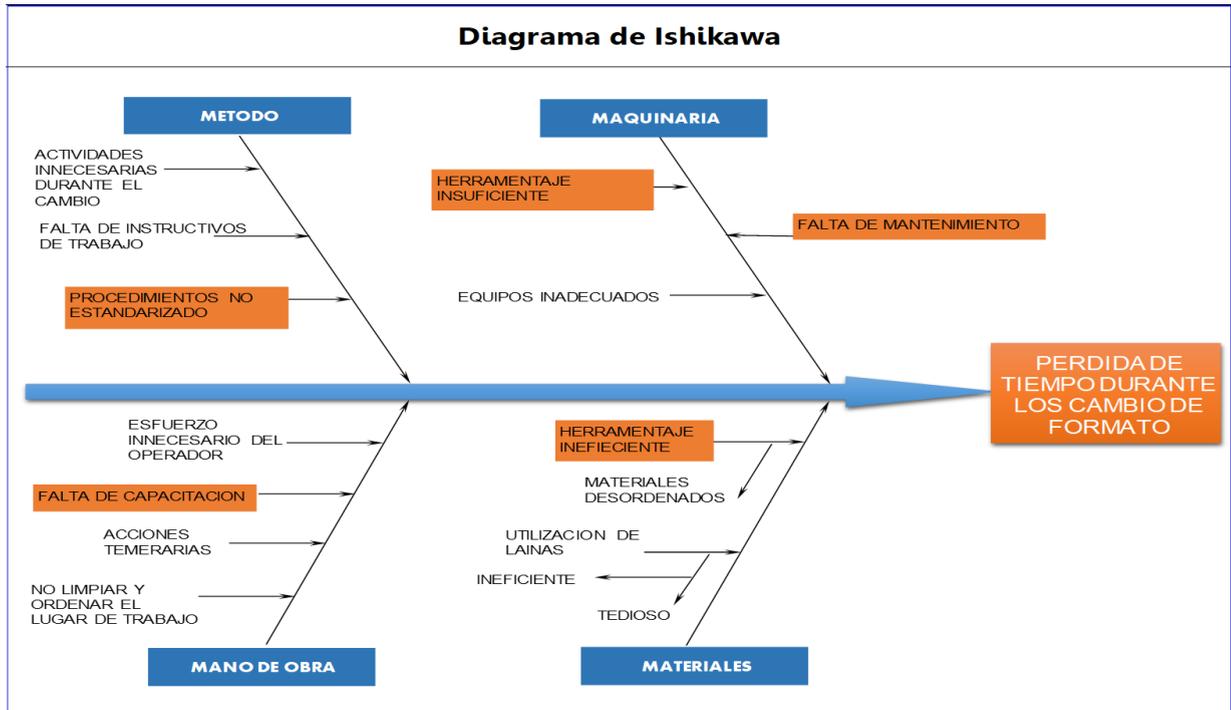


Figura 2.11 Diagrama causa – efecto del cambio de formato

Fuente: Autor

Diagrama Spaghetti

Se desarrolló un Diagrama de spaghetti en conjunto con operarios, supervisor y jefe de sección, como se muestra en la (fig. 2.12).

Según lo conversado con los involucrados dentro del proceso de cambio de formato en la línea de producción de envases embudidos de dos piezas en el diagrama de spaghetti se identificaron de manera rápida y fácil los movimientos innecesarios que realiza el operador al momento de realizar el cambio de formato.

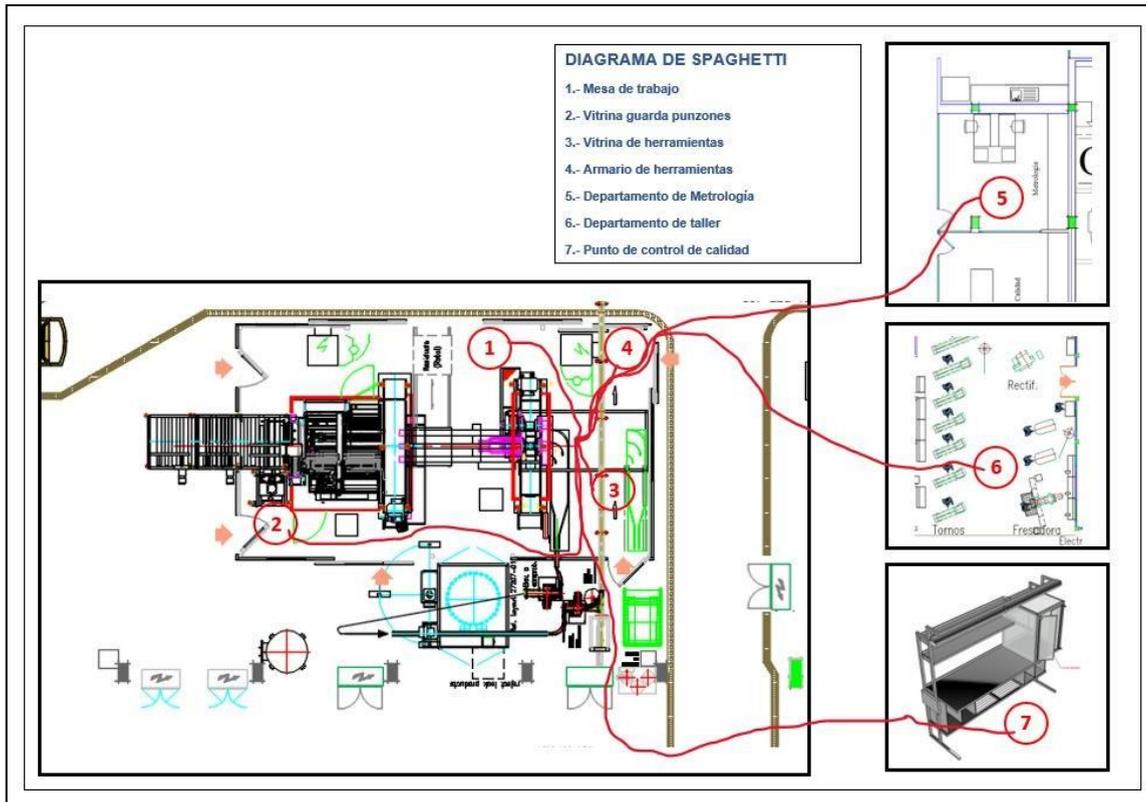


Figura 2.12 Diagrama Spaghetti del cambio de formato

Fuente: Autor

En el diagrama de spaghetti se detalla cada uno de los movimientos que el operador realiza al momento de realizar el cambio de formato en la línea de envases embutidos de dos piezas.

- Las veces que se acerca a la mesa de trabajo sea para dejar herramientas o tomar los que va a colocar en la máquina (1).
- Al momento de armar para el montaje de herramientas se traslada hacia una vitrina donde se encuentran los punzones almacenados (2).
- La búsqueda de las herramientas a usar en los armarios o vitrinas cuando ya se está realizando el cambio y estos a su vez están desordenados (3-4).
- Tener dentro del área de trabajo un calibrador vernier que no estaba con la respectiva calibración y trasladarse en ese instante al departamento de metrología para su respectiva calibración (5).
- Traslarse al punto de control de calidad por varias ocasiones a medir las dimensiones de los envases que estén dentro de las especificaciones (7).
- Traslarse al taller para buscar suplementos (6).

2.2. Mapeo del proceso de cambio

2.2.1 Filmación del proceso de cambio

Lo que no se conoce no se puede mejorar, al realizar la filmación del proceso de cambio, se evidencio del sin número de movimientos inútiles, paseos, distracciones, etcétera, en que incurrió el operador.

Pueden tomar hasta 40 minutos o más buscando por toda la planta una llave Allen, otro tanto localizando los tornillos en el almacén o hasta un troquel en los racks, afilando las piezas necesarias o llenando formatos de calidad y producción. Todo esto mientras el equipo permanece detenido esperando a que el operador se decida a empezar el desmontaje de las herramientas usadas por el artículo anterior y el acoplamiento de las que se necesitan para el que viene.

Se muestra varias fotografías de la filmación realizada al proceso de cambio, en la (fig.2.13) se muestra el desmontaje de los herramentales.

En el desmontaje de los herramentales, al no utilizar las herramientas adecuadas, en ocasiones los pernos se caían y se extraviaban. Al no cubrir las cuchillas de corte, el operador sufría cortes en sus brazos o manos.

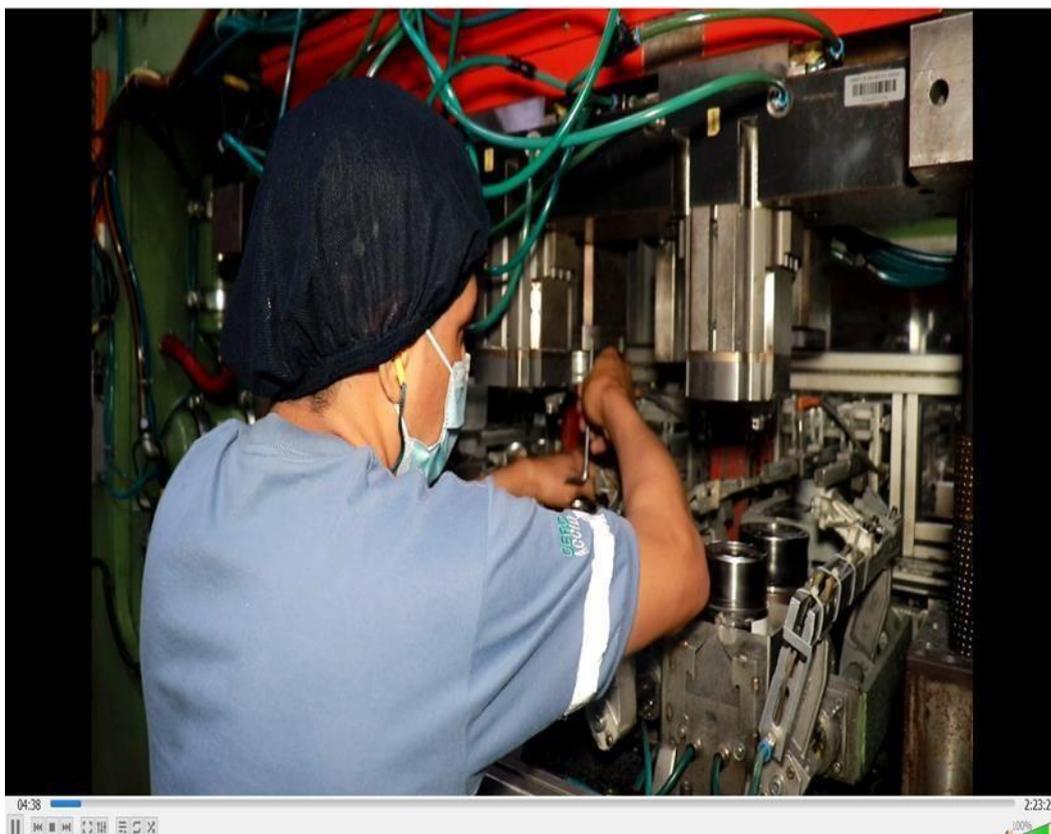


Figura 2.13 Desmontaje de herramentales

Fuente: Autor

Una vez desmontado los herramientales se procede a la limpieza de cada uno de ellos tal como se muestra en la (fig.2.14).

En esta parte el operador tenía que buscar los trapos para realizar la limpieza de los herramientales, buscar los suplementos que va a utilizar y limpiarlos.



Figura 2.14 Limpieza de herramientales

Fuente: Autor

Luego de realizar la limpieza necesaria de cada una de las piezas de los herramientales, cabe mencionar que el troquel consta de tres estaciones que para este caso son tres juegos de herramientales los que el operador tiene que limpiar y preparar.

Al continuar con el proceso una vez realizada la limpieza al herramientales, el operador se dispone a realizar el respectivo armado y suplementación de acuerdo con la medida o altura a la que se va a trabajar como se muestra en la (fig.2.15).



Figura 2.15 Armado de herramientas

Fuente: Autor

Una vez realizado el armado de los herramientas se procede al montaje en cada una de las estaciones de trabajo.

En esta parte al no contar con los herramientas de altura (suples) el operador en muchas ocasiones tiene que tomar varias medidas a diferentes suples para poder llegar a la altura o medida en la que se requiere trabajar, en otras ocasiones se tiene que enviar a fabricar suples con medidas definidas para poder llegar a la altura adecuada.

Esta parte del proceso de cambio es representativa ya que muestra todos los tiempos ociosos en que incurre el operador.

En la (fig.2.16) se muestra el montaje de los herramientas en cada una de sus estaciones.

En el montaje de los herramientales, al no contar con una adecuada mesa de trabajo cerca del lugar donde se realiza el cambio, el operador tiene que trasladar y mover cada uno de los herramientales hacia la máquina y colocar en cada una de las estaciones de trabajo.

También al momento de colocar o realizar ajuste se puede caer algún perno y perderse retrasando el proceso de cambio.



Figura 2.16 Montaje de herramientales

Fuente: Autor

2.2.2 Identificación de tareas internas y externas

Una vez descritas las actividades necesarias para realizar el cambio de formato, se las identifica como internas las actividades realizadas mientras la máquina está parada, y como externas las actividades que se realizan previo al paro de la máquina, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4
Identificación de actividades internas y externas

CAMBIO DE FORMATO								
No.	Operación de Cambio	OPERADORES					CAMBIOS	
		1	2	3	4	5	Interno	Externo
0	Parar maquina	x						
1	Abrir puerta principal	x					X	
2	Reunir herramientas	x						X
3	Desmontaje de campanas estación 1	x					X	
5	Desmontaje de campanas estación 2	x					X	
7	Desmontaje de campanas estación 3	x					X	
9	Limpieza de campanas	x						X
12	Preparación de campana estación 1	x						X
13	Montaje de campana estación 1	x					X	
14	Preparación de campana estación 2	x						X
15	Montaje de campana estación 2	x						
16	Preparación de campana estación 3	x						X
17	Montaje de campana estación 3	x					X	
18	Desmontaje del bloque estación 1	x					X	
20	Preparación de bloque estación 1	x						X
21	montaje de bloque estación 1	x					X	
22	Desmontaje del bloque estación 2	x					X	
23	Preparación de bloque estación 2	x						X
24	montaje de bloque estación 2	x					X	
25	Desmontaje del bloque estación 3	x					X	
26	Preparación de bloque estación 3	x						X
27	Montaje de bloque estación 3	x					X	
28	Arranque manual prensa Redraw	x					X	
30	Desmontaje de la campana estación 1	x					X	
31	Preparación de campana estación 1	x						X
32	Montaje de campana estación 1	x					X	
33	Desmontaje de la campana estación 3	x					X	
34	Preparación de campana estación 3	x						X
35	Montaje de la campana estación 3	x					X	
36	Arranque manual prensa Redraw	x					X	
38	Calibración de verificador de envases	x					X	
39	Calibración de la cámara de inspección	x					X	
40	Puesta en marcha la línea	x					X	

Fuente: Autor

2.2.3 Estudio de tiempos

Una vez que se grabó el proceso de cambio en la línea de fabricación de envases de dos piezas, cuidadosamente se filmó al operador involucrado que actuó mientras la máquina estaba parada para luego cronometrar cada actividad realizada.

Los datos mostrados en la (tabla 4) son los tiempos en que se realiza el cambio de formato para cada una de las actividades efectuadas por el operador.

Además, se identifican las actividades consideradas como desperdicio; para el proceso en mención los desperdicios se pueden dar en transporte, espera, sobre proceso y movimientos innecesarios. Los resultados se muestran en la tabla 5.

Tabla 5
Análisis Smed para reducción de tiempo de cambio

Análisis SMED para Reducción de Tiempos de Cambio													
Se inicia el cambio con máquina parada													
												Fecha: 15/11/2021	
No.	Operación de Cambio	Operadores					mpo Acumul	Tiempo Real	Tiempo Potencial	Clasificación del Cambio		Desperdicio	Comentario
		1	2	3	4	5				Interno	Externo		
0	Parar maquina	x					8:00:00			x			
1	Abrir puerta principal	x					8:00:15	0:00:15		x			
2	Reunir herramientas	x					8:01:00	0:10:45		x			
3	Desmontaje de campanas estación 1	x					8:03:22	0:02:22		x			
4	Llevar campana a mesa de trabajo	x					8:03:32	0:00:10				x	
5	Desmontaje de campanas estación 2	x					8:04:36	0:02:04		x			
6	Llevar campana a mesa de trabajo	x					8:04:46	0:00:10				x	
7	Desmontaje de campanas estación 3	x					8:07:57	0:03:11		x			
8	Llevar campana a mesa de trabajo	x					8:08:08	0:01:23				x	Se revisa diferentes suples
9	Limpieza de campanas	x					8:24:38	0:15:18		x			
10	Búsqueda de calibrador	x					8:54:44	0:30:06				x	Se lleva a metrología a calibrar
11	Búsqueda de suples a medida a trabajar	x					9:09:52	0:15:07				x	
12	Preparación de campana estación 1	x					9:30:16	0:20:24		x			
13	Montaje de campana estación 1	x					9:42:17	0:12:01		x			
14	Preparación de campana estación 2	x					10:02:27	0:20:10		x			
15	Montaje de campana estación 2	x					10:06:37	0:04:10		x			Se cae pin del resorte
16	Preparación de campana estación 3	x					10:22:23	0:15:46		x			
17	Montaje de campana estación 3	x					10:29:21	0:06:58		x			
18	Desmontaje del bloque estación 1	x					10:34:24	0:05:03		x			Cambio disco espaciador y punzón
19	Buscar suples en taller	x					10:59:46	0:25:22				x	Dar medidas a suples en taller
20	Preparación de bloque estación 1	x					11:14:59	0:15:13		x			
21	montaje de bloque estación 1	x					11:23:17	0:08:58		x			Conjunto disco espaciador y punzón
22	Desmontaje del bloque estación 2	x					11:28:20	0:05:03		x			Cambio disco espaciador y punzón
23	Preparación de bloque estación 2	x					11:42:28	0:14:08		x			
24	montaje de bloque estación 2	x					11:49:41	0:07:13		x			
25	Desmontaje del bloque estación 3	x					11:58:32	0:08:51		x			Conjunto disco espaciador y punzón
26	Preparación de bloque estación 3	x					12:11:33	0:13:01		x			Cambio disco espaciador y punzón
27	Montaje de bloque estación 3	x					12:20:03	0:08:30		x			
28	Arranque manual prensa Redraw	x					12:21:23	0:01:20		x			
29	Obtener primeros envases	x					12:36:17	0:14:54				x	Revisar medidas en puesto de calidad
30	Desmontaje de la campana estación 1	x					13:43:18	0:07:01		x			
31	Preparación de campana estación 1	x					13:58:19	0:15:01		x			Envases fuera de medidas
32	Montaje de campana estación 1	x					14:05:20	0:07:01		x			
33	Desmontaje de la campana estación 3	x					14:12:21	0:07:01		x			
34	Preparación de campana estación 3	x					14:29:22	0:17:01		x			
35	Montaje de la campana estación 3	x					14:37:14	0:07:52		x			Envases fuera de medidas
36	Arranque manual prensa Redraw	x					14:38:47	0:01:33		x			
37	Medición de primeros envases	x					14:45:24	0:06:37				x	Revisar medidas en puesto de calidad
38	Calibración de verificador de envases	x					14:49:39	0:04:15		x			tester
39	Calibración de la cámara de inspección	x					15:03:20	0:15:41		x			
40	Puesta en marcha la línea	x					15:07:32	0:04:12		x			Primeros envases buenos
Tiempo Total							6:21:11						
Desperdicio Total							1:33:49						
Actividades Internas							4:47:22						

Fuente: Autor

De acuerdo con el análisis realizado y cronometrado de cada actividad se pudo observar que el tiempo en que toma realizar el cambio de formato fue de 6:21:11 horas.

2.3 Conversión de las tareas internas en externas

La idea es que al tiempo en el cual el sistema no está produciendo, es decir, no agrega valor, se le considera como desperdicio; por lo tanto, se requiere de su eliminación. En esta etapa es necesario hacer una revisión minuciosa de las actividades internas, para poder hacer la conversión pertinente y así ganar más tiempo productivo, es decir, hacer todo lo necesario en preparar troqueles, matrices, punzones, etc., fuera de la máquina en funcionamiento para que cuando ésta se pare se haga el cambio necesario, de modo de que se pueda comenzar a funcionar rápidamente.

En la tabla 6 se muestran los resultados de los tiempos en que se realiza cada una de las actividades y el tiempo total de convertir las tareas internas en externas.

Tabla 6
Conversión de tareas internas en externas

CAMBIO DE FORMATO							
		OPERADORES			CAMBIOS		
No.	Operación de Cambio	1	2	3	Tiempo	Interno	Externo
2	Reunir herramientas		x		0:10:45		X
9	Limpieza de campanas		x		0:15:18		X
12	Preparación de campana estación 1	x			0:20:24		X
14	Preparación de campana estación 2	x			0:20:10		X
16	Preparación de campana estación 3	x			0:15:46		X
20	Preparación de bloque estación 1	x			0:15:13		X
23	Preparación de bloque estación 2	x			0:14:08		X
26	Preparación de bloque estación 3	x			0:13:01		X
31	Preparación de campana estación 1	x			0:15:01		X
34	Preparación de campana estación 3	x			0:17:01		X
Actividades internas					2:36:47		

Fuente: Autor

Eliminación de ajustes: las operaciones de ajuste suelen representar del 50 al 70% del tiempo de preparación interna. Es muy importante reducir este tiempo de ajuste para acortar el tiempo total de preparación. Esto significa que se tarda un tiempo en poner a andar el proceso de acuerdo con la nueva especificación requerida, para el proceso de cambio actual la preparación corresponde a 2:36:47 horas del total del tiempo interno.

Los ajustes normalmente se asocian con la posición relativa de piezas y troqueles, pero una vez hecho el cambio se demora un tiempo en lograr que el primer producto bueno salga bien. Se llama ajuste en realidad a las no conformidades que a base de prueba y error van llegando hasta hacer el producto de acuerdo con las especificaciones (además se emplea una cantidad extra de material).

Como muchos ajustes pueden ser hechos como actividades externas se requiere fijar las herramientas. Los ajustes precisan espacio para acomodar los diferentes tipos de matrices, troqueles, punzones o utillajes por lo que requiere espacios estándar.

2.3.1 Análisis de desperdicios

Los desperdicios identificados durante el tiempo de preparación interno de la máquina y con los cuales se va a trabajar son:

- **Transporta herramientas a mesa de trabajo:** Esta actividad consiste en trasladar los herramientas a una mesa de trabajo que esta distante en la máquina donde se va a realizar el proceso de cambio de formato aproximadamente 5 metros.
- **Reunir herramientas:** esta actividad consiste en la recolección de las herramientas que se van a utilizar en el cambio de formato.
- **Calibración de calibrador vernier:** En esta actividad el operador usa el calibrador para realizar varias mediciones en el herramental, pero al momento de utilizarlo este estaba con lectura errónea y se tuvo que llevar al departamento de metrología para la respectiva calibración.
- **Buscar herramientas en taller:** En esta actividad el operador al no contar con las herramientas necesarias para la altura a la que se va a trabajar tiene que realizar un aviso a taller para la fabricación del herramental y poder continuar con el proceso de cambio de formato.
- **Limpieza general:** La limpieza es considerada un desperdicio de movimiento, es una actividad que debería realizarse, pero no mientras la máquina se encuentra parada, para esta actividad se toma aproximadamente 30 minutos en limpiar materiales que no se utilizarán para el cambio de formato que se está realizando en ese momento.
- **Traslado al punto control de calidad:** En este proceso el operador tiene que trasladarse a un punto de control de calidad para realizar las verificaciones de medidas en los envases y para esto tiene que trasladarse aproximadamente 15 metros las veces que sea necesarias para garantizar las dimensiones del producto.

Estos desperdicios identificados dentro del proceso de cambio corresponden a 1:33:49 horas dentro del cambio, ver tabla 7.

Tabla 7
Desperdicios dentro del proceso de cambio

CAMBIO DE FORMATO								
No.	Operación de Cambio	OPERADORES					TIEMPO REAL	DESPERDICIO
		1	2	3	4	5		
4	Llevar campana a mesa de trabajo	x					0:00:10	x
6	Llevar campana a mesa de trabajo	x					0:00:10	x
8	Llevar campana a mesa de trabajo	x					0:01:23	x
10	Búsqueda de calibrador	x					0:30:06	x
11	Búsqueda de suples a medida a trabajar	x					0:15:07	x
19	Buscar suples en taller	x					0:25:22	x
29	Obtener primeros envases	x					0:14:54	x
37	Medición de primeros envases	x					0:06:37	x

Fuente: Autor

2.3.2 Análisis de causas

El análisis de causas realizado en el diagrama Ishikawa mostrado en la figura 14, se pudo evidenciar los problemas que se presentan al momento de realizar el proceso de cambio de formato en la línea procesadora de envases embutidos de dos piezas para lo cual se analizó los más relevantes y con los que van a trabajar.

- **Herramientaje insuficiente:** En el proceso de cambio el operador necesita que la línea pare de producir para poder desmontar los herramientas y proceder con los mismos a prepararlos para la nueva altura a trabajar.
- **Falta de mantenimiento:** Al no tener un plan de mantenimiento definido la línea tiene que parar cada vez que se presenta algún tipo de desperfecto y realizar paradas no programadas para dar solución a problemas.
- **Falta de capacitación:** El no tener operadores preparados para realizar el cambio de formato atrasa el proceso de cambio ya que se depende del mecánico o del operador principal.

2.4 Perfeccionar las tareas internas y externas

El objetivo de esta etapa es perfeccionar los aspectos de la operación de preparación, incluyendo todas y cada una de las operaciones elementales (tareas externas e internas).

El SMED cambia el supuesto de que los cambios de útiles / preparaciones requieren mucho tiempo. El concepto consiste en conocer las actividades de "Setup" interno y "Setup" Externo. Cuando los cambios de útiles pueden hacerse rápidamente, se hacen si es necesario, esto significa que las empresas pueden producir en pequeños lotes, lo que tiene muchas ventajas:

- Flexibilidad: las empresas pueden satisfacer cambiantes demandas de clientes sin necesidad de mantener grandes stocks.
- Entregas rápidas: la producción en pequeños lotes significa plazos de fabricación más cortos, y menos tiempo de espera para los clientes.
- Productividad más elevada: tiempos de preparación y cambios de útiles más cortos reducen los tiempos de parada de los equipos, lo que eleva las tasas de productividad.

Para el perfeccionamiento de las tareas interna y externas se realizó un evento KAIZEN, a la cual asistieron: jefe de mejora continua, jefe de planta, supervisor y operadores de la máquina procesadora de envases embutidos de dos piezas.

2.4.1 Planificación del evento KAIZEN

El objetivo de la reunión una vez conocidas las causas y las actividades que no agregan valor al proceso de cambio fue priorizar cada una de ellas y establecer los compromisos para el cumplimiento, esto con la finalidad de priorizar esfuerzos en la implementación de mejoras.

Se programó la reunión tal como se muestra en la figura 2.17 entre los involucrados en el proceso de cambio en la línea procesadora de envases.



Figura 2.17 Reunión de evento KAIZEN

Fuente: Autor

Durante el desarrollo de la reunión se dieron varias ideas las cuales se fueron detallando en una pizarra y se fue dando prioridad a cada una, se procuró colocar fechas de inicio y los responsables de cada actividad tal como se muestra en la figura 2.18.

En dicha reunión se concluyó lo siguiente: Entre las causas mencionadas se buscó la solución a cada una de ellas identificando la necesidad y estableciendo las fechas de cumplimiento y de esta manera dar seguimiento a cada una de las actividades.

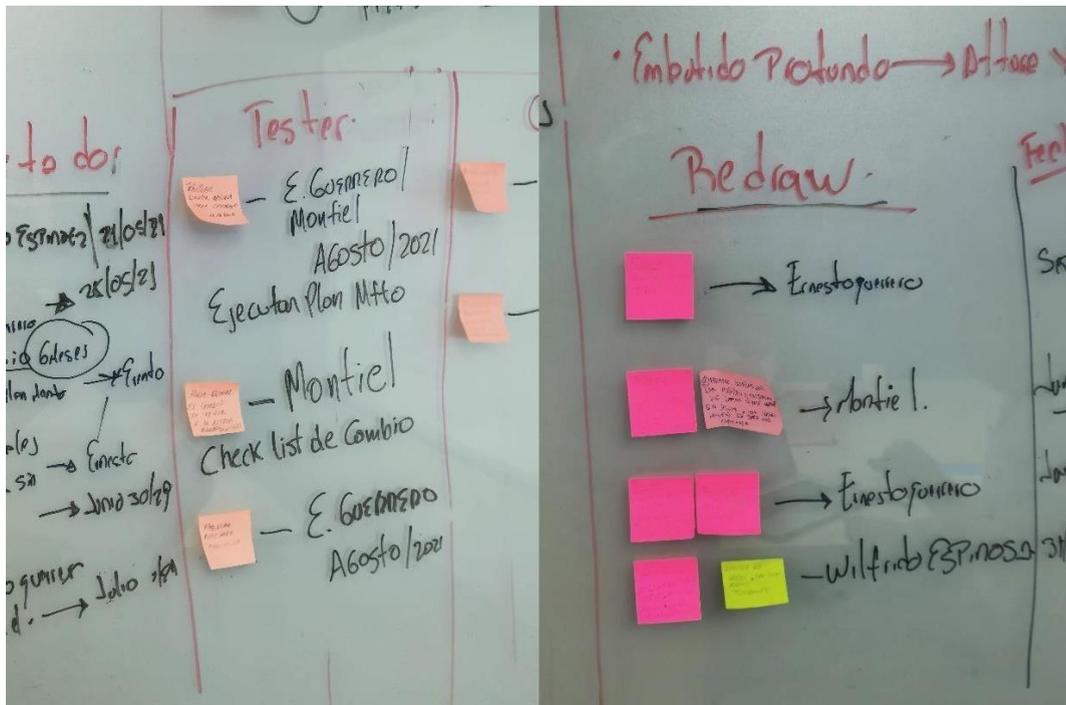


Figura 2.18 Lluvia de ideas en evento KAIZEN

Fuente: Autor

2.4.2 Propuestas de mejora

En la reunión Kaizen se plantearon varias soluciones a los desperdicios y causas ya analizadas previamente como prioritarios.

En la tabla 8 se detalló cada una de las actividades con la solución propuesta dentro del evento Kaizen.

Tabla 8
Propuestas planteadas

Desperdicios/ Causas	Nombre de la actividad	Interna/ Externa	Solución propuesta
Herramientaje insuficiente	Preparación de bloque	Interno	Fabricación de suples
	Preparación de campana	Interno	Fabricación de campanas
	Preparación de bloque	Interno	Fabricación de punzones
Falta de mantenimiento	Puesta en marcha de línea	Interno	Realizar plan de mantenimiento
Falta de capacitación	Desmontaje y montaje de bloques y campanas	Interno	Entrenar operadores para proceso de cambio
Transportar herramientales a mesa de trabajo	Desmontaje y montaje de bloques y campanas	Interno	Compra de mesa de trabajo móvil
Reunir herramientas	Reunir herramientas	Interno	Estandarización de herramientas
Calibración de calibrador vernier	Búsqueda de calibrador	Interno	Calibración del calibrador
Buscar herramientales en taller	Buscar suples en taller	Interno	Estandarización de herramientales
Limpieza general	Limpieza de campanas	Interno	Almacenar las herramientas necesarias para el cambio
	Reunir herramientas	Interno	Organizar espacios para localizar herramientas
Traslados al punto de control de calidad	Medición de primeros envases	Interno	Reubicación del punto de control de calidad

Fuente: Autor

En la misma reunión Kaizen donde se analizaron las causas, los asistentes propusieron posibles soluciones, las cuales fueron analizadas considerando dos factores: el costo y el esfuerzo que implica la implementación de la mejora.

Para establecer la factibilidad de cada mejora propuesta se establecieron valores para los factores mencionados previamente; para el costo se realizó la siguiente ponderación: alto el valor de 1, medio el valor de 3 y bajo con valor de 5, es decir, a menor precio de implementación, mayor puntaje. Las decisiones para dicha calificación se tomaron según los precios referenciales de los cuales tenían conocimiento los presentes en la reunión. Al esfuerzo de implementación se le dio la ponderación de 1, 3 y 5; siendo 1 difícil de implementar y 5 fácil de implementar.

Se calcula la factibilidad de cada propuesta de mejora enunciada en la reunión, con la finalidad de decidir las propuestas que se van a implementar. Para el criterio de elección se multiplica el valor asignado al costo y el valor al esfuerzo de implementación; en donde si el valor de la factibilidad es mayor o igual a 1 y menor a 9, se rechaza la propuesta; si el valor se encuentra entre 9 y 15 se analiza junto con otros factores la factibilidad; si los valores están entre 16 y 25 se implementa la propuesta.

En la tabla 9 mostrada a continuación se detalla las propuestas a cada causa, y el valor calculado de factibilidad para cada solución propuesta.

Tabla 9
Factibilidad de propuestas

Propuestas	Comentarios	C	E	F
Fabricación de suples	Costo medio	3	5	15
	Aumenta precisión			
Fabricación de campanas	Costo medio	3	5	15
	Aumenta precisión			
Fabricación de punzones	Costo medio	3	5	15
	Aumenta precisión			
Realizar un plan de mantenimiento	Costo mínimo	5	5	25
	Aumenta precisión			
Entrenar operador para proceso de cambio	Costo mínimo	5	5	25
	Aumenta precisión			
Compra de mesa de trabajo movable	Costo mínimo	5	5	25
	Aumenta precisión			
Estandarización de herramientas	Costo mínimo	5	5	25
	Aumenta precisión			
Calibración de el calibrador	Costo mínimo	5	5	25
	Aumenta precisión			
Estandarización de herramientas	Costo mínimo	5	5	25
	Aumenta precisión			
Almacenar las herramientas necesarias para el cambio	Costo mínimo	5	5	25
	Fácil de implementar			
Organizar espacios para localizar herramientas	Costo mínimo	5	5	25
	Fácil de implementar			
Reubicación del punto de control de calidad	Costo mínimo	5	5	25
	Fácil de implementar			

Fuente: Autor

Una vez realizada la factibilidad para cada una de las propuestas, se decidió en la reunión Kaizen que aquellas propuestas que tengan el valor de 25 son las que se implementaran en primera instancia ya que el costo es mínimo y de fácil implementación, mientras las que tengan el valor de 15 se implementarán en conjunto con el apoyo de taller, tal como se muestra en la tabla 8.

Luego del análisis realizado de las causas y los desperdicios en el evento Kaizen, se elaboró la tabla 10 en la cual se detalla la fecha de inicio de cada actividad y su probable fecha de finalización como también el responsable a cargo de la ejecución.

Tabla 10
Actividades de evento KAIZEN

ENVASES EMBUTIDOS S.A		Calendario SMED Envases				
CAMBIOS RAPIDOS SMED						
Fecha de inicio: 1/1/2021						
Días planeados de trabajo: 423						
Fecha de fin: 28/2/2022						
N°	Descripción de Actividades	Duración de la etapa (días)	Tarea dependiente	Comienzo	Fin	Responsable
1	Reunión Inicial Kaisen	1	No Aplica	04/01/21	04/01/21	Iván
2	Recolección de información	30	1	04/01/21	02/02/21	Ismael
3	Fabricación de campanas	60	1	04/01/21	04/03/21	Ernesto
4	Fabricación de suples	60	1	15/01/21	15/03/21	Ángel
5	Fabricación de punzones	60	1	30/01/21	30/03/21	Ismael
6	Realizar plan de mantenimiento	35	1	10/02/21	16/03/21	Ernesto
7	Entrenar operadores para proceso de cambio	60	1	15/01/21	15/03/21	Ernesto
8	Compra de mesa de trabajo movable	60	1	05/02/21	05/04/21	Ángel
9	Estandarización de herramientas	90	1	06/03/21	03/06/21	Ernesto/Ángel
10	Calibración del calibrador	90	1	15/04/21	13/07/21	Ángel
11	Estandarización de herramientas	60	1	03/05/21	01/07/21	Mera/Iván
12	Almacenar las herramientas necesarias para el cambio	60	1	03/03/21	01/05/21	Mera/Iván
13	Organizar espacios para localizar herramientas	60	1	03/06/21	01/08/21	Ismael
14	Reubicación del punto de control de calidad	60	1	03/06/21	01/08/21	Ismael

Fuente: Autor

La tarea dependiente determina de que etapa depende, el numero 1 nos indica que la etapa no depende de ninguna fase anterior, las actividades se desarrollan de manera individual, tal como se muestra en la tabla 9.

En dicha reunión se concluyó lo siguiente: Entre las causas de fácil control se encuentran que el material a utilizar en el proceso debe estar en sitio y con anticipación, la programación para visualizar cuando debe realizarse un cambio de formato debe estar disponible en la línea de producción, también cada vez que se termine una producción se debe realizar el respectivo despeje de línea y realizar un procedimiento para el proceso de cambio de formato.

Entre las causas de difícil control se evidencio que la elaboración de los diferentes herramientas que se utilizan en la máquina para los cambios de formato, debido a que se ocupa extensos tiempos y se deben tratar con distintos factores externos. Para los suples a medidas se debe generar las ordenes de trabajos respectivas al personal técnico de talleres para empezar con la elaboración de estas.

Para la limpieza de los herramientas se comentó durante la reunión que se debe tener un juego adicional para de esta manera por tener limpio y listo en el momento del cambio de formato.

Los materiales y herramientas dispersas en la planta representan búsquedas y pérdidas de tiempo durante el proceso de cambio de formato y retrasos en la entrega del plan de producción, los movimientos innecesarios que realiza el operador al dirigirse a la mesa de trabajo para dejar herramientas en el momento del montaje y desmontaje, como también movilizarse al puesto de control de calidad, no existe un método de comunicación inmediata con el supervisor y las actividades que agregan valor no están definidas durante el cambio; debido a que son causas que no requieren factores externos se pueden controlar mediante acciones factibles según lo conversado con los involucrados.

2.4.3 Implementación de mejoras

Dentro de los acuerdos realizados en la reunión del evento Kaizen se llevó un control de avances y fechas para el desarrollo de cada actividad tal como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11
Avance de actividades evento Kaizen

ENVASES EMBUTIDOS S.A		Calendario SMED Envases					
CAMBIOS RAPIDOS SMED							
Fecha de inicio: 1/1/2021							
Días planeados de trabajo: 423							
Fecha de fin: 28/2/2022							
N°	Descripción de Actividades	Duración de la etapa (días)	Tarea dependiente	Comienzo	Fin	Responsable	Estatus
1	Reunión Inicial Kaisen	1	No Aplica	04/01/21	04/01/21	Iván	Completado
2	Recolección de información	30	1	04/01/21	02/02/21	Ismael	Completado
3	Fabricación de campanas	60	1	04/01/21	04/03/21	Ernesto	Completado
4	Fabricación de suples	60	1	15/01/21	15/03/21	Ángel	Completado
5	Fabricación de punzones	60	1	30/01/21	30/03/21	Ismael	Completado
6	Realizar plan de mantenimiento	35	1	10/02/21	16/03/21	Ernesto	Completado
7	Entrenar operadores para proceso de cambio	60	1	15/01/21	15/03/21	Ernesto	Completado
8	Compra de mesa de trabajo movable	60	1	05/02/21	05/04/21	Ángel	Completado
9	Estandarización de herramientas	90	1	06/03/21	03/06/21	Ernesto/Ángel	Completado
10	Calibración del calibrador	90	1	15/04/21	13/07/21	Ángel	Completado
11	Estandarización de herramientas	60	1	03/05/21	01/07/21	Mera/Iván	Completado
12	Almacenar las herramientas necesarias para el cambio	60	1	03/03/21	01/05/21	Mera/Iván	Completado
13	Organizar espacios para localizar herramientas	60	1	03/06/21	01/08/21	Ismael	Completado
14	Reubicación del punto de control de calidad	60	1	03/06/21	01/08/21	Ismael	Completado

Fuente: Autor

2.4.4 Estandarización de herramientas

Primero se realizó un inventario de las herramientas, y se determinaron las herramientas que faltantes, así como las que necesitan reposición debido a su uso, también se encontraron que se guardan herramientas que no son necesarias durante el trabajo en la línea procesadora de envases embudidos de dos piezas, sino que las guardaban desde que operaban otro tipo de maquinaria, las acciones correctivas fueron:

Eliminar materiales obsoletos cercanos a la máquina para evitar que ocupen espacio en el área de trabajo.

Identificar y rotular zonas especificar para colocar las herramientas necesarias y los herramentales, tal como se muestra en la figura 2.19 la estandarización del tablero de herramientas.



Figura 2.19 Tablero de herramientas

Fuente: Autor

Se colocó un tablero de herramientas estandarizado con lo necesario para usar en los cambios de formato.

2.4.5 Estandarización de herramientas

Se estandarizó armario de herramientas y repuestos de la línea procesadoras de envases embutidos, tal como se muestra en la figura 2.20.

Antes

Después



Figura 2.20 Armario de herramientas y repuestos

Fuente: Autor

Estandarización de herramientas punzones de corte, campanas y bloques para las diferentes alturas, tal como se muestra en la figura 2.21.

Antes

Después



Figura 2.21 Armario de herramientas

Fuente: Autor

2.4.6 Reubicación del punto de control de calidad

Las actividades de búsqueda y transporte son consideradas como desperdicio por lo que se busca eliminarlas, ya que, al no tener las herramientas necesarias cerca, ni en un lugar específico debían buscarlos en toda la planta. El punto de control de calidad al estar muy distante debía el operador trasladarse hacia el mismo para realizar trabajos de mediciones.

Las acciones correctivas que se tomaron fueron:

Colocar el punto de control de calidad más cerca a línea de producción y así evitar traslados innecesarios del operador, tal como se muestra en la figura 2.22 el punto de control de calidad esta frente a la línea de producción.

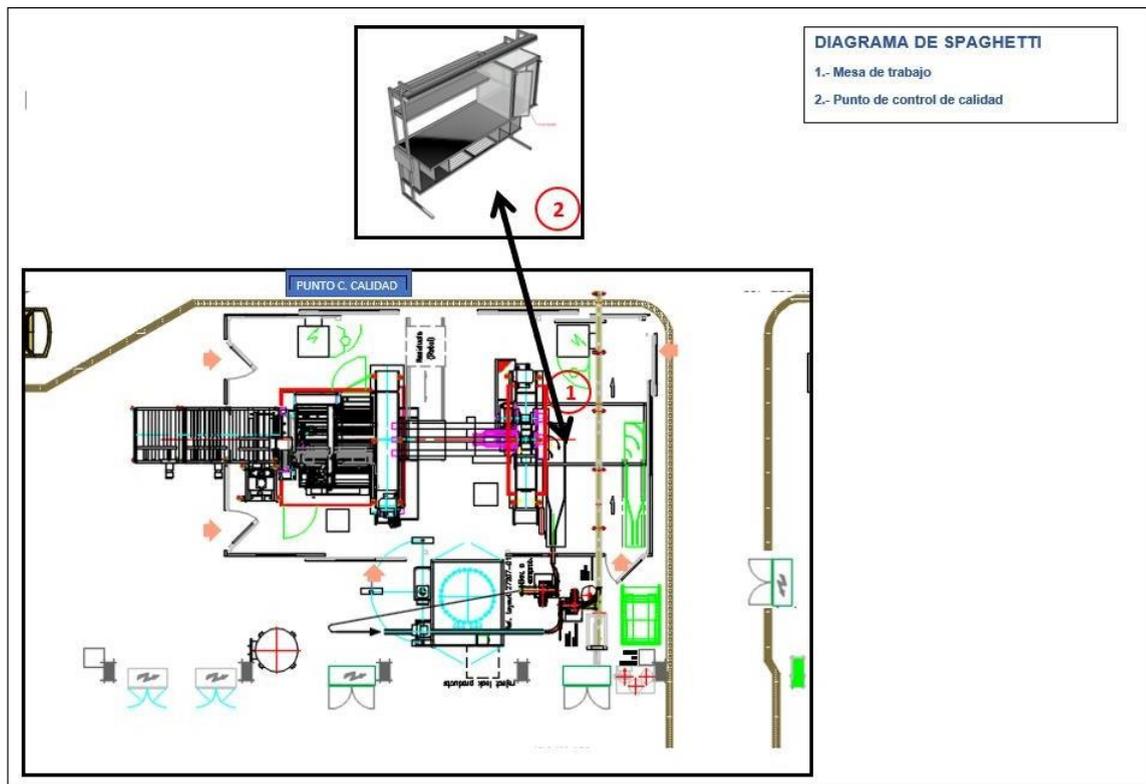


Figura 2.22 Punto de control de calidad

Fuente: Autor

2.4.7 Compra de mesa de trabajo móvil

La mesa de trabajo para realizar los cambios de formato al pie de la línea y evitar que el operador se traslade al momento del montaje y desmontaje como se muestra en la figura 2.23.

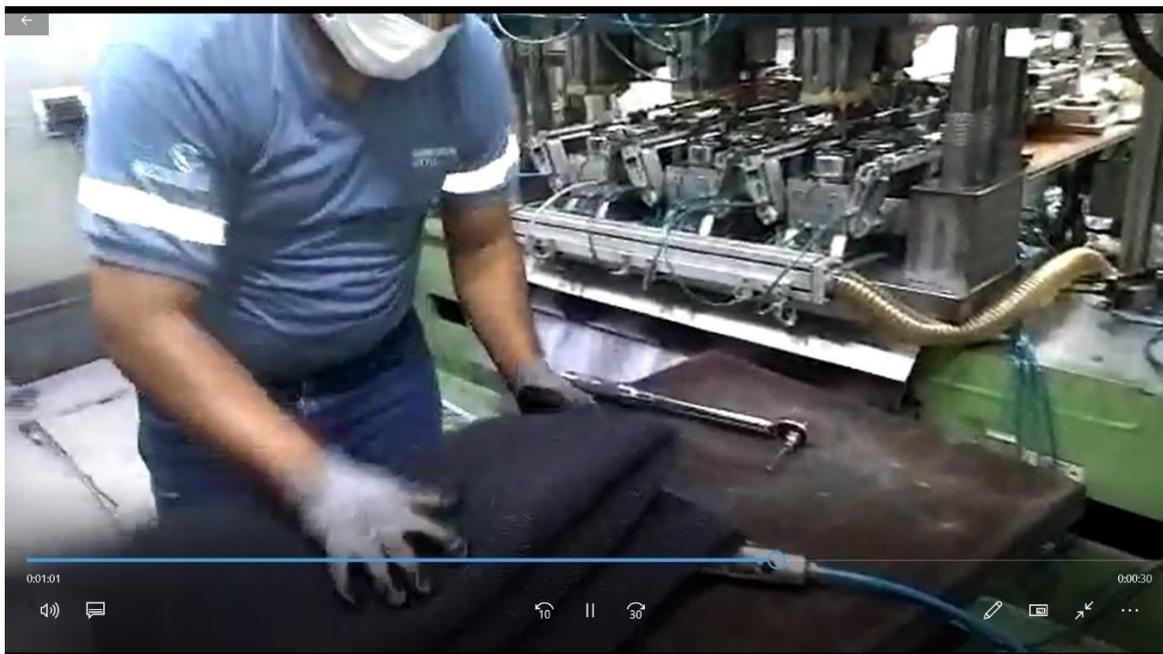


Figura 2.23 Mesa de trabajo para cambios

Fuente: Autor

2.4.8 Calibración del calibrador

Los instrumentos de medición como calibradores vernier que son los que se utilizan se mantiene vigente la calibración con revisión periódica cada dos meses, tal como se muestra en la figura 2.24.

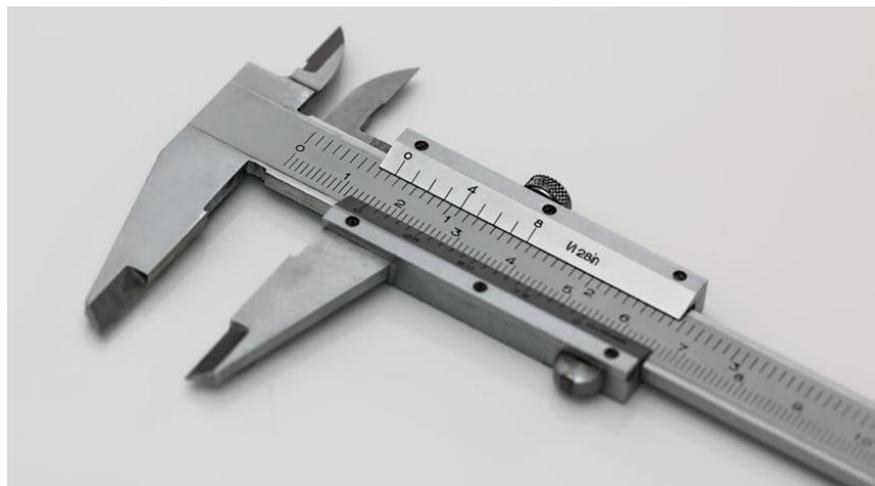


Figura 2.24 Calibrador vernier

Fuente: Autor

2.4.9 Fabricación de campanas

En el plan de implementación de las mejoras se fijó la revisión y fabricación de un juego de los diferentes tipos de herramientas para mantener listos para el momento que deban ser utilizados en el proceso de cambio de formato.

Las campanas sirven para la sujeción y guiado de los punzones, tal como se muestra en la figura 2.25.



Figura 2.25 Campanas de corte

Fuente: Autor

2.4.10 Fabricación de suples

Suples de corte a distintas medidas para los diferentes cambios de formatos a realizar en la línea de producción de envases embutidos de dos piezas. Los suples de corte son los que dan la altura adecuada al momento de realizar algún tipo de cambio, tal como se muestra en la figura 2.26 y 2.27.



Figura 2.26 Suples de corte

Fuente: Autor



Figura 2.27 Suples de corte

Fuente: Autor

2.4.11 Fabricación de punzones

Los punzones de corte son elementos que producen el corte por cizalladura de la chapa, al introducirse en el agujero de la matriz. Su sección transversal coincide con la forma de la pieza que se desea obtener y debe ser la misma que la de los agujeros de la matriz, en la figura 2.28 y 2.29 se muestra el punzón de corte.



Figura 2.28 Punzones de corte

Fuente: Autor



Figura 2.29 Punzones de corte

Fuente: Autor

2.4.12 Almacenar las herramientas necesarias para el cambio

Material de trabajo, herramientas y herramentales listos para el proceso de cambio de formato antes que la máquina pare de producir, tal como se muestra en figura 2.30.



Figura 2.30 Herramental listo para cambio

Fuente: Autor

2.4.13 Organizar espacios para localizar herramientas

Las actividades de búsqueda y transporte son consideradas como desperdicio por lo que se busca eliminarlas, una vez estandarizado el puesto para las herramientas esto permite tener a mano las mismas y evitar movimientos innecesarios, en la figura 2.31 se muestra espacio para herramientas.

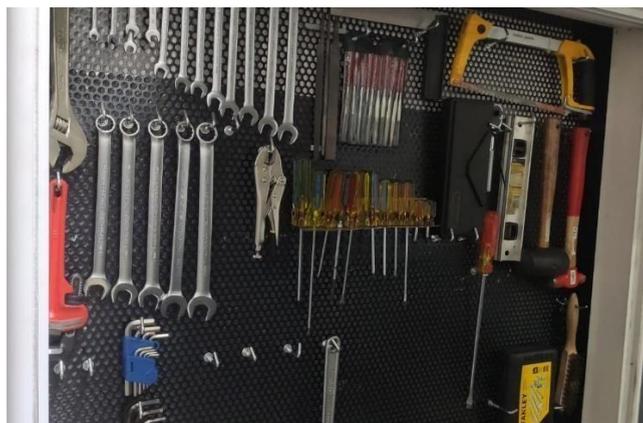


Figura 2.31 Espacio para herramientas

Fuente: Autor

2.4.14 Entrenar operadores para el proceso de cambio

Se detectó la necesidad de entrenar a varios operadores para el proceso de cambio en la línea de envases embutidos de dos piezas, en el entrenamiento se realizó una capacitación teórica de los elementos que componen la máquina y el proceso de cambio, personal operativo en entrenamiento, tal como se muestra en la figura 2.32.



Figura 2.32 Entrenamiento para el proceso de cambio

Fuente: Autor

Del entrenamiento se implementó una metodología de trabajo involucrando a un segundo operador para que realice trabajos de calibración de cámara de inspección, verificador de envases, limpieza y ubicación de herramientas a utilizar en mesa de trabajo.

2.4.15 Realizar plan de mantenimiento

Se describió un plan de mantenimiento para la línea procesadora de envases embutidos de dos piezas en la primera y segunda operación, este plan consiste realizar revisiones semanales y mensuales de las diferentes partes de la máquina tal como se muestra en la tabla 12 y 13.

Tabla 12
Plan de mantenimiento primera operación

Grupo HR	Cont Grupo HR	Clave de Control	Descripción de Operación	Cant. Personas	Duración	UM2
FM-EPR-M	10	PM01	INSP.SEMANAL PRENSA 1 OP A.HAAR	1	2	H
FM-EPR-M	10	PM04	LIMPIAR TROQUELES	1	2	H
FM-EPR-M	10	PM04	REV. FUNCIONAMIENTO GUARDAS DE SEGURIDAD	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	LUBRICAR SIST. ALIMENTACION LAMINAS	1	2	H
FM-EPR-M	10	PM04	REV. VISUALMENTE ANOMALIAS EN TROQUEL	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	VERIF. SIST. NEUMATICO	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	COMPROBAR FUNCIONAMIENTO AMPLIFICADOR	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	LIMPIAR Y CHEQUEAR FILTROS DE ACEITE	2	2	H
FM-EPR-M	10	PM04	DRENAR TANQUES DE AIRE COMPRIMIDO	2	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	REV. FUGAS AIRE(COJINES,CIL.CONTRA, REG)	2	2	H
FM-EPR-M	10	PM04	REV. MANOMETROS Y TRANSDUCTORES PRESION	1	2	H
FM-EPR-M	10	PM04	VERIF. OPERACION SIST. FRENO EMBRAGUE	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	VERIF. OPERACION SWITCH PRESION	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	COMPROBAR LUBRICACION DEL SISTEMA	1	2	H
FM-EPR-M	10	PM04	COMPROBAR BOTONES DE PARO Y SWITCH	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	REV. SELECTORES/CAMBIAR DE SER NECESARIO	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	CHEQUEAR TUBERIAS/MANGUERAS LUBRICACION	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	CHEQUEAR FUGAS EN SELLOS Y RETENEDORES.	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	INSP. CIRCUITO DE LUBRICACION PRENSA.	1	2	H
FM-EPR-M	10	PM04	VERIF. TEMPERATURA DE LA BIELA Y GUIAS	1	2	H
FM-EPR-M	10	PM04	COMPLETAR ACEITE A CAJA PRINCIPAL	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	VERIF. FUNCION. SENSORES TROQUEL/CANALES	2	2	H
FM-EPR-M	10	PM04	VERIF. ESTADO DE FUSIBLE HIDRAULICO	2	1	H
FM-EPR-M	11	PM01	MTTO. MENSUAL PRENSA 1 OP A.HAAR	1	2	H
FM-EPR-M	11	PM04	REV. CONDICIONES DE TRABAJO DE LA PRENSA	2	2	H
FM-EPR-M	11	PM04	REV. CONDICIONES DE SIST. FRENO EMBRAGUE	2	2	H
FM-EPR-M	11	PM04	REV. CONDICION Y TEMPLE DE BANDAS	2	2	H
FM-EPR-M	11	PM04	REV. PERNOS Y ANCLAJE DE LA PRENSA	2	2	H
FM-EPR-M	12	PM01	MTTO. TRIMESTRAL PRENSA 1 OP A.HAAR	1	4	H
FM-EPR-M	12	PM04	INSP. CIRCUITO DE LUBRICACION PRENSA	1	3	H
FM-EPR-M	12	PM04	INSP. Y PULIDA HERRAMIENTAS DEL TROQUEL	1	4	H
FM-EPR-M	12	PM04	CAMBIAR MANGUERAS NEUMATICAS	2	3	H
FM-EPR-M	12	PM04	VERIF. DESGASTE PIÑONES PRINCIPALES	1	3	H
FM-EPR-M	12	PM04	INSP. TRANSMISION PRINCIPAL POR BANDAS	1	2	H
FM-EPR-M	13	PM01	MTTO. SEMESTRAL PRENSA 1 OP A.HAAR	2	6	H
FM-EPR-M	13	PM04	CAMBIAR BOCINES EN BASE DE TROQUEL	2	6	H

Fuente: Autor

Tabla 13
Plan de mantenimiento segunda operación

Grupo HR	Cont Grupo HR	Clave de Control	Descripcion de Operación	Cant. Personas	Duración	UM2
FM-EPR-M	10	PM01	INSP. SEMANAL PRENSA 2 OP A.HAAR	1	3	H
FM-EPR-M	10	PM04	INSP. VISUAL TROQUEL/RECORTADOR ANILLO	1	2	H
FM-EPR-M	10	PM04	INSP. VISUAL DE HERRAMIENTAS DEL TROQUEL	1	2	H
FM-EPR-M	10	PM04	LUBRICAR RODAMIENTOS DEL EJE PRINCIPAL	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	CHEQUEAR TUBERIAS-MANGUERAS LUBRICACION	1	2	H
FM-EPR-M	10	PM04	REV. FUNCIONAMIENTO GUARDAS DE SEGURIDAD	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	REV. FUGAS AIRE(COJINES,CIL.CONTRA, REG)	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	VERIFICAR SIST. NEUMATICO	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	COMPROBAR FUNCIONAMIENTO AMPLIFICADOR	2	2	H
FM-EPR-M	10	PM04	REVISAR MANOMETROS	2	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO UNIDAD MTTO.	2	2	H
FM-EPR-M	10	PM04	REVISAR FUGAS DE AIRE	1	2	H
FM-EPR-M	10	PM04	RELLENAR RESERVORIO GRASA BOMB. LUB.	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	DRENAR TANQUES DE AIRE COMPRIMIDO	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	CHEQUEAR BOTONES DE PARO Y SWITCH	1	2	H
FM-EPR-M	10	PM04	VERIFICAR PRESENCIA DE RUIDOS EXTRAÑOS	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	COMPROBAR LUBRICACION DEL EQUIPO	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	VERIF. TEMPERATURA DE LA BIELA Y GUIAS	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	VERIF.FUNCIONAMIENTO MOTOR LINEAL AVANCE	1	1	H
FM-EPR-M	10	PM04	VERIF. BARRAS Y DEDOS SISTEMA DE AVANCE	1	2	H
FM-EPR-M	10	PM04	VERIF. FUNCION. SENSORES TROQUEL/CANALES	1	2	H
FM-EPR-M	11	PM01	MTTO.MENSUAL PRENSA 2 OP A. HAAR	1	1	H
FM-EPR-M	11	PM04	REV. GENERAL CONDICIONES DE LA PRENSA	2	2	H
FM-EPR-M	11	PM04	REV. CONDICIONES DE SIST. FRENO EMBRAGUE	2	1	H
FM-EPR-M	11	PM04	REV. EXISTENCIA DE PERNOS ROTOS	1	2	H
FM-EPR-M	11	PM04	INSP. SISTEMA NEUMATICO	2	2	H
FM-EPR-M	11	PM04	VERIF. ESTADO DE FUSIBLE HIDRAULICO	2	2	H
FM-EPR-M	12	PM01	MTTO.TRIMESTRAL PRENSA 2 OP A. HAAR	2	4	H
FM-EPR-M	12	PM04	INSP.TRANSM.PRINCIPAL BANDAS EN PRENSA	2	2	H
FM-EPR-M	12	PM04	INSP. CIRCUITO DE LUBRICACION PRENSA	1	4	H
FM-EPR-M	12	PM04	INSP. Y PULIDA HERRAMIENTAS DEL TROQUEL	1	3	H
FM-EPR-M	12	PM04	CAMBIO DE MANGUERAS NEUMATICAS	1	4	H
FM-EPR-M	12	PM04	VERIF. DESGASTE EN PIÑONES PRINCIPALES	2	3	H
FM-EPR-M	13	PM01	MTTO. SEMESTRAL PRENSA 2 OP A. HAAR	1	6	H
FM-EPR-M	13	PM04	CAMBIAR BOCINES EN BASE DE TROQUEL	1	2	H

Fuente: Autor

Codificación

- 10 mantenimiento semanal
- 11 mantenimiento mensual
- 12 mantenimiento trimestral
- 13 mantenimiento semestral

2.4.16 Evidencia de validación del cliente

Se muestra evidencia de los avances mostrados al cliente en cada etapa de desarrollo de la metodología SMED para el proceso de cambio, tal como se muestra en la figura 2.33.

The figure consists of two screenshots. The top screenshot is an email from Ricardo Sosa to Iván Espinosa, dated October 21, 2020. It contains a list of 12 action items for a Kaizen event, such as 'Incluir el número de envases que se dejan de producir por setups' and 'Definir el herramientaje que se encuentra a desmedida'. The bottom screenshot is a calendar invitation for 'Seguimiento -Kaizen - SE80' on June 28, 2021, from Iván Espinosa. It includes details like the time (11am-12pm), location (FADESA Ecuador), and organizers (Iván Espinosa, Julio Camacho, Miguel Ángel Muñoz).

Correo electrónico de Ricardo Sosa:

Para: wespinoza, Paulina, Iván

Estimado Wilfrido,

En función de lo conversado en la mañana , a continuación el detalle de las observaciones al A3,

1. Incluir el número de envases que se dejan de producir por setups, bajarlo a horas, y cuantificar cuánto representa en dólares por horas tomar en cuenta la disminución del costo de horas hombre para los cambios
2. Indicar que esta línea se encuentra produciendo al máximo , en los dos últimos meses casi al 90%
3. Definir el herramientaje se necesita, definir que número piezas se necesita por tipo de formato (2 juegos tal vez) - iainas definir cuántas se necesita
4. Monetizar cuánto costaría el obtener el nuevo herramientaje
5. Actualizar el valor de las 6 horas al promedio que se tuvo en el 2019, y al que estamos al 2020
6. Actualizar el GANT
7. Ampliar las causas de la espina de pescado, incluir la alta dependencia de personas, la no existencia de procedimientos levantados de cambio, todo es un tema empírico difícil de replicar manuales desactualizados
8. Definir el herramientaje que se encuentra a desmedida
9. Planificar en qué fecha de noviembre o de diciembre se puede ejecutar este proyecto (preferencia no la 30/11)
10. Coordinar con producción potencial fecha
11. Tomar e incluir fotos de máquina, herramientaje , todo de soporte que se considere útil para su ejecución
12. Tomar un video del cambio , que incluya todas las horas

Fecha de revisión Semana del 4 de noviembre,

Saludos cordiales,

Ricardo Sosa M
LSSI EC – Delfos Consultancy
098 04 21651

Invitación de calendario:

Invitación: Seguimiento -Kaizen - SE80 lun 28 de jun de 2021 11am - 12pm (ECT) (wespinoza@fadesa.com)

De: Iván Espinosa <iespinosa@fadesa.com>
Para: mí, Julio, Miguel

Seguimiento -Kaizen - SE80
De Google Calendar

Esta invitación es antigua. El evento se ha actualizado.
Ver datos actualizados en Google Calendar

Tienes una invitación para el siguiente evento.

Seguimiento -Kaizen - SE80

Cuándo: lun 28 de jun de 2021 11am – 12pm Hora de Ecuador [más detalles >](#)

Dónde: Empaques - FADESA Ecuador Sala Oval (4), Empaques - FADESA Ecuador Sala Pensar en grande (5) [\(mapa\)](#)

Calendario: wespinoza@fadesa.com

Quién:

- iespinosa@fadesa.com -organizador
- wespinoza@fadesa.com
- Julio Camacho
- Miguel Angel Muñoz

¿Asistirás (wespinoza@fadesa.com)? [Sí](#) - [Quizás](#) - [No](#) [Más opciones >](#)

Figura 2.33 Evidencia de seguimiento

Fuente: Autor

2.5 Validación mediante prueba piloto

Para llevar a cabo la validación de cada una de las mejoras realizadas se procedió a realizar una nueva filmación del proceso de cambio de formato como prueba piloto, tomando en cuenta el perfeccionamiento de las actividades internas y externas como también la eliminación de los desperdicios, los resultados obtenidos tal como se muestran en la tabla 14.

Tabla 14
Prueba piloto del proceso de cambio

Análisis SMED para Reducción de Tiempos de Cambio													
Se inicia el cambio con máquina parada													
Área Sanitarios Embutidos											Fecha: 20/11/2021		
											Kaizen:		
No.	Operación de Cambio	Operadores					Tiempo Acumulado	Tiempo Real	Tiempo Potencial	Clasificación del Cambio		Desperdicio	Comentario
		1	2	3	4	5				Interno	Externo		
0	Parar maquina	x					11:00:00			x			
1	Abrir puerta principal	x					11:00:15	0:00:15		x			
2	Desmontaje de campanas estación 1	x					11:03:22	0:03:07		x			
3	Montaje de campana estación 1	x					11:15:23	0:12:01		x			
4	Desmontaje de campanas estación 2	x					11:19:33	0:04:10		x			
5	Montaje de campana estación 2	x					11:27:33	0:08:04		x			
6	Desmontaje de campanas estación 3	x					11:30:48	0:03:11		x			
7	Montaje de campana estación 3	x					11:39:59	0:09:11		x			
8	Desmontaje del bloque estación 1	x					11:49:02	0:09:03		x			
9	Montaje de bloque estación 1	x					12:09:27	0:20:25		x			
10	Desmontaje del bloque estación 2	x					12:19:34	0:10:07		x			
11	Montaje de bloque estación 2	x					12:37:54	0:18:20		x			
12	Desmontaje del bloque estación 3	x					12:47:11	0:09:17		x			
13	Montaje de bloque estación 3	x					13:02:46	0:15:35		x			
14	Arranque manual prensa Redraw	x					13:14:45	0:01:33		x			
15	Medición de primeros envases	x					13:35:33	0:20:39		x			
16	Calibración de verificador de envases		x				13:45:48	0:10:15		x			
17	Calibración de la cámara de inspección		x				14:02:09	0:15:41		x			
18	Puesta en marcha la línea	x					14:12:42	0:10:12		x			
Tiempo Total								3:01:06					

Fuente: Autor

En este resultado de la prueba piloto se pudo evidenciar una reducción del tiempo de cambio en un 50% con respecto a la primera filmación realizada, tal como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15
Antes y después de la implementación

ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN	DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN
6:21:11 HORAS	3:01:06 HORAS

Fuente: Autor

En la figura 2.34 y 2.35 se muestra partes del video de la implementación.



Figura 2.34 Evidencia prueba piloto

Fuente: Autor



Figura 2.35 Evidencia prueba piloto

Fuente: Autor

Con la conversión de las actividades y la eliminación de los desperdicios se realizó un seguimiento a los cambios realizados en el año 2021 y se tiene una reducción de los tiempos de cambio bastante significativas tal como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16
Cantidad de cambios y horas en el año 2021

CANTIDAD DE CAMBIOS Y HORAS EN EL AÑO 2021				
MESES	# de cambios	Cambios (HORAS)	Promedio (HORAS)	Envases sin producir (UNIDADES)
ENERO	6 cambios	21	3,5	80220
FEBRERO	10 cambios	30	3,0	68530,8
MARZO	7 cambios	20	2,9	66009,6
ABRIL	9 cambios	26	2,9	66010
MAYO	12 cambios	25	2,1	47215
JUNIO	9 cambios	25	2,8	64176
JULIO	8 cambios	21	2,6	59134
AGOSTO	17 cambios	45	2,6	60280
SEPTIEMBRE	15 cambios	41	2,8	63030
OCTUBRE	18 cambios	54	3,0	68530,8
NOVIEMBRE	12 cambios	37	3,1	71052
DICIEMBRE	9 cambios	27	3,0	67614
	TOTAL	371		781801
	PROMEDIO	31	2,84	
			PROMEDIO EN CAMBIOS	
				2,84

Fuente: Autor

De acuerdo con datos recolectados en el año 2021, los cambios de la línea de envases fueron 371 horas de cambio con un promedio de 2,84 horas, las unidades promedio del año que se dejaron producir fueron de 781,801 envases, en la tabla 11, se pudo observar el promedio de cambios en cada mes como también las unidades que se dejaron de producir por mes.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para determinar el comportamiento del tiempo de cambio de formato después de la implementación del proyecto, se realizó un seguimiento durante el año 2021 tal como se muestra en la figura 3.1 y adicional se comparó con respecto a los años 2019 y 2020.

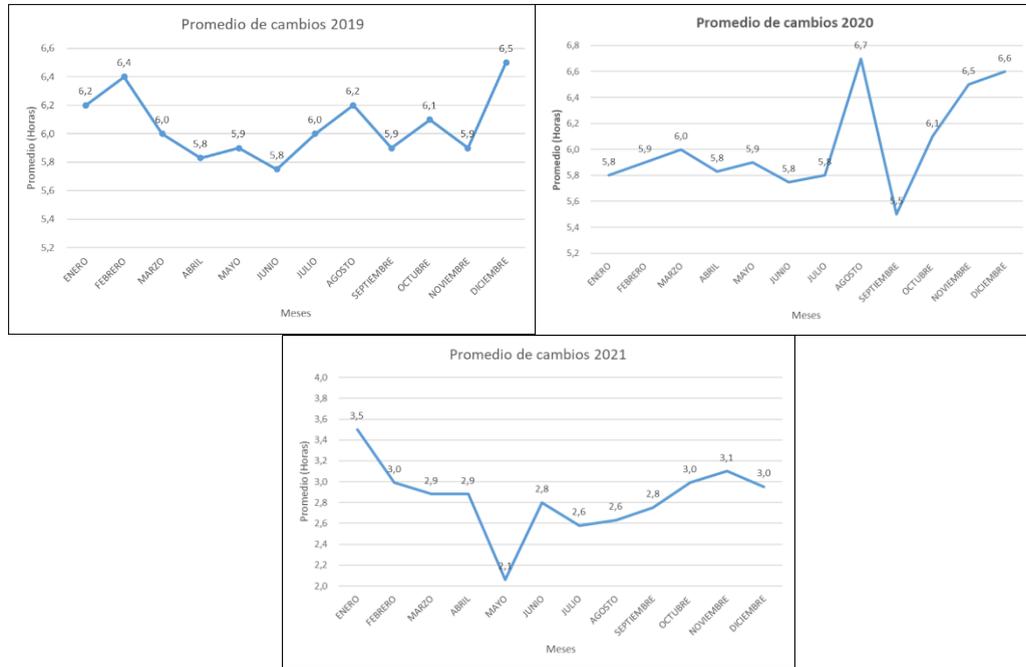


Figura 3.1 Promedio de cambios

Fuente: Autor

Posteriormente con la ayuda del Software Minitab 19 se determinó la distribución de probabilidades de la variable. Previo a la prueba de normalidad de Anderson- Darling se eliminaron dos datos atípicos, los cuales fueron identificados por medio de un diagrama de cajas, según lo mostrado en la figura 3.2.

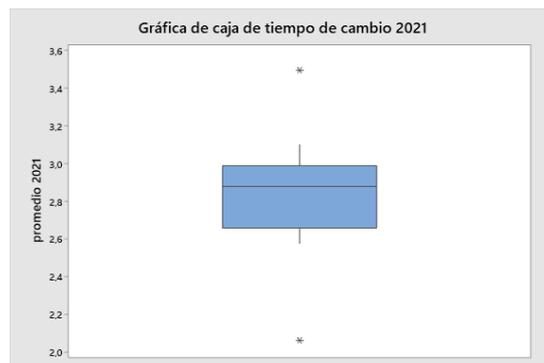


Figura 3.2 Diagrama de cajas 2021

Fuente: Autor

A partir de ello se postuló la Hipótesis Nula H_0 : El tiempo de cambio de formato 2021 sigue una distribución normal con los parámetros: $\mu = 2,8425$ y $\sigma = 0,3429$ Vs. H_1 : El tiempo de cambio de formato no sigue una distribución normal con los parámetros: $\mu = 2,8425$ y $\sigma = 0,3429$.

Mediante el análisis estadístico mostrado en la figura 3.3 se comprobó la hipótesis.

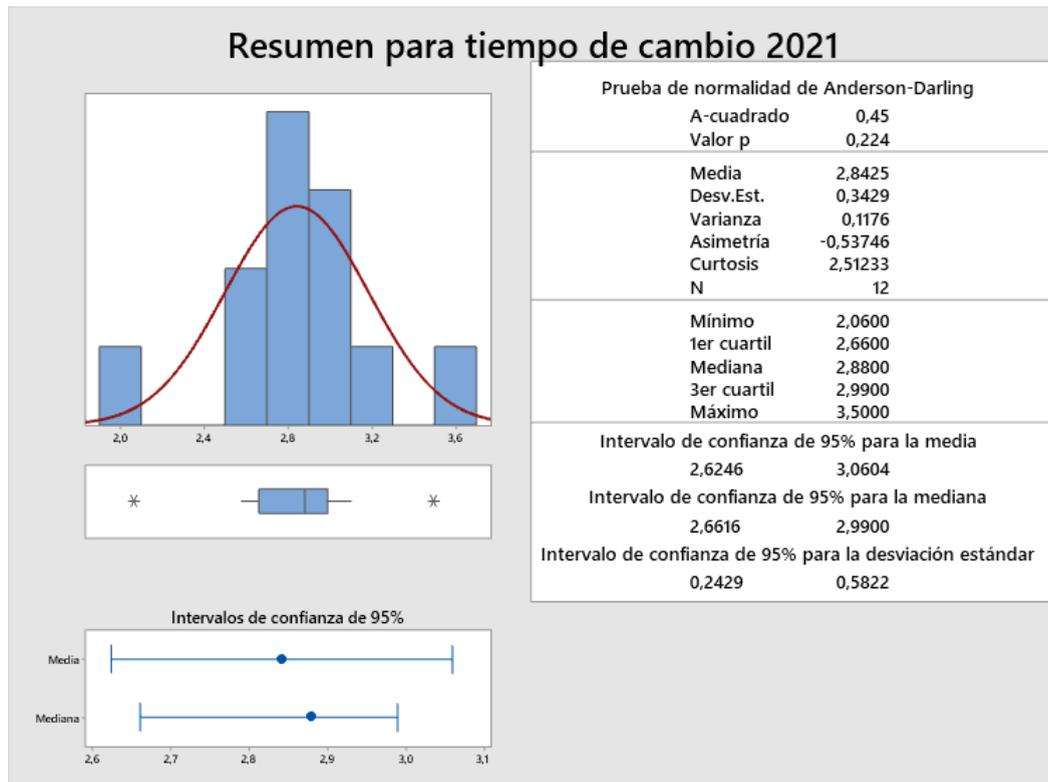


Figura 3.3 Resumen para tiempo de cambio 2021

Fuente: Autor

De donde a partir de un valor p igual a 0,224 se concluyó que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar H_0 , por lo tanto, la muestra de los tiempos de cambio de formato sigue una distribución normal $N(2,8425, 0,1176)$.

También se puede concluir que la media de la muestra es el mejor estimador de la variable con el valor de 2,8425.

3.1 Análisis costo - beneficio

Se detalla la inversión en la que se incurre para la implementación de mejoras propuestas. La tabla 17 muestra los costos de cada propuesta implementada cuyo valor sea distinto de \$ 0.

Tabla 17
Inversión de implementación

Inversión para implementación			
Detalle	Cantidad	Costo	Costo total
Fabricación de suples	6	\$60	\$360
Fabricación de campanas	3	\$382	\$1.146
Fabricación de punzones	3	\$139	\$417
Entrenar operadores para proceso de cambio	2	\$200	\$400
Compra de mesa de trabajo movable	1	\$250	\$250
Armarios para herramientas	2	\$900	\$1.800
Tablero de herramientas	1	\$600	\$600
Reubicación de punto de control de calidad	1	\$200	\$200
TOTAL			\$5.173

Fuente: Autor

La inversión realizada para el proyecto fue de \$5.173,00, con lo que se logró una reducción en el tiempo de cambio de formato de 47%, reduciendo el tiempo de cambio de 6 horas a 3 horas en promedio.

El valor referencial para el precio unitario de cada envase es de \$ 0,0453 centavos de dólar, las unidades producidas en el 2020 fueron de 129.089.102 y las unidades producidas en el 2021 fueron de 129.529.424 por lo que la diferencia de envases producidos fue de 440.322 este valor por el precio unitario de cada envase tenemos como utilidad en dólares del proyecto es de \$ 19.946.58 en comparación con los gastos de \$ 5.173 se concluye que la inversión realizada se recupera en un mes.

3.2 Cambios durante la implementación

Dentro del proceso de elaboración de envases embutidos los tiempos de preparación en el año 2021 fueron de 2,84 horas en promedio, se realizaron 132 cambios en el año, tal como se muestra en la tabla 15.

Se realizó una comparación de los envases dejados de producir en los años 2019, 2020 y 2021 tal como se muestra en la tabla 18, y se pudo evidenciar que en el año 2021 se dejaron de producir 781.801 envases obteniendo un 47% menos con respecto al 2020, tal como se muestra en la figura 3.4.

Tabla 18
Envases dejados de producir

ENVASES DEJADOS DE PRODUCIR		
2019	2020	2021
1,665.826	1,658.950	781.801

Fuente: Autor

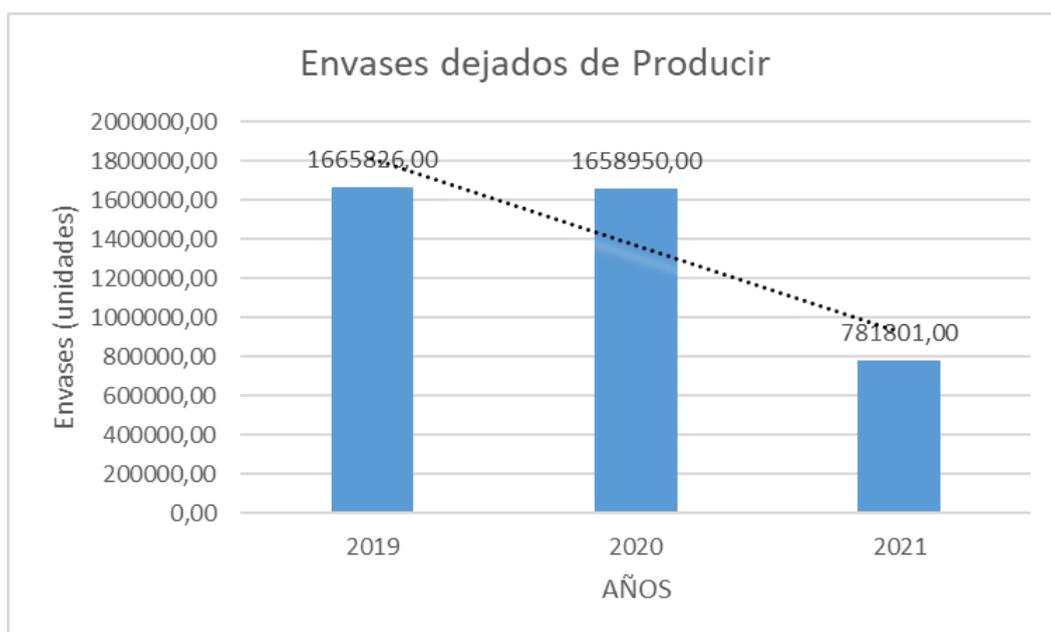


Figura 3.4 Envases dejados de producir

Fuente: Autor

Gracias a la implementación del proyecto de reducción en tiempo de cambio de formato para la máquina de fabricación de envases embutidos de dos piezas, el apoyo de la alta directiva, coordinación de trabajadores y supervisores; y la creación de nuevos procedimientos en actividades claves para el cambio, se da la oportunidad de incrementar la producción en la línea procesadora de envases de dos piezas en el año 2021 de 440.322 envases más fabricados aproximadamente, tal como se muestra en la tabla 19 en comparación con el año 2020.

Tabla 19
Unidades producidas en 2020 y 2021

UNIDADES BUENAS PRODUCIDAS		
MESES	2020	2021
ENERO	8.893.667	9.591.144
FEBRERO	10.565.671	12.959.839
MARZO	10.700.051	10.016.974
ABRIL	9.311.535	10.032.878
MAYO	11.955.112	10.608.535
JUNIO	10.269.315	10.776.015
JULIO	12.381.805	10.935.327
AGOSTO	11.333.736	11.852.679
SEPTIEMBRE	12.190.142	10.512.095
OCTUBRE	12.362.678	11.405.553
NOVIEMBRE	9.791.356	11.159.308
DICIEMBRE	9.334.034	9.679.077
	129.089.102	129.529.424

Fuente: Autor

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

1.- Una vez realizada la implementación de la metodología SMED se pudo lograr reducir el tiempo de preparación de 6 horas a 3 horas en promedio en la máquina procesadora de envases embutidos de dos piezas.

2.- Se realizó el análisis de la situación actual del proceso de fabricación de envases de dos piezas, mediante el uso del diagrama causa efecto se pudo evidenciar los problemas que se presentaron al momento de realizar el proceso de cambio y con el diagrama de spaghetti se identificaron de manera rápida y fácil los movimientos innecesarios que realiza el operador y con este análisis se pudo eliminar las causas y desperdicios (movimientos innecesarios).

3.- Se realizó un mapeo del proceso de cambio para de esta manera poder identificar cada una de las actividades y una vez definidas poder separarlas como internas y externas según sea el caso, esto se lo pudo lograr mediante el análisis de cada una de las actividades por medio de la filmación del proceso de cambio.

4.- Una vez realizado el estudio de tiempos, en esta etapa fue necesario hacer una revisión minuciosa de las actividades internas, para poder hacer la conversión pertinente y así ganar más tiempo productivo eliminando desperdicios en el proceso.

5.- Se realizó un evento Kaizen con la finalidad de establecer las prioridades a las causas y a las actividades que no agregan valor en el proceso y definir a los responsables de llevar a cabo cada acción de mejora cumpliendo con el perfeccionamiento de las tareas interna y externas.

6.- Se verificó la validación de cada una de las mejoras realizadas mediante una prueba piloto tomando en cuenta el perfeccionamiento de las actividades internas y externas como también la eliminación de los desperdicios mediante la realización una nueva filmación del proceso de cambio de formato.

4.2 Recomendaciones

- 1.- Capacitar continuamente a los operadores y ayudantes con la finalidad de concienciar los beneficios de la mejora continua y hacerlos más participes en la búsqueda de soluciones.

- 2.- Implementar el mismo análisis para las demás máquinas procesadoras de envases embutidos de dos piezas.

- 3.- Capacitar a los responsables de mantenimiento sobre la mejora de procesos, así también dar seguimiento al plan de mantenimiento preventivo.

- 4.- Empoderar a los operadores en la toma de ciertas decisiones, con la finalidad de que se cumplan los resultados esperados, para reducir la participación de agentes externos, como personal de control calidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Arboleda Zúñiga, J. &. (2017). *Modelo propuesto para la implementación de la metodología SMED en una empresa de alimentos*. Universidad Santiago de Cali: Revista De Investigación.
- Dandori, S. (1983). *Una Revolución en la Producción del Sistema Smed*. España, Madrid: Edición Inglesa.
- García Alcaraz, J. (2017). *Kaizen Planning, Implementing and Controlling*. Portugal: Springer International Publishing.
- Hernández Flores, J. (2014). *SEIS SIGMA CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS*. HONDURAS.
- Ohno, T. (1991). *Sistema de Producción Toyota*. España, Barcelona: Edición Gestión 2000.
- Pereira, U. T. (2009). Como reducir el tiempo de Preparación. *Scientia Et Technical*, 177-180. PERU.
- Reato, L. S. (2019). *Lean Six Sigma*. Barcelona, España: Adrián Gibernau.
- Sánchez Ruiz, E. A. (2005). *SEIS SIGMA, FILOSOFÍA DE GESTIÓN DE CALIDAD*.
- Socconini, L. (2017). *Lean Manufacturing paso a paso*. Guadalajara, Jalisco, México: Punto & Coma.