



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

**“Implementación de SMED para disminuir los tiempos de
recambio y calibración en una máquina que elabora sobres de
papel”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS

Presentada por:

Andrea Mariela Dávila Campos

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2021

AGRADECIMIENTO

A mi mamá, a todos mis amigos, por brindarme su apoyo, a por quererme tanto, a mi tía Yadira, a Tania Crespo porque siempre están ahí para escucharme y brindarme su ayuda. A mi familia por sus consejos. A una persona muy importante, te agradezco por tu ayuda y tu aporte no solo para el desarrollo de mi tesis, sino también para mi vida; eres mi inspiración y mi motivación.

DEDICATORIA

A Dios, a mi familia y a mis
amigos.

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

**Denise Rodríguez, Ph.D.
DIRECTORA DE
PROYECTO**

**María Retamales G., 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”

Andrea Mariela Dávila Campos

RESUMEN

El presente proyecto se realizó en una empresa que se dedica a la fabricación de útiles de oficina, entre ellos sobres blancos y manilas. Se identificó con el equipo de trabajo que en la elaboración de sobres la etapa con mayor variación de tiempos de recambio es en la etapa denominada conformado de sobres, desarrollada en la máquina W26G. En base a datos históricos se tiene que en los últimos meses ha aumentado de forma progresiva hasta llegar a un tiempo promedio de 6 horas. Este proyecto plantea la disminución del promedio del tiempo estandarizado de un cambio de formato en un 20% mediante la aplicación de la metodología SMED.

La aplicación de la herramientas SMED fue mediante 5 etapas: Primero se realizó un análisis de situación actual, se cronometró varios ciclos de cambio y mediante un estudio de tiempo se obtuvo un tiempo estándar para cada cambio, luego en la segunda etapa se clasificó cada actividad en interna o externa, en este caso todas las actividades fueron internas porque se realizaban estando la máquina apagada, después en la tercera etapa se analizó la posibilidad de convertir actividades internas a externas, se encontró que mediante la conversión se puede reducir el tiempo de 24620 segundos a 20562 segundos, adicional en esta etapa se planteó mejoras a implementar a corto, mediano y largo plazo bajo un análisis de diagrama causa efecto, luego en la cuarta etapa se realizó la implementación de los pasos anteriores y de las ideas propuestas. Finalmente, la quinta etapa tuvo como objetivo analizar los resultados de los cambios implementados y estandarizar los procesos, en este caso se estandarizó el proceso de cambio de formato.

Para el análisis de resultados se tomó el promedio de 3 observaciones realizadas obteniendo 12274 segundos, comparado con el tiempo estándar observado antes de implementar SMED de 22644 segundos, se presentó una reducción de 46%. Luego se realiza un análisis financiero de aquellas alternativas que requieren un recurso económico detallando el costo de implementación y el ingreso potencial asociado a ese costo. Finalmente se logró incrementar la productividad de la máquina y quedaron definidas propuestas de mejora que pueden a criterio de la empresa ser implementadas, con el fin de disminuir aún más el tiempo para cambios de formato y calibración.

Palabras clave: SMED, cambio de formato, calibración, Estandarizar procesos.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.1 Antecedentes.....	12
1.2 Definición del problema	13
1.3 Objetivos	13
1.3.1 General.....	13
1.3.2 Específicos	13
1.4 Metodología.....	13

CAPÍTULO 2

2. DESARROLLO DE METODOLOGÍA	17
2.1 Etapa 1: Observar y medir	17
2.1.1 Socialización del proyecto y selección de equipo de trabajo.....	17
2.1.2 Análisis de la Situación Actual	17
2.1.3 Documentación del estado actual	21
2.1.4 Comprobación de normalidad de los datos.....	25
2.1.5 Estudio de tiempos	26
2.1.5.1 Desempeño del operario.....	27
2.1.5.2 Adición de suplementos u holguras	27
2.2 Etapa 2: Clasificación de actividades y separación en internas y externas	31
2.2.1 Clasificación de actividades.....	31
2.2.2 Separación de actividades internas y externas.....	37
2.3 Etapa 3: Convertir setups internos a externos y análisis de mejoras	40
2.3.1 Convertir setups internos a setups externos	40
2.4 Etapa 4: Reducir los tiempos de las actividades internas y externas	46

2.4.1 Propuestas de mejoras para reducir tiempos de cambios de formato a corto, mediano y largo plazo	46
2.4.2 Criterios de evaluación para las propuestas de mejoras planteadas.....	50
2.4.3 Evaluación de las alternativas de propuestas de mejora.....	51

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	53
3.1 Check list.....	53
3.2 Implementación de mejoras.....	54
3.3 Etapa 5: Estandarización.....	58
3.4 Resultados	61
3.5 Análisis financiero.....	64

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
4.1 Conclusiones	66
4.2 Recomendaciones.....	67

ABREVIATURAS

SMED	Single Minute Exchange of Die
To	Tiempo observado
Tn	Tiempo normal
Te	Tiempo estándar
S	Valor de suplementos u holguras
C	Factor de calificación

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Producción mensual [Unidades/hora]	12
Figura 2.1: Bosquejo de la distribución de área del proceso de fabricación de sobres de papel.....	18
Figura 2.2: Cortadora de bobinas de papel.....	18
Figura 2.3: Paletizado de cortes de papel.....	19
Figura 2.4: Almacenamiento de pallet repaletizados.....	19
Figura 2.5: Troqueladora y modelo de troquel.....	20
Figura 2.6: Almacenamiento de pallets de papel troquelado.....	20
Figura 2.7: Máquina conformadora de sobres W26G.....	20
Figura 2.8: Área de almacenamiento de sobres terminados.....	21
Figura 2.9: Análisis de normalidad de tiempos totales de calibración.....	26
Figura 2.10: Actividades realizadas por la máquina W26G.....	40
Figura 2.11: Diagrama Causa-efecto.....	43
Figura 2.12: Matriz de evaluación de alternativas de mejora.....	51
Figura 3.1: Formato de Checklist.....	53
Figura 3.2: Pre-alistamiento de herramientas.....	54
Figura 3.3: Procedimiento estándar para cambios de formato de la máquina conformadora de sobres W26G (página1).....	59
Figura 3.4: Procedimiento estándar para cambios de formato de la máquina conformadora de sobres W26G (Página 2).....	60
Figura 3.5: Procedimiento estándar para cambios de formato de la máquina conformadora de sobres W26G (Página 3).....	61
Figura 3.6: Gráfica de valores individuales de los tiempos promedios estándar antes y después de SMED.....	63
Figura 3.7: Gráfica de tiempos estandarizados antes y después de la implementación de SMED.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Equipo de trabajo.....	17
Tabla 2.2: Tabla de actividades con tiempos cronometrados.....	22
Tabla 2.3: Número recomendado de ciclos en función de tiempo de ciclo.	26
Tabla 2.4: Sistema Westinghouse de calificación.	27
Tabla 2.5: Tabla de suplementos de la Organización Internacional del Trabajo.....	28
Tabla 2.6: Actividades con tiempo estándar.....	28
Tabla 2.7: Clasificación y descripción de actividades.....	31
Tabla 2.8: Separación de Actividades internas y externas	37
Tabla 2.9: Conversión de actividades.	41
Tabla 2.10: Herramientas.	44
Tabla 2.11: Máquina.	44
Tabla 2.12: Mano de obra.....	45
Tabla 2.13: Método.....	45
Tabla 2.14: Matriz de alternativas de mejora.	47
Tabla 2.15: Impacto para el análisis de las alternativas de propuesta.....	50
Tabla 2.16: Criterios para costo de implementación.....	50
Tabla 2.17: Criterio para tiempo de implementación.	50
Tabla 2.18: Evaluación de factibilidad.	51
Tabla 3.1: Tabla de registro de tiempos estándar de observaciones después de implementación de metodología SMED.	54
Tabla 3.2: Detalle de costo por presupuesto.....	64
Tabla 3.3: Detalle de cálculo de ingreso potencial por mes.....	65

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

La empresa en la cual se desarrolla este proyecto se encuentra ubicada en la ciudad de Guayaquil, se dedica a la fabricación de útiles de oficina como por ejemplo folders de diferentes tamaños, carpetas, cuadernos, sobres blancos y sobres manila.

En el área de fabricación de sobres se encuentra el proceso de conformado de sobres de papel, en dicho proceso intervienen las etapas de recepción de materia prima (papel blanco), corte, troquelado y finalmente el conformado del sobre. El proceso en los que se genera mayor variabilidad en cuanto a la productividad y la disponibilidad es el del conformado de sobres de papel bond.



Figura 1.1: Producción mensual [Unidades/hora]

Fuente: Autor

Como se muestra en la figura 1.1, en los últimos meses se ha registrado una variación en los tiempos de recambio promedio para nuevos formatos de sobres; lo cual ha generado como consecuencia que se cree un stock de seguridad para cada área del proceso, es decir, se creó un stock de seguridad para el área de materia prima (compra de más bobinas), corte (pallets acumulados de papel cortado), troquelado (formatos de diferentes sobres en pallets apilados), para producir en caso de que los recambios se tarden más o se generen paros no programados, cabe recalcar que la planta no está diseñada para mantener niveles altos de stock de seguridad.

1.2 Definición del problema

En base a los datos históricos de productividad se ha observado que, en los meses de enero del 2020 a marzo del 2021 en la máquina W26G (conformadora de sobres) se ha cuantificado un excesivo tiempo de recambio y calibración para los diferentes formatos de sobres, los cuales han ido incrementado de un promedio de 3 horas a 6 horas.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

- Reducir el tiempo de recambio y calibración para diferentes formatos en un 20% del valor estandarizado de los últimos 6 meses en la máquina W26G mediante la implementación de SMED.

1.3.2 Específicos

- Realizar los diagnósticos en conjunto con el operador principal de la situación inicial.
- Reducir tiempos muertos durante la operación de cambio de formato y calibración.
- Establecer el tiempo estándar actual que tarda realizar un cambio de formato en la máquina conformadora de sobres W26G en la cual se realizará el estudio.
- Determinar las actividades que forman parte del proceso de cambios de formato de sobres en la máquina W26G y clasificar las que se realizan con la máquina encendida y las que se realizan con la máquina detenida.
- Diseñar un nuevo método para el cambio de formato de sobres basado en la metodología SMED y documentar el nuevo procedimiento de cambio de formato para la máquina W26G.

1.4 Metodología

Acorde a la naturaleza variable de la demanda actual, las industrias se han visto en la necesidad de reinventarse no sólo en los productos que ofrecen, sino además en la forma en la que se producen (Garcia Alcaraz, 2017).

Por lo cual el reducir costos, aumentar la flexibilidad de las líneas y la productividad es de vital importancia en el mercado.

Las industrias de fabricación deberían estar marcadas por dos características principales: el manejo de lotes pequeños y la variedad de los productos, permitiría tener un mejor control del stock en inventarios, reduciendo los costos asociados a los mismos e incrementaría la oferta en el mercado (Karam, 2017).

Lean Manufacturing (Manufactura esbelta en español) son un conjunto de herramientas que nos permiten identificar y eliminar desperdicios, mejorar la calidad de fabricación, además de reducir tiempos y costos de producción en cualquier tipo de industrias. Entre las principales herramientas que contiene la manufactura esbelta están: Las 5S, A3 Report, SMED (Single Minute Exchange of Die), VSM (Value Stream Mapping), Just in time y TPM (Total Productive Maintenance).

En este proyecto se va a usar la herramienta SMED (Single Minute Exchange of Die) como metodología principal del proyecto porque se busca reducir los tiempos de cambio de modelo o formato, mediante la estandarización de procesos, obteniendo un aumento en la capacidad productiva.

De forma general, con esta herramienta es posible mejorar 3 aspectos importantes de producción:

- Capacidad productiva
- Reducción de stock
- Mejora del servicio al cliente

De esta forma, se aprovechará al máximo los recursos necesarios, se mejorará la capacidad productiva del proceso con lo que se logrará una mayor variedad en la producción y se disminuirá tiempos de entrega lo cual variedad en la producción se disminuirá tiempos de entrega lo cual incrementará la satisfacción del cliente (Karam, 2017).

La aplicación de la herramienta SMED en la máquina W26G referente al cambio de formato para sobres requiere seguir las siguientes etapas:

- Etapa 1: Observar y medir
- Etapa 2: Clasificación de actividades y separación en internas y externas
- Etapa 3: Convertir Setups internos a externos
- Etapa 4: Reducir los tiempos de las actividades internas y externas
- Etapa 5: Estandarizar

Etapa 1: Observar y medir

En esta etapa se socializará la metodología con los trabajadores, y se familiarizará con el proceso a analizar. Luego en base a la observación se describe el cambio de formato, se identifican las actividades y se cronometran para tener un estado actual.

- Socialización y selección del equipo de trabajo
Con los objetivos definidos, conociendo el estado inicial de la máquina, se va a realizar una socialización y una selección del personal que estará involucrado en el proyecto. Para poder comprometer al personal de la empresa dado que son la parte más importante de la implementación de las mejoras.
- Análisis de la situación actual
Se revisarán todas las áreas involucradas y se detallarán cada uno de los espacios utilizados en el proceso.
- Documentación del estado actual
Para facilitar los análisis posteriores, se va a identificar y cronometrar todas las tareas, detallando tiempos. Se grabará las acciones realizadas en video, teniendo como ventajas la reproducción repetitiva posterior, teniendo cuidado de no interrumpir el trabajo en proceso, el beneficio de tener todo documentado en video es que se no deja espacios para interpretaciones. Se realiza un estudio de tiempos para determinar la cantidad de ciclos y la estandarización del tiempo analizando el desempeño del operario y los suplementos u holguras que están involucrados en el desenvolvimiento de este.

Etapa 2: Clasificación de actividades y separación en internas y externas

En esta etapa se las clasifica las actividades según el tipo de equipo u operación utilizado y se definen cada actividad como interna y externa.

- Clasificación de actividades
A pesar de que los procedimientos de configuración son generalmente infinitamente variados, dependiendo sobre el tipo de equipo o de operación que se utiliza, se va a clasificar las actividades de recambio en subactividades (Shingo, 1985).:
A continuación, se enlista las subactividades: preparación, ajuste posterior al proceso y verificación de materiales y herramientas, montaje y desmontaje de herramientas o piezas, medidas, ajustes y calibraciones, ejecuciones de pruebas y ajustes
- Separación de actividades internas y externas

Se definen las operaciones internas o externas dentro del proceso o máquina durante el recambio en una hoja de registro.

Etapa 3: Convertir Setups internos a externos

En esta etapa se busca identificar formas de reducir tiempos convirtiendo actividades internas a externas.

- Convertir setup internos a setup externos

Se tratará de transformar la mayor cantidad de actividades internas en externas. En esta fase se va a observar, analizar funciones y los propósitos de cada acción, corrigiendo de ser necesario cada operación que no esté funcionando adecuadamente y eliminando las que no sean necesarias. Se debe reevaluar las operaciones además de considerar que no todas las actividades aun siendo externas no se podrán eliminar en un 100%.

Etapa 4: Reducir los tiempos de las actividades internas y externas

En esta etapa se socializará la propuesta de ideas de mejora para poder reducir los tiempos de ejecución de las actividades internas. Una vez que las ideas de mejora han sido aceptadas por todos los miembros involucrados, se definirá el plan de implementación de mejoras.

Etapa 5: Estandarización

Se elabora la estandarización del proceso de cambio de formato, y se realiza el seguimiento para observar si el nuevo estándar definido funciona y en caso de que no, establecer medidas correctoras. Adicionalmente podemos controlar las operaciones de recambio:

- Elaborando una lista de comprobación de las actividades externas.
- Realizar capacitaciones al personal operativo y de mantenimiento en herramientas Lean para el mejoramiento de los procesos.
- Proponer un nuevo proceso de alistamiento con las mejoras realizadas.
- Elaborar y socializar un diagrama de procesos.
- Implementar el nuevo proceso y verificar la reducción de tiempos

CAPÍTULO 2

2. DESARROLLO DE METODOLOGÍA

2.1 Etapa 1: Observar y medir

2.1.1 Socialización del proyecto y selección de equipo de trabajo

Se coordinaron las visitas con los supervisores del área y así poder explicar en qué consiste la metodología del SMED, que datos se iban a recaudar, que información iba a ser requerida y que nos expliquen las actividades realizadas por ellos; todo esto con el fin de conocer más acerca de las operaciones. Se elaboraron trípticos para poder explicar de mejor manera la metodología.

En la reunión se mantuvo con el gerente de planta se definió a los siguientes miembros: Coordinador de producción, supervisores de producción y operador. En la tabla 2.1 se detallan las funciones de cada uno de los miembros del equipo de trabajo.

Tabla 2.1: Equipo de trabajo.

Cargo	Cantidad	Funciones
Gerente de planta	1	Administra las operaciones de toda la planta.
Coordinador de producción	1	Elaborar y coordina la producción de la planta.
Supervisor de producción	2	Asignación de órdenes de producción, control y registro de paros no programados, planificación de mantenimientos.
Operador	1	Realiza las actividades en la máquina W26G.

Fuente: Autor

2.1.2 Análisis de la Situación Actual

Se realizó un recorrido de todas las áreas involucradas en la fabricación de los sobres de papel, se conversó con el coordinador de producción, los supervisores y los operadores de cada área.

A continuación, se detallarán los espacios en los que se desarrollan las diferentes actividades que forman parte del proceso de fabricación de sobre, se muestra un bosquejo en la figura 2.1:

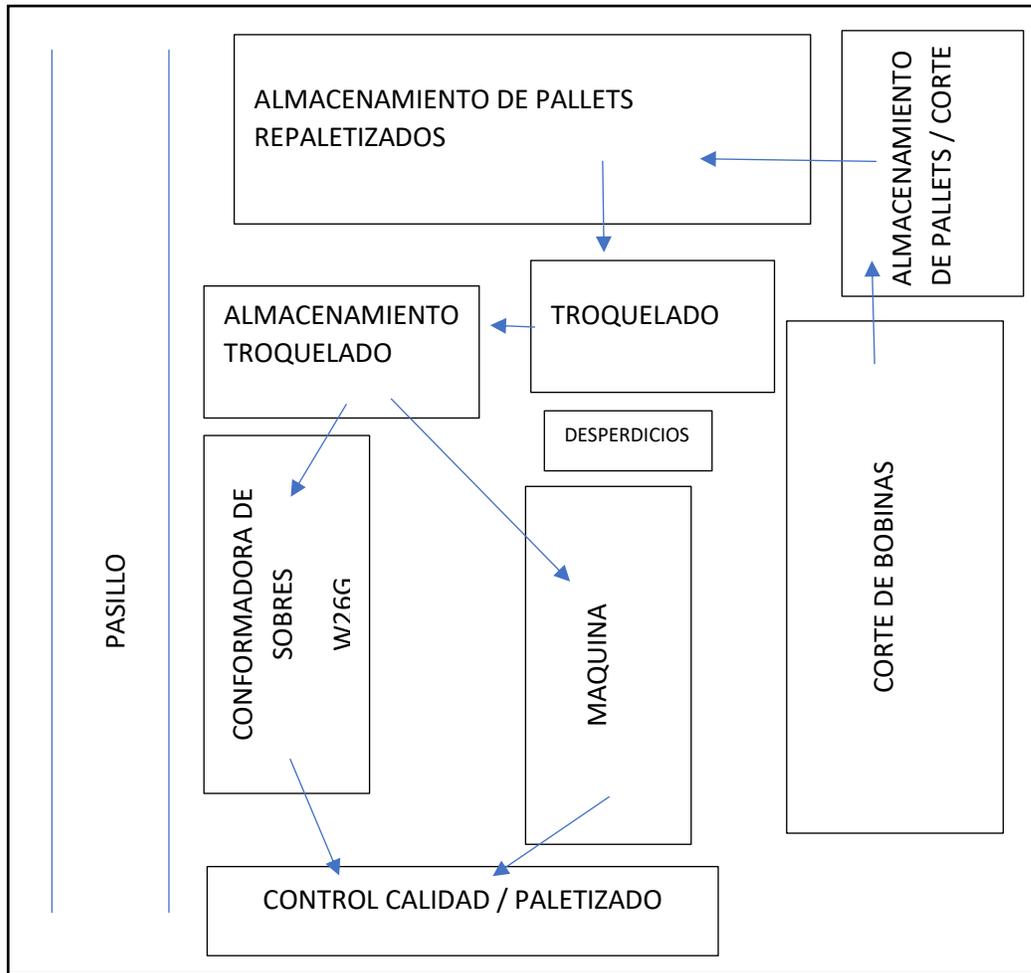


Figura 2.1: Bosquejo de la distribución de área del proceso de fabricación de sobres de papel.

Fuente: Autor

Corte de bobinas: Cortadora de bobinas de papel en la cual pueden ser colocadas hasta 8 bobinas a la vez, y puede cortar hasta 500 gr a la vez.



Figura 2.2: Cortadora de bobinas de papel

Fuente: Autor

Almacenamiento de pallets/corte: zona en la que se apila el papel cortado después de salir de la cortadora de bobinas.



Figura 2.3: Paletizado de cortes de papel.

Fuente: Autor

Almacenamiento de pallets repaletizados: Lugar en el que se almacenan los pallets del papel después de haber sido contado y separado por resmas, cada resma tiene 500 hojas aproximadamente, de 103x80 [centímetros] (sobre esquela) y 107x80 [centímetros] (sobre oficio).



Figura 2.4: Almacenamiento de pallet repaletizados.

Fuente: Autor

Troquelado: Máquina que realiza los cortes a las resmas con troqueles para los diferentes formatos de sobres (blancos y manilas).



Figura 2.5: Troqueladora y modelo de troquel.

Fuente: Autor

Almacenamiento / troquelado: Lugar destinado al almacenamiento de pallets con los sobres troquelados, previo al procesamiento.



Figura 2.6: Almacenamiento de pallets de papel troquelado.

Fuente: Autor

Conformado de sobres: Máquina W26G conformadora de sobres consta de 5 partes principales: Mesa de alimentación, arrastre, rayado, engomado y doblado.



Figura 2.7: Máquina conformadora de sobres W26G.

Fuente: Autor

Control de calidad / paletizado: Los sobres conformados son revisados uno a uno, para verificar que estén debidamente armados, además son agrupados en niveles, cada nivel contiene 20 conjuntos de 50 sobres, cada pallet tiene hasta 5 niveles, para posteriormente ir a la zona de empaques y despachos.



Figura 2.8: Área de almacenamiento de sobres terminados

Fuente: Autor

2.1.3 Documentación del estado actual

Los involucrados en el proceso de cambio de formato son, el coordinador de producción, el supervisor de producción y el operador de la máquina.

Una vez que el supervisor verifica que la orden de producción fue terminada en su totalidad, programa el cambio de formato para la nueva orden que fue previamente planificada por el coordinador.

Una vez que se ha terminado con la producción de fabricación de sobres anterior y se detiene la máquina, el operador realiza una limpieza de toda el área. Para comenzar con el proceso de recambio que consta en cambiar partes como, por ejemplo, rodillos y bandas en mesa de alimentación, ajuste de bandas y tambores en zona de arrastre, engomadoras, rodillos y ejes en las zonas de rayado, engomado y doblado.

Con la ayuda de la hoja de registro ver tabla 2.2, se registraron una a una las actividades realizadas por el operador. Se grabó un video de todas las actividades realizadas con un total de 9525 segundos (2 horas con 38 minutos y 45 segundos), además de cronometrar de forma continua para no dejar fuera algún tiempo de estudio.

Tabla 2.2: Tabla de actividades con tiempos cronometrados.

No.	Actividad	Hora de inicio	Hora de fin	Tiempo por actividad [segundos]
1	LIMPIEZA PREVIA	7:44:59	7:59:59	900
	ACTIVIDADES DE CAMBIO			
2	Encendido línea	8:00:00	8:00:10	10
3	Revisión zona engomado	8:00:11	8:01:10	59
4	Tiempo de espera	8:01:11	8:02:25	74
5	Búsqueda de herramientas	8:02:26	8:02:36	10
	Ajuste a nueva posición de guía para sobre troquelado			
6	Ajuste de guía - Mesa	8:02:37	8:02:50	13
7	Limpieza de área específica	8:02:51	8:03:02	11
8	Ajuste de guía - Mesa	8:03:03	8:03:28	15
9	Cambio de herramienta	8:03:29	8:03:36	7
10	Ajuste de guía - Mesa	8:03:37	8:03:52	15
11	Cambio de llave hexagonal	8:03:53	8:03:58	5
12	Búsqueda de galgas para ajuste y seteo para nuevos formatos	8:03:59	8:04:25	26
13	Ajuste y seteo de guía para nuevos formatos	8:04:26	8:06:20	114
14	Traslado los nuevos formatos	8:06:21	8:07:40	79
15	Comprobación de alineamiento en el corte del nuevo formato	8:07:41	8:08:27	46
16	Ajuste fino con nuevo formato	8:08:28	8:10:42	134
17	Colocación de nuevos formatos	8:10:43	8:10:53	10
18	Buscar llave de ajuste	8:10:54	8:11:02	8
19	Ajuste de partes	8:11:03	8:11:53	50
20	Revisión de área de tambores	8:11:53	8:12:00	7
21	Selección de herramientas	8:12:01	8:12:18	17
22	Desajuste de pernos en guía de tambores	8:12:19	8:13:01	42
23	Desplazamiento y fijación de tambores en nueva posición	8:13:02	8:15:01	119

24	Activación de máquina en cada ajuste	15:02	8:17:45	163
25	Desplazamiento de bandas	8:17:46	8:29:58	732
26	Verificación de posición de bandas y rodillos	8:29:59	8:30:59	60
27	Tiempo de espera	8:31:00	8:33:00	120
	Inicio cambio engomadoras - área engomado			
28	Elevación de rodillo transportador	8:33:01	8:33:05	4
29	Búsqueda de herramientas	8:33:06	8:33:24	18
30	Búsqueda de nueva herramienta	8:33:25	8:33:30	5
31	Verificación de nueva herramienta	8:33:31	8:33:42	11
32	Extracción de engomadoras	8:33:43	8:35:20	97
33	Desajuste pernos platina base	8:35:21	8:36:04	103
34	Extracción de platina	8:36:05	8:36:12	7
35	Revisión de mecanismo de engomado	8:36:13	8:37:38	85
36	Lavado de platina	8:37:39	8:38:45	66
37	Secado de platina	8:38:46	8:38:54	8
38	Recolocación de platina	8:38:55	8:39:10	15
39	Tiempo de espera	8:39:11	8:39:57	46
40	Ajuste pernos de platina	8:39:58	8:41:30	92
41	Retirar guías	8:41:31	8:42:25	54
42	Limpieza de guías	8:42:26	8:43:00	34
43	Colocación de guías limpias	8:43:01	8:43:10	9
44	ajuste de perno guías	8:43:11	8:43:25	14
45	cambio engomadoras	8:43:26	8:44:20	54
46	Colocación de eje	8:44:21	8:44:32	11
47	Ajuste de pernos del eje	8:44:33	8:44:51	18
48	Ajuste de guías de armado en el transportador del carrito	8:44:52	8:45:44	52

49	Cambio de rodillos	8:45:45	8:47:40	115
50	Tiempo de espera	8:47:41	8:48:07	27
51	Ajuste de rieles en transportador por nuevo formato	8:48:08	8:48:37	29
52	Búsqueda de herramienta (rodillos guías)	8:48:38	8:49:12	34
53	Retiro de rodillos guías	8:49:13	8:50:18	65
54	Colocación de nuevos rodillos guías y ajuste de pernos de nuevos rodillos	8:50:19	8:56:17	358
55	Toma de un formato de sobre nuevo	8:56:18	8:56:22	4
56	Búsqueda de herramienta	8:56:23	8:56:27	27
	CALIBRACIÓN			
	ZONA DE RAYADO			
57	Ajuste de guías	8:56:28	8:57:15	47
58	Búsqueda de herramienta	8:57:16	8:57:25	9
59	Ajuste fino zona rayado	8:57:26	8:58:00	34
60	Colocación de nuevo formato en área de rayado	8:58:01	8:58:35	32
61	Ajuste de rodillos de arrastre a marca seteada para cada formato	8:58:36	9:00:06	90
62	Ajuste de rodillos zona de rayado	9:00:07	9:02:41	126
63	Corrida de ajuste	9:02:42	9:03:56	74
64	Ajuste de bandas zona de arrastre	9:03:57	9:04:59	62
65	Tiempo de espera	9:05:00	9:05:15	15
66	Corrida de prueba sin engomado	9:05:16	9:05:43	27
67	ajuste en zona de mesa de alimentación	9:05:44	9:09:13	209
68	Búsqueda de herramientas	9:09:14	9:10:03	49
69	Ajuste de bandas y rodillos en mesa de alimentación	9:10:04	9:13:51	167
70	Retiro de estampa formato a cambiar	9:13:51	9:14:05	16
71	Limpieza de rodillo de estampa	9:14:06	9:15:50	104
72	Búsqueda de nueva estampa	9:15:51	9:16:01	10
73	Colocación de nueva estampa	9:16:02	9:16:49	47

74	Ajuste suministro de tinta y ubicación de estampa	9:16:50	9:23:58	428
75	Ajuste de bandas de arrastre (blancas) en mesa de alimentación	9:23:59	9:27:29	210
76	Tiempo de espera	9:30:00	9:30:18	18
77	Revisión rodillo engomadora mesa de alimentación.	9:30:19	9:31:08	49
78	Tiempo de espera	9:31:09	9:31:30	21
79	Colocación rodillo engomadora mesa de alimentación	9:31:31	9:34:39	188
80	Limpieza de área cercana a rodillo engomadora	9:34:40	9:35:59	79
81	Mezcla de goma	9:36:00	9:36:43	43
82	Colocación de goma en reservorio de alimentación	9:36:44	9:36:55	11
83	Tiempo de espera	9:36:56	9:38:10	74
84	Ajuste de contador y plc de sobres	9:39:01	9:39:35	34
85	Ajuste de posición de rodillos zona de doblado	9:39:36	9:42:10	159
86	Ajuste fino de rodillos en área de doblado	9:37:16	9:39:50	154
87	Búsqueda de herramienta	9:39:51	9:40:05	14
88	Revisión de salida de sobre (LÍNEAS DE DOBLADO AJUSTE)	9:40:06	9:43:01	175
89	Ajuste en engomadoras a la salida del sobre	9:43:02	9:48:30	328
90	Corrida de verificación	9:48:31	10:08:47	1214
91	Limpieza al final de la actividad	10:08:48	10:19:48	900

Fuente: Autor

2.1.4 Comprobación de normalidad de los datos

Se realizó un estudio de normalidad con los tiempos totales obtenidos en las 17 observaciones, con lo cual se establecieron las siguientes hipótesis:

H₀: Los datos están distribuidos normalmente.

H₁: Los datos no están distribuidos normalmente.

Con un valor $\alpha=0.05$, y un nivel de confianza del 95%.

Se obtuvo un valor $p=0.163$, por lo que se rechaza H_1 y se acepta H_0 , con lo que se concluye que los datos siguen una distribución normal.

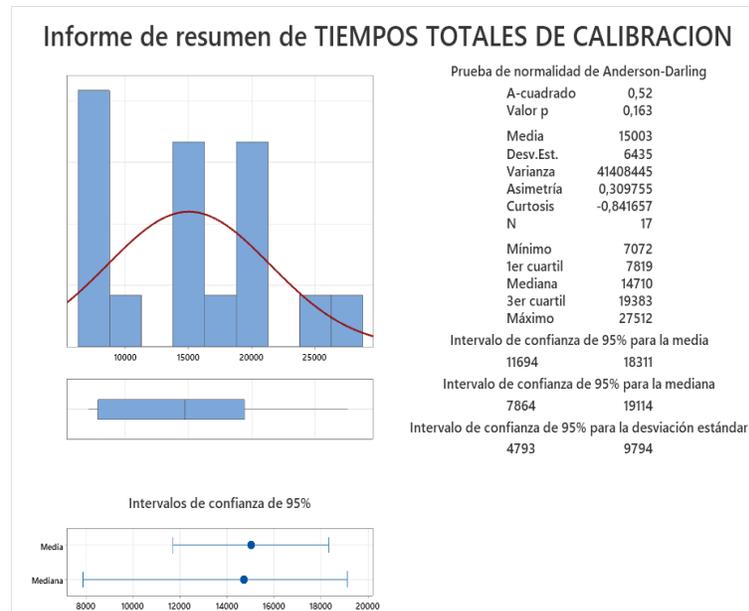


Figura 2.9: Análisis de normalidad de tiempos totales de calibración.

Fuente: Autor

2.1.5 Estudio de tiempos

La determinación de la cantidad de ciclos para llegar a un tiempo estándar representativo va a estar basado en una aproximación, debido a que con métodos estadísticos va a demandar un tamaño de muestra demasiado grande por la dispersión de los tiempos medidos de cada actividad, los cuales se escapan del tiempo de trabajo del proyecto. En la tabla 2.3, General Electric estableció una aproximación en base al tiempo total de ciclo en minutos, donde en la primera medición de tiempos se obtiene un total de tiempo observado de más de 40 minutos, con lo que corresponde un número recomendado de ciclos de 3. Dada las facilidades que ha dado la empresa, y el tiempo de trabajo en el proyecto, se han logrado medir 17 ciclos de cambio.

Tabla 2.3: Número recomendado de ciclos en función de tiempo de ciclo.

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Fuente: Time Study Manual de los Erie Works de General Electric Company.

Según (Niebel & Freivalds, 2004), el tiempo estándar es el tiempo requerido para un operario totalmente calificado y capacitado, trabajando a un paso estándar y realizando un esfuerzo promedio para realizar la operación.

2.1.5.1 Desempeño del operario

Debido a que el tiempo que se tarde el operador en desarrollar las actividades va a depender del esfuerzo y la habilidad del trabajo, entonces para poder estandarizar es necesario ajustar con un valor adicional para un trabajador de buen desempeño y un valor menor para un trabajador con pobre desempeño, el valor obtenido luego del ajuste es el tiempo normal, que va a ser calculado con la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo normal } [T_n] = T_o * (1+C)$$

Donde:

Tiempo observado [T_o]: es la suma del tiempo total por cada actividad dividida para el número de ciclos medidos

C: Factor de calificación

Para el factor de calificación en este proyecto se va a considerar el sistema de Westinghouse considerando una destreza extrema, un esfuerzo excesivo, condiciones ideales y una consistencia perfecta como se aprecia en la tabla 2. 4 (VER ANEXO 2).

Tabla 2.4: Sistema Westinghouse de calificación.

Sistema Westinghouse de calificación		
Categoría	Grado	Porcentaje
Destreza	Extrema	0.15
Esfuerzo	Excesivo	0.13
Condiciones	Ideales	0.06
Consistencia	Perfecta	0.04
C (sumatoria)		0.38

Fuente: Autor

2.1.5.2 Adición de suplementos u holguras

Se requiere la añadir un tiempo de holgura que sea representativo para las interrupciones que se tienen durante el cambio que pueden ser personales como descanso para hidratarse o ir al baño, interrupciones por fatiga debido al cansancio del operador (VER ANEXO 3). El tiempo estandarizado o tiempo estándar considera añadir la holgura al tiempo normal.

Por lo tanto, el tiempo estándar va a ser calculado con la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo estándar } [T_e] = T_n \cdot (1+S)$$

Donde:

T_n : tiempo normal

S: valor de suplementos u holguras

Para el valor de suplementos se va a considerar que el operador es hombre, 2 suplementos constantes como son las necesidades personales y la fatiga, 3 suplementos variables como trabajar de pie, postura anormal, uso de fuerza como se aprecia en la tabla 2.5:

Tabla 2.5: Tabla de suplementos de la Organización Internacional del Trabajo.

Tabla de suplementos de la Organización Internacional del Trabajo		
Suplementos	Factores	Valores
Constantes	Necesidades personales	0.05
	Fatiga	0.04
Variable	Trabajo de pie	0.02
	Postura anormal	0.07
	Uso de fuerza/ energía muscular	0.01
S (sumatoria)		0.19

Fuente: Autor

El cálculo de los valores estándar para cada actividad se encuentra en el Anexo 1. A continuación, se muestra la tabla 2.6 con los valores de tiempo estándar de cada actividad los cuales van a ser ocupados para todos los análisis posteriores.

Tabla 2.6: Actividades con tiempo estándar.

No.	Actividad	Tiempo estándar [segundos]
1	LIMPIEZA PREVIA	1762
	ACTIVIDADES DE CAMBIO	
2	Encendido línea	56
3	Revisión zona engomado	139
4	Tiempo de espera	134
5	Búsqueda de herramientas	121
	Ajuste a nueva posición de guía para sobre troquelado	
6	Ajuste de guía - Mesa	115
7	Limpieza de área específica	89
8	Ajuste de guía - Mesa	90
9	Cambio de herramienta	89
10	Ajuste de guía - Mesa	145
11	Cambio de llave hexagonal	116
12	Búsqueda de galgas para ajuste y seteo para nuevos formatos	118
13	Ajuste y seteo de guía para nuevos formatos	193

14	Traslado los nuevos formatos	143
15	Comprobación de alineamiento en el corte del nuevo formato	123
16	Ajuste fino con nuevo formato	169
17	Colocación de nuevos formatos	120
18	Buscar llave de ajuste	121
19	Ajuste de partes	123
20	Revisión de área de tambores	99
21	Selección de herramientas	104
22	Desajuste de pernos en guía de tambores	79
23	Desplazamiento y fijación de tambores en nueva posición	158
24	Activación de máquina en cada ajuste	138
25	Desplazamiento de bandas	1062
26	Verificación de posición de bandas y rodillos	187
27	Tiempo de espera	214
	Inicio cambio engomadoras - área engomado	
28	Elevación de rodillo transportador	44
29	Búsqueda de herramientas	91
30	Búsqueda de nueva herramienta	110
31	Verificación de nueva herramienta	109
32	Extracción de engomadoras	173
33	Desajuste pernos platina base	200
34	Extracción de platina	74
35	Revisión de mecanismo de engomado	166
36	Lavado de platina	268
37	Secado de platina	28
38	Recolocación de platina	88
39	Tiempo de espera	126
40	Ajuste pernos de platina	206
41	Retirar guías	107
42	Limpieza de guías	162
43	Colocación de guías limpias	35
44	ajuste de perno guías	47
45	cambio engomadoras	152
46	Colocación de eje	84
47	Ajuste de pernos del eje	80
48	Ajuste de guías de armado en el transportador del carrito	120
49	Cambio de rodillos	251
50	Tiempo de espera	154
51	Ajuste de rieles en transportador por nuevo formato	106
52	Búsqueda de herramienta (rodillos guías)	109
53	Retiro de rodillos guías	169
54	Colocación de nuevos rodillos guías y ajuste de pernos de nuevos rodillos	761

55	Toma de un formato de sobre nuevo	31
56	Búsqueda de herramienta	135
	CALIBRACIÓN	
	ZONA DE RAYADO	
57	Ajuste de guías	367
58	Búsqueda de herramienta	213
59	Ajuste fino zona rayado	316
60	Colocación de nuevo formato en área de rayado	352
61	Ajuste de rodillos de arrastre a marca seteada para cada formato	424
62	Ajuste de rodillos zona de rayado	299
63	Corrida de ajuste	372
64	Ajuste de bandas zona de arrastre	246
65	Tiempo de espera	283
66	Corrida de prueba sin engomado	224
67	ajuste en zona de mesa de alimentación	340
68	Búsqueda de herramientas	347
69	Ajuste de bandas y rodillos en mesa de alimentación	289
70	Retiro de estampa formato a cambiar	304
71	Limpieza de rodillo de estampa	250
72	Búsqueda de nueva estampa	200
73	Colocación de nueva estampa	356
74	Ajuste suministro de tinta y ubicación de estampa	504
75	Ajuste de bandas de arrastre (blancas) en mesa de alimentación	519
76	Tiempo de espera	357
77	Revisión rodillo engomadora mesa de alimentación.	367
78	Tiempo de espera	184
79	Colocación rodillo engomadora mesa de alimentación	478
80	Limpieza de área cercana a rodillo engomadora	393
81	Mezcla de goma	406
82	Colocación de goma en reservorio de alimentación	418
83	Tiempo de espera	313
84	Ajuste de contador y plc de sobres	294
85	Ajuste de posición de rodillos zona de doblado	380
86	Ajuste fino de rodillos en área de doblado	358
87	Búsqueda de herramienta	183
88	Revisión de salida de sobre (LÍNEAS DE DOBLADO AJUSTE)	443
89	Ajuste en engomadoras a la salida del sobre	572
90	Corrida de verificación	1678
91	Limpieza al final de la actividad	1411
	TOTAL	22871

Fuente: Autor

2.2 Etapa 2: Clasificación de actividades y separación en internas y externas

2.2.1 Clasificación de actividades

Las actividades fueron clasificadas en 4 grupos, anteriormente mencionados, sin embargo, fue añadido otro correspondiente a tiempos muertos o tiempos de espera:

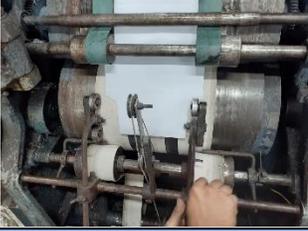
- Preparación
- Montaje y desmontaje
- Centrado y dimensionamiento
- Corrida de prueba y ajuste
- Tiempos muertos (Desperdicios)

A continuación, se detallan cada una de las actividades de cambios de formato en la máquina W26G, para sobres formato estándar y esquila. El proceso es el cambio de partes y ajustes para los diferentes tamaños de sobres de papel bond. Se ha resaltado cada actividad con un color que representa uno de los cinco grupos en lo cual ha sido clasificado.

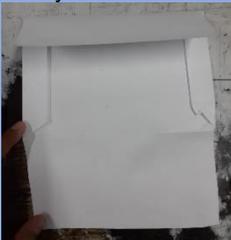
Tabla 2.7: Clasificación y descripción de actividades.

No.	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
1	LIMPIEZA PREVIA	Consiste en limpiar y ordenar el área de trabajo.
ACTIVIDADES DE CAMBIO		
2	Encendido línea	Para que los mecanismos se muevan que se puedan observar los pernos y tuercas.
3	Revisión zona engomado	Se revisa y limpia la zona de engomado.
4	Tiempo de espera	
5	Búsqueda de herramientas	
6	Ajuste de guía - Mesa	<p>En la mesa de alimentación se mueven las guías para que ingrese el nuevo formato de sobre.</p> 
7	Limpieza de área específica	Se limpia los alrededores del lugar en donde van a estar ubicados los nuevos formatos.

		
8	Ajuste de guía - Mesa	<p>En la mesa de alimentación se mueven las guías para que ingrese el nuevo formato de sobre.</p> 
9	Cambio de herramienta	Las guías tienen herramientas de ajustes diferentes.
10	Ajuste de guía - Mesa	<p>En la mesa de alimentación se mueven las guías para que ingrese el nuevo formato de sobre.</p> 
11	Cambio de llave hexagonal	
12	Búsqueda de galgas para ajuste y seteo para nuevos formatos	<p>La máquina tiene galgas para ajustar el tope de los diferentes formatos, pero no se encuentran codificadas, por lo que tuvo que buscar cuál de las galgas corresponde al nuevo formato.</p> 
13	Ajuste y seteo de guía para nuevos formatos	La mesa de alimentación tiene unas galgas para modificar un tope para los nuevos formatos
14	Traslado los nuevos formatos	Busca los nuevos formatos.
15	Comprobación de alineamiento en el corte del nuevo formato	Una vez que modifiqué la configuración de la mesa de alimentación verifico con un formato que las líneas y topes estén bien ubicados.
16	Ajuste fino con nuevo formato	Realiza un encendido de la máquina sólo en esa zona para verificar que los sobres fluyan sin sufrir ningún rozamiento ni se doblen.

		
17	Colocación de nuevos formatos	Ubica los nuevos formatos en la mesa de alimentación. 
Mesa de alimentación – Bandas y rodillos de arrastre		
18	Buscar llave de ajuste	
19	Ajuste de partes	
20	Revisión de área de tambores	Revisión y limpieza de los tambores y bandas.
21	Selección de herramientas	
22	Desajuste de pernos en guía de tambores	Antes de poder de desplazar los tambores a su nueva posición se desajustan estos pernos. 
23	Desplazamiento y fijación de tambores en nueva posición	Está en función de las medidas del formato a calibrar.
24	Activación de máquina en cada ajuste	Para ir ajustando uno a uno los tambores.
25	Desplazamiento de bandas	Se mueven las bandas a sus nuevas posiciones en función del nuevo formato de sobre.
26	Verificación de posición de bandas y rodillos	
27	Tiempo de espera	
Inicio cambio engomadoras - área engomado		
28	Elevación de rodillo transportador	Eleva el conjunto para acceder a las engomadoras. 
29	Búsqueda de herramientas	
30	Búsqueda de nueva herramienta	

31	Verificación de nueva herramienta	
32	Extracción de engomadoras	Retira las engomadoras de su eje. 
33	Desajuste pernos platina base	platina en donde se arrastra el sobre.
34	Extracción de platina	
35	Revisión de mecanismo de engomado	Revisa y limpia el área de engomadoras que suele tener restos de goma.
36	Lavado de platina	Limpia la toda la platina que tiene restos de goma debido al arrastre de los sobres engomados.
37	Secado de platina	
38	Recolocación de platina	Una vez que se lavó y seco la platina se la vuelve a colocar en su lugar ya que es la misma, independientemente del tipo de sobre con el que se trabaje.
39	Tiempo de espera	
40	Ajuste pernos de platina	Asegura la platina en su lugar.
41	Retirar guías	
42	Limpieza de guías	Limpia las guías que tienen restos de goma. 
43	Colocación de guías limpias	
44	ajuste de perno guías	
45	cambio engomadoras	Coloca engomadoras para nuevo formato de sobres.
46	Colocación de eje	Coloca el eje con las nuevas engomadoras.
47	Ajuste de pernos del eje	
48	Ajuste de guías de armado en el transportador del carrito	
49	Cambio de rodillos	Cambia los rodillos en el área de armado del sobre.
50	Tiempo de espera	
51	Ajuste de rieles en transportador por nuevo formato	Ajusta pernos de rieles en el transportador.
52	Búsqueda de herramienta (rodillos guías)	No tenía a mano los nuevos rodillos, los fue a buscar.
53	Retiro de rodillos guías	Retira los rodillos guías porque son para el formato anterior.
54	Colocación de nuevos rodillos guías y ajuste de pernos de nuevos rodillos	Coloca nuevos rodillos para el nuevo formato de sobre.
55	Toma de un formato de sobre nuevo	

56	Búsqueda de herramienta	
ACTIVIDADES DE CALIBRACIÓN		
ZONA DE RAYADO		
57	Ajuste de guías	Se posicionan las guías para el nuevo formato
58	Búsqueda de herramienta	
59	Ajuste fino zona rayado	Se revisan los sobres con las líneas de rayado y se modifica algún desplazamiento.
60	Colocación de nuevo formato en área de rayado	
61	Ajuste de rodillos de arrastre a marca seteada para cada formato	
62	Ajuste de rodillos zona de rayado	Se ajusta la posición de los rodillos.
63	Corrida de ajuste	Se verifica líneas de rayado en el sobre. 
64	Ajuste de bandas zona de arrastre	
65	Tiempo de espera	
66	Corrida de prueba sin engomado	Encendió la máquina para verificar el rayado en el sobre.
67	Ajuste en zona de mesa de alimentación	
68	Búsqueda de herramientas	
69	Ajuste de bandas y rodillos en mesa de alimentación	Al realizar la corrida de prueba se ajustan todas las bandas.
70	Retiro de estampa formato a cambiar	
71	Limpieza de rodillo de estampa	Se realiza la limpieza con solvente debido a que la estampa se sujeta con adhesivo, que debe ser retirado en su totalidad antes de colocar la nueva estampa.
72	Búsqueda de nueva estampa	Fue a ver a bodega la nueva estampa.
73	Colocación de nueva estampa	Se coloca nueva estampa.
74	Ajuste suministro de tinta y ubicación de estampa	al estar la máquina detenida la tinta se secó por lo que fue necesario colocar más.

75	Ajuste de bandas de arrastre (blancas) en mesa de alimentación	
76	Tiempo de espera	
77	Revisión rodillo engomadora mesa de alimentación.	Se limpió salpicaduras de goma alrededor del rodillo.
78	Tiempo de espera	
79	Colocación rodillo engomadora mesa de alimentación	
80	Limpieza de área cercana a rodillo engomadora	Se limpian salpicaduras de goma.
81	Mezcla de goma	
82	Colocación de goma en reservorio de alimentación	Se añadió más goma en el reservorio de la mesa de alimentación.
83	Tiempo de espera	
84	Ajuste de contador y plc de sobres	Los diferentes formatos de agrupan en diferentes cantidades, por lo cual es necesario configurar el plc del separador. 
85	Ajuste de posición de rodillos zona de doblado	
86	Ajuste fino de rodillos en área de doblado	Verificación de líneas de doblado en el sobre.
87	Búsqueda de herramienta	
88	Revisión de salida de sobre (LÍNEAS DE DOBLADO AJUSTE)	Revisa que las líneas de rayado del sobre este debidamente ubicadas.
89	Ajuste en engomadoras a la salida del sobre	Se revisa que no se generé exceso de goma en los sobres. 
90	Corrida de verificación	Activa todos los mecanismos y revisa que los sobres estén bien formados y no tengan excesos de goma.
91	Limpieza al final de la actividad	

Fuente: Autor

2.2.2 Separación de actividades internas y externas

Se identifica como externas las actividades que se realizan con la máquina encendida o mientras sigue produciendo y las internas las actividades que se realizan con la máquina detenida. En este caso, dado a las condiciones de operación de la máquina, todas las actividades que se realizan son internas, porque al realizar el cambio de formato se detiene totalmente la máquina, es decir se cierra la orden de producción anterior; con esto no se podría realizar alguna actividad mientras esta esté funcionando. Ver tabla 2.8.

Tabla 2.8: Separación de Actividades internas y externas

N°	ACTIVIDADES	Tiempo Estándar [Segundos]	CATEGORÍA		
			Interna	Externa	Observaciones
1	LIMPIEZA PREVIA	1762	X		Consiste en 15 min asignados por el supervisor, para que el operador ordene y limpie su área de trabajo, antes de empezar con el nuevo formato.
2	Encendido línea	56	X		
3	Revisión zona engomado	139	X		
4	Tiempo de espera	134	X		
5	Búsqueda de herramientas	121	X		
6	Ajuste de guía - Mesa	115	X		
7	Limpieza de área específica	89	X		
8	Ajuste de guía - Mesa	90	X		
9	Cambio de herramienta	89	X		
10	Ajuste de guía - Mesa	145	X		
11	Cambio de llave hexagonal	116	X		
12	Búsqueda de galgas para ajuste y seteo para nuevos formatos	118	X		
13	Ajuste y seteo de guía para nuevos formatos	193	X		
14	Traslado los nuevos formatos	143	X		
15	Comprobación de alineamiento en el corte del nuevo formato	123	X		
16	Ajuste fino con nuevo formato	169	X		
17	Colocación de nuevos formatos	120	X		
18	Buscar llave de ajuste	121	X		
19	Ajuste de partes	123	X		
20	Revisión de área de tambores	99	X		
21	Selección de herramientas	104	X		

22	Desajuste de pernos en guía de tambores	79	X		
23	Desplazamiento y fijación de tambores en nueva posición	158	X		
24	Activación de máquina en cada ajuste	138	X		
25	Desplazamiento de bandas	1062	X		
26	Verificación de posición de bandas y rodillos	187	X		
27	Tiempo de espera	214	X		
28	Elevación de rodillo transportador	44	X		
29	Búsqueda de herramientas	91	X		
30	Búsqueda de nueva herramienta	110	X		
31	Verificación de nueva herramienta	109	X		
32	Extracción de engomadoras	173	X		
33	Desajuste pernos platina base	200	X		
34	Extracción de platina	74	X		
35	Revisión de mecanismo de engomado	166	X		
36	Lavado de platina	268	X		
37	Secado de platina	28	X		
38	Recolocación de platina	88	X		
39	Tiempo de espera	126	X		
40	Ajuste pernos de platina	206	X		
41	Retirar guías	107	X		
42	Limpieza de guías	162	X		
43	Colocación de guías limpias	35	X		
44	ajuste de perno guías	47	X		
45	cambio engomadoras	152	X		
46	Colocación de eje	84	X		
47	Ajuste de pernos del eje	80	X		
48	Ajuste de guías de armado en el transportador del carrito	120	X		
49	Cambio de rodillos	251	X		
50	Tiempo de espera	154	X		
51	Ajuste de rieles en transportador por nuevo formato	106	X		
52	Búsqueda de herramienta (rodillos guías)	109	X		
53	Retiro de rodillos guías	169	X		
54	Colocación de nuevos rodillos guías y ajuste de pernos de nuevos rodillos	761	X		
55	Toma de un formato de sobre nuevo	31	X		
56	Búsqueda de herramienta	135	X		
57	Ajuste de guías	367	X		
58	Búsqueda de herramienta	213	X		
59	Ajuste fino zona rayado	316	X		
60	Colocación de nuevo formato en área de rayado	352	X		

61	Ajuste de rodillos de arrastre a marca seteada para cada formato	424	X		
62	Ajuste de rodillos zona de rayado	299	X		
63	Corrida de ajuste	372	X		
64	Ajuste de bandas zona de arrastre	246	X		
65	Tiempo de espera	283	X		
66	Corrida de prueba sin engomado	224	X		
67	Ajuste en zona de mesa de alimentación	340	X		
68	Búsqueda de herramientas	347	X		
69	Ajuste de bandas y rodillos en mesa de alimentación	289	X		
70	Retiro de estampa formato a cambiar	304	X		
71	Limpieza de rodillo de estampa	250	X		
72	Búsqueda de nueva estampa	200	X		
73	Colocación de nueva estampa	356	X		
74	Ajuste suministro de tinta y ubicación de estampa	504	X		
75	Ajuste de bandas de arrastre (blancas) en mesa de alimentación	519	X		
76	Tiempo de espera	357	X		
77	Revisión rodillo engomadora mesa de alimentación.	367	X		
78	Tiempo de espera	184	X		
79	Colocación rodillo engomadora mesa de alimentación	478	X		
80	Limpieza de área cercana a rodillo engomadora	393	X		
81	Mezcla de goma	406	X		
82	Colocación de goma de alimentación	418	X		
83	Tiempo de espera	313	X		
84	Ajuste de contador y plc de sobres	294	X		
85	Ajuste de posición de rodillos (doblado)	380	X		
86	Ajuste fino de rodillos en área de doblado	358	X		
87	Búsqueda de herramienta	183	X		
88	Revisión de salida de sobre (LÍNEAS DE DOBLADO AJUSTE)	443	X		
89	Ajuste en engomadores	572	X		
90	Corrida de verificación	1678	X		
91	Limpieza al final de la actividad	1411	X		Consiste en 15 min asignados por el supervisor, para que el operador ordene y limpie su área de trabajo, antes de empezar con el nuevo formato.
		Tiempos	24620	0	

Fuente: Autor

Como se muestra en la figura 2.10, se obtuvo que las actividades de preparación, ajuste posterior al proceso y verificación de materiales, herramientas, etc. consumieron el 23% del tiempo total. Las actividades de montaje y desmontaje de piezas un 31%. Las actividades de centrado y dimensionamiento un 2% del tiempo total. En las actividades de corrida de prueba y ajuste un 36 % del tiempo total y los tiempos muertos (desperdicios) corresponden a un 8% del tiempo.

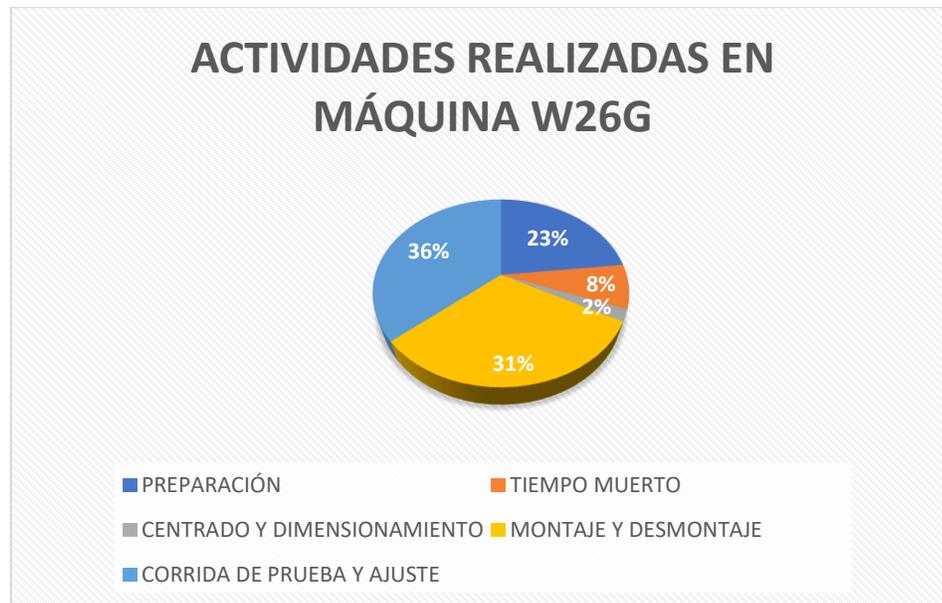


Figura 2.10: Actividades realizadas por la máquina W26G.

Fuente: Autor

2.3 Etapa 3: Convertir setups internos a externos y análisis de mejoras

2.3.1 Convertir setups internos a setups externos

Se analizaron una a una las actividades realizadas por el operador y se identificaron que el tiempo de cambio puede ser reducido de 24620 segundos (6 horas, 49 minutos, 48 segundos) a 20562 segundos (5 horas, 42 minutos, 36 segundos), siempre y cuando se logre eliminar los tiempos de espera, se conviertan actividades internas a externas, que pueden ser realizadas antes del cambio, se estandarice el proceso y se capacite al personal continuamente para que se encuentre comprometido con la reducción de tiempos de cambio de formato.

Tabla 2.9: Conversión de actividades.

N°	ACTIVIDADES	TIEMPO ESTANDAR	CATEGORIA	
			INTERNA	EXTERNA
1	LIMPIEZA PREVIA	1762		X
2	Encendido línea	56	X	
3	Revisión zona engomado	139	X	
4	Búsqueda de herramientas	121		X
5	Ajuste de guía - Mesa	115	X	
6	Limpieza de área específica	89	X	
7	Ajuste de guía - Mesa	90	X	
8	Cambio de herramienta	89		X
9	Ajuste de guía - Mesa	145	X	
10	Búsqueda de galgas para ajuste y seteo para nuevos formatos	118		X
11	Ajuste y seteo de guía para nuevos formatos	193	X	
12	Traslado los nuevos formatos	143		X
13	Comprobación de alineamiento en el corte del nuevo formato	123	X	
14	Ajuste fino con nuevo formato	169	X	
15	Colocación de nuevos formatos	120	X	
16	Buscar llave de ajuste	121		X
17	Ajuste de partes	123	X	
18	Revisión de área de tambores	99	X	
19	Selección de herramientas	104		X
20	Desajuste de pernos en guía de tambores	79	X	
21	Desplazamiento y fijación de tambores en nueva posición	158	X	
22	Activación de máquina en cada ajuste	138	X	
23	Desplazamiento de bandas	1062	X	
24	Verificación de posición de bandas y rodillos	187	X	
25	Elevación de rodillo transportador	44	X	
26	Búsqueda de herramientas	201		X
27	Verificación de nueva herramienta	109		X
28	Extracción de engomadoras	173	X	
29	Desajuste pernos platina base	200	X	
30	Extracción de platina	74	X	
31	Revisión de mecanismo de engomado	166	X	
32	Lavado de platina	268	X	
33	Secado de platina	28	X	
34	Recolocación de platina	88	X	
35	Ajuste pernos de platina	206	X	
36	Retirar guías	107	X	

37	Limpieza de guías	162	X	
38	Colocación de guías limpias	35	X	
39	Ajuste de perno guías	47	X	
40	Cambio engomadoras	152	X	
41	Colocación de eje	84	X	
42	Ajuste de pernos del eje	80	X	
43	Ajuste de guías de armado en el transportador del carrito	120	X	
44	Cambio de rodillos	251	X	
45	Ajuste de rieles en transportador por nuevo formato	106	X	
46	Búsqueda de herramienta (rodillos guías)	109		X
47	Retiro de rodillos guías	169	X	
48	Colocación de nuevos rodillos guías y ajuste de pernos de nuevos rodillos	761	X	
49	Toma de un formato de sobre nuevo	31	X	
50	Búsqueda de herramienta	135		X
51	Ajuste de guías	367	X	
52	Búsqueda de herramienta	213		X
53	Ajuste fino zona rayado	316	X	
54	Colocación de nuevo formato en área de rayado	352	X	
55	Ajuste de rodillos de arrastre a marca seteada para cada formato	424	X	
56	Ajuste de rodillos zona de rayado	299	X	
57	Corrida de ajuste	372	X	
58	Ajuste de bandas zona de arrastre	246	X	
59	Corrida de prueba sin engomado	224	X	
60	Ajuste en zona de mesa de alimentación	340	X	
61	Búsqueda de herramientas	347		X
62	Ajuste de bandas y rodillos en mesa de alimentación	289	X	
63	Retiro de estampa formato a cambiar	304	X	
64	Limpieza de rodillo de estampa	250	X	
65	Búsqueda de nueva estampa	200		X
66	Colocación de nueva estampa	356	X	
67	Ajuste suministro de tinta y ubicación de estampa	504	X	
68	Ajuste de bandas de arrastre (blancas) en mesa de alimentación	519	X	
69	Revisión rodillo engomadora mesa de alimentación.	367	X	
70	Colocación rodillo engomadora mesa de alimentación	478	X	
71	Limpieza de área cercana a rodillo engomadora	393	X	
72	Mezcla de goma	406		X
73	Colocación de goma en reservorio de alimentación	418	X	
74	Ajuste de contador y plc de sobres	294	X	

75	Ajuste de posición de rodillos zona de doblado	380	X	
76	Ajuste fino de rodillos en área de doblado	358	X	
77	Búsqueda de herramienta	183		X
78	Revisión de salida de sobre (LÍNEAS DE DOBLADO AJUSTE)	443	X	
79	Ajuste en engomadoras a la salida del sobre	572	X	
80	Corrida de verificación	1678	X	
81	Limpieza al final de la actividad	1411	X	
		Tiempos (segundos)	19997	2599

Fuente: Autor

La revisión minuciosa de todas las actividades antes descritas fue con el fin de ganar más tiempo productivo, es decir, hacer todas las preparaciones de repuestos y herramientas, mientras la máquina aún está en funcionamiento para que cuando ésta sea detenida se realicen los cambios necesarios, de modo que se pueda empezar a producir rápidamente. En este análisis los miembros del equipo de trabajo se reunieron para revisar una a una las actividades realizadas por el operador e identificar cuáles pueden ser externas, se realizó un diagrama causa-efecto para determinar cuáles son las posibles causas en la demora de los cambios de formato en la máquina W26G.

En el diagrama se consideró 4 categorías: herramientas, máquina, personal y turnos, como se muestra en la figura 2.10; y se consideró como efecto el problema anteriormente establecido.

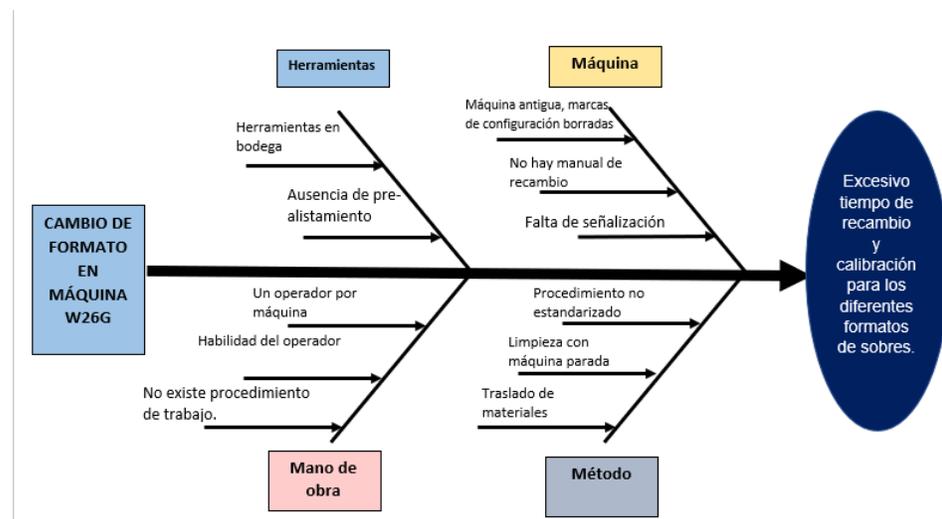


Figura 2.11: Diagrama Causa-efecto.

Fuente: Autor

En las siguientes tablas 2.10 hasta la 2.13, se detallan los “¿por qué?” de cada una de las causas escritas en el diagrama causa-efecto.

Tabla 2.10 Herramientas: En esta categoría las demoras se producen por: las herramientas se encuentran en bodega, ya que todas las herramientas de mantenimiento se encuentran custodiadas por bodega general a disposición de toda la planta, no existe pre-alistamiento en las actividades de recambio.

Tabla 2.10: Herramientas.

Herramientas	
Herramientas en bodega	Ausencia de pre-alistamiento
Por políticas de la empresa todas las herramientas se encuentran custodiadas en bodega	No existe lista de verificación previo al inicio de las actividades de recambio y calibración.

Fuente: Autor

Tabla 2.11 Máquina: La máquina W26G posee más de 25 años en funcionamiento, por lo que los manuales ya no existen, las marcas para modificar la posición de bandas y rodillos se han ido borrando con el paso del tiempo.

Tabla 2.11: Máquina.

Máquina		
Tiempo de vida de la máquina	No existe manual	Falta de señalización
La máquina al ser antigua sólo tiene un operador que tiene el tiempo en la empresa para saber cómo cambiar los diferentes tipos de formatos	Con el paso del tiempo, el manual de operación y mantenimientos han desaparecido por el cambio de operadores, supervisores, etc. del área.	La antigüedad y uso que ha tenido la máquina ha logrado que se le vayan borrando las marcas para mover rodillos, bandas, etc.

Fuente: Autor

Tabla 2.12 Mano de Obra: Sólo existe un operador capacitado (que conoce el funcionamiento y como realizar los cambios en la maquina W26G, él gestiona sus actividades debido a su experiencia y años de trabajo en la empresa, es decir, no existe ningún proceso, procedimiento o una capacitación formal.

Tabla 2.12: Mano de obra.

Mano de obra		
Un operador por máquina	Habilidad del operador	No existe procedimiento de trabajo
Por la antigüedad de la máquina solo existe un operador que conoce el funcionamiento.	Hacen actividades que no agregan valor al proceso.	El operador con su experiencia realiza el trabajo.
Existen actividades que pueden ser realizadas con un operador adicional para disminuir los tiempos de ejecución.	Procedimiento no estandarizado.	No hay nadie con la antigüedad necesaria que pueda elaborar un procedimiento.

Fuente: Autor

Tabla 2.13 Método: no existen procedimientos estandarizados para los cambios de formato, esto genera que realicen actividades como trasladar, buscar materiales y herramientas, entre otros, esto no agrega valor al proceso de cambio y se las puede realizar mientras la máquina está en funcionamiento.

Tabla 2.13: Método.

Método		
Proceso no estandarizado	Limpieza con la máquina parada	Traslado de materiales
Los trabajadores realizan sus labores por costumbre.	Mientras la máquina esta encendida hay componentes y partes que se pueden limpiar para la próxima orden de producción.	No se traslada los materiales antes de iniciar las actividades de cambio.
Los trabajadores se niegan a realizar cambios en su forma de trabajar.		Costumbres desarrolladas por operador debido a su tiempo en la empresa.
		Procedimiento no estandarizado.

Fuente: Autor

Para poder convertir las actividades internas a externas se consideró lo siguiente:

- Reevaluación de los pasos.
- Pre-alistamiento de repuestos y herramientas con la ayuda de un check list.
- Reducción de tiempo de ajustes: en este caso de estudio los ajustes representan el 25% del tiempo de preparación interna. Estos ajustes deben darse debido a que el cambio de formato requiere modificar ciertas piezas o partes de la máquina como bocines, tambores y bandas, en la actualidad se los realiza por prueba y error hasta que el operador considera que el producto sale de acuerdo con las especificaciones requeridas o en base a su experiencia cuando considera que está bien.
- Se partirá de la base de que los mejores ajustes son los que no son necesarios, por eso se puede optar por fijar o marcar posiciones para cada tipo de ajuste requerido. Copiando las mismas circunstancias del cambio anterior. Los ajustes precisan espacios y posiciones para los diferentes elementos que se ajustan, por lo cual se necesita estandarizar estas posiciones.

2.4 Etapa 4: Reducir los tiempos de las actividades internas y externas

En la etapa anterior se realizó el análisis de que actividades internas podrían ser clasificadas como externas, se estudió todas las actividades que realizó el operador en todos los cambios de formato observados. En esta etapa se realizará la implementación de las ideas propuestas y como afectan éstas al tiempo total de las operaciones de cambio de formato. Se debe considerar que las ideas planteadas podrían requerir una inversión económica, ya que se podría necesitar modificar o fabricar alguna pieza con el fin de reducir los tiempos de cambios de formato. Lo anteriormente mencionado depende de la máquina y disponibilidad económica de la empresa.

2.4.1 Propuestas de mejoras para reducir tiempos de cambios de formato a corto, mediano y largo plazo

Se realizaron reuniones con el equipo de trabajo para analizar cada una de las causas del diagrama causa-efecto, con el fin de proponer soluciones.

Se muestra en la tabla 2.14 las alternativas propuestas detallando las acciones de mejora y que tareas deben realizarse para la implementación de esas acciones, además del costo referencial, pero debido a que no todas las soluciones tienen que ver directamente con el operador si no con la situación económica de la empresa, algunas de estas soluciones han sido propuestas con un tiempo de ejecución de mediano plazo.

Tabla 2.14: Matriz de alternativas de mejora.

Alternativa	Acciones de mejora	Tarea	Costo referencial	Responsable	Plazo	Recursos	Responsable del seguimiento
A	Facilitar el acceso del operador a las herramientas de bodega.	Coordinar con el operador la entrega de las herramientas desde la bodega unas horas antes de iniciar el cambio de formato.	\$0	Supervisores	Corto	Humano	Coordinador de producción Supervisores
B	Check list	Elaborar Check list, con todos los repuestos y herramientas necesarias para el proceso de cambio de formato	\$0	Analista Supervisor Operador	Corto	Humano Financiero	Coordinador de producción Supervisores Operador
C	Fabricación de ejes con líneas guías para facilitar la calibración.	Codificar los formatos de sobres. Fabricar ejes nuevos, en los que se detallen las distancias a modificar para cada formato de sobre; en total son 9 ejes a los cuales se les modifica la posición de los bocines para las bandas de arrastre.	\$600	Analista Supervisores Operador	Mediano	Humano Financiero	Coordinador de producción Supervisores Operador

D	Entrenamiento del personal	Realizar un plan para entrenar al personal operativo y poder aumentar los conocimientos en la operación de cambios de formato en la W26G.	\$0	Analista Supervisores Operador	Mediano	Humano Financiero	Supervisores
E	Capacitaciones	Realizar capacitaciones al personal operativo en herramientas Lean para el mejoramiento de los procesos.	\$150	Supervisores	Mediano	Humano Financiero	Supervisores Coordinador de producción
F	Operador adicional	Incrementar un operador al proceso de cambios de formato que realice lavado de las partes de la máquina y limpieza de zonas específicas, para poder lograr el objetivo de reducir el tiempo en las operaciones de cambios de formato.	\$0 (Se debe analizar con el coordinador y el supervisor para asignar algún operador disponible que brinde soporte solo en las operaciones de cambio de formato)	Coordinador de producción	Mediano	Humano Financiero	Supervisores Operario principal Coordinador de producción

G	Crear procedimiento de trabajo	Elaborar un manual con todas las actividades, descritas paso a paso para poder seguir una secuencia en las actividades de calibración.	\$0	Analista Supervisores Operador	Mediano	Humano	Supervisores Operario principal Coordinador de producción
----------	--------------------------------	--	-----	--------------------------------------	---------	--------	---

Fuente: Autor

2.4.2 Criterios de evaluación para las propuestas de mejoras planteadas

Se definieron dos variables para realizar la evaluación de las propuestas, estas serán impacto de la propuesta y su implementación, dentro de lo cual se consideró: costo y tiempo de implementación.

Tabla 2.15: Impacto para el análisis de las alternativas de propuesta.

IMPACTO		Valoración
ALTO	Influye en la productividad de la máquina conformadora de sobres.	5
MEDIO	No incrementa la productividad directamente, sin embargo, es necesaria.	3
BAJO	Podría incrementar la productividad a largo plazo.	1

Fuente: Autor

Para la implementación se midió analizando los costos y el tiempo que se requerirá implementar estas propuestas, con la ayuda del coordinador y supervisor de producción se establecieron los siguientes valores:

Tabla 2.16: Criterios para costo de implementación.

COSTO		
1	ALTO	MAYOR A \$200
3	MEDIO	MENOR A \$200
5	BAJO	SIN COSTO

Fuente: Autor

Tabla 2.17: Criterio para tiempo de implementación.

TIEMPO PARA IMPLEMENTACIÓN	
1	MAYOR A 3 MESES
3	MENOS DE 1 MES
5	INMEDIATO

Fuente: Autor

2.4.3 Evaluación de las alternativas de propuestas de mejora

Se clasificó las alternativas, considerando los criterios antes mencionados. Se obtuvo como resultado la siguiente matriz (Ver tabla 2.18):

Tabla 2.18: Evaluación de factibilidad.

ALTERNATIVA	IMPACTO	IMPLEMENTACIÓN		FACTIBILIDAD
		Costos	Tiempo	TOTAL
A	5	5	5	125
B	3	5	5	75
C	5	1	3	15
D	5	5	3	75
E	3	3	3	27
F	3	5	3	45
G	5	5	3	75

Fuente: Autor

Ya que las alternativas de mejora han sido calificadas se las agrupó en la matriz de ponderación de alternativas, en esta matriz se ubica las alternativas basado en el impacto es alto o bajo y si la implementación de la alternativa es fácil o difícil.

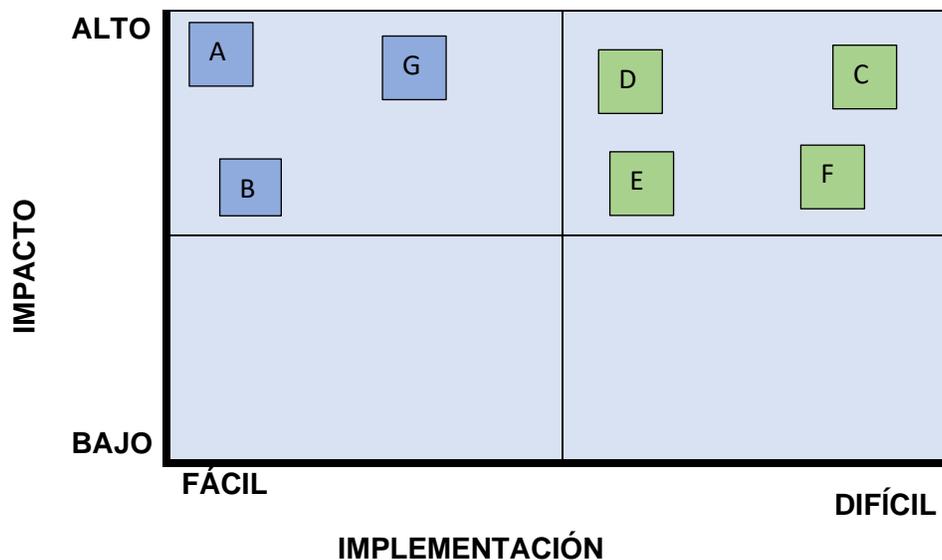


Figura 2.12: Matriz de evaluación de alternativas de mejora.

Fuente: Autor

Con la evaluación de factibilidad se obtuvo que las alternativas de mejoras propuestas más viables son las: A, B, D y G; es decir, gracias a su alto impacto y bajo costos y tiempos de implementación son las que pueden ser implementadas más rápidamente con el fin de reducir los tiempos de cambios y calibración en la máquina conformadora de sobres W26G.

De las alternativas que se analizaron y evaluado, posteriormente se detallará en que consistió su implementación.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se explicará la implementación de las mejoras planteadas en el capítulo anterior, serán consideradas las de corto plazo debido a que los recursos utilizados no son de naturaleza económica. Las mejoras planteadas a mediano plazo se dejarán propuestas y quedarán a criterio de la empresa su futura implementación.

3.1 Check list

Se elaboró un check list con el equipo de trabajo, el cual contiene las herramientas y repuestos necesarios para el cambio de formato, y de forma adicional tiene el grupo de actividades que se deben hacer antes del cambio de formato, las cuales forman parte de las actividades que fueron convertidas de internas a externas dentro de la etapa anterior.

#	ITEM	OBSERVACIONES	ESTADO
Check List CAMBIOS DE FORMATO			
MÁQUINA: W26G		FORMATO DE SOBRE: _____	
HORA DE INICIO: _____		HORA DE FIN: _____	
OPERADOR: _____		FECHA: _____	
1	LIMPIEZA PREVIA		<input type="checkbox"/>
1.1	LIMPIEZA DE BOCINES Y TAMBORES		<input type="checkbox"/>
1.2	LIMPIEZA MESA DE ALIMENTACION		<input type="checkbox"/>
1.3	LIMPIEZA ZONA DE ARRASTRE		<input type="checkbox"/>
1.4	LIMPIEZA ZONA DE ENGOMADORES		<input type="checkbox"/>
2	HERRAMIENTAS		
2.1	DESTORNILLADOR		<input type="checkbox"/>
2.2	LLAVE ALLEN #7		<input type="checkbox"/>
2.3	LLAVE ALLEN #10		<input type="checkbox"/>
2.4	LLAVE ALLEN #13		<input type="checkbox"/>
2.5	LLAVE ALLEN #17		<input type="checkbox"/>
2.6	LLAVE ALLEN #27		<input type="checkbox"/>
2.7	LLAVES HEXAGONALES		<input type="checkbox"/>
2.8	LLAVES DE AJUSTE		<input type="checkbox"/>
2.9	GALGAS PARA MESA DE ALIMENTACIÓN		<input type="checkbox"/>
2.10	ALICATE		<input type="checkbox"/>
2.11	ESTILETE		<input type="checkbox"/>
2.12	CINTA DE EMBALAJE		<input type="checkbox"/>
2.13	WD-40 (LUBRICANTE)		<input type="checkbox"/>
3	REPUESTOS		
3.1	ENGOMADORES		<input type="checkbox"/>
3.2	ESTAMPA		<input type="checkbox"/>
3.3	RODILLOS - AREA RAYADO		<input type="checkbox"/>
3.4	GUIAS		<input type="checkbox"/>
3.5	FORMATOS NUEVOS		<input type="checkbox"/>
3.6	RODILLOS - AREA ENGOMADO		<input type="checkbox"/>
3.7	GOMA (SOLAPA)		<input type="checkbox"/>
3.8	GOMA (CUERPO DE SOBRE)		<input type="checkbox"/>
Firma de operador: _____			

Figura 3.1: Formato de Checklist

Fuente: Autor

3.2 Implementación de mejoras

Las mejoras implementadas fueron la utilización del check list para realizar las actividades que fueron convertidas de internas a externas en los pasos anteriores y para tener listas las herramientas, partes y piezas (ver figura 2.12). Para este proyecto sólo fueron consideradas las mejoras a corto plazo, las mejoras planteadas a mediano plazo no fueron consideradas en esta implementación; debido a que este tipo de inversión requiere aprobación de la junta directiva.

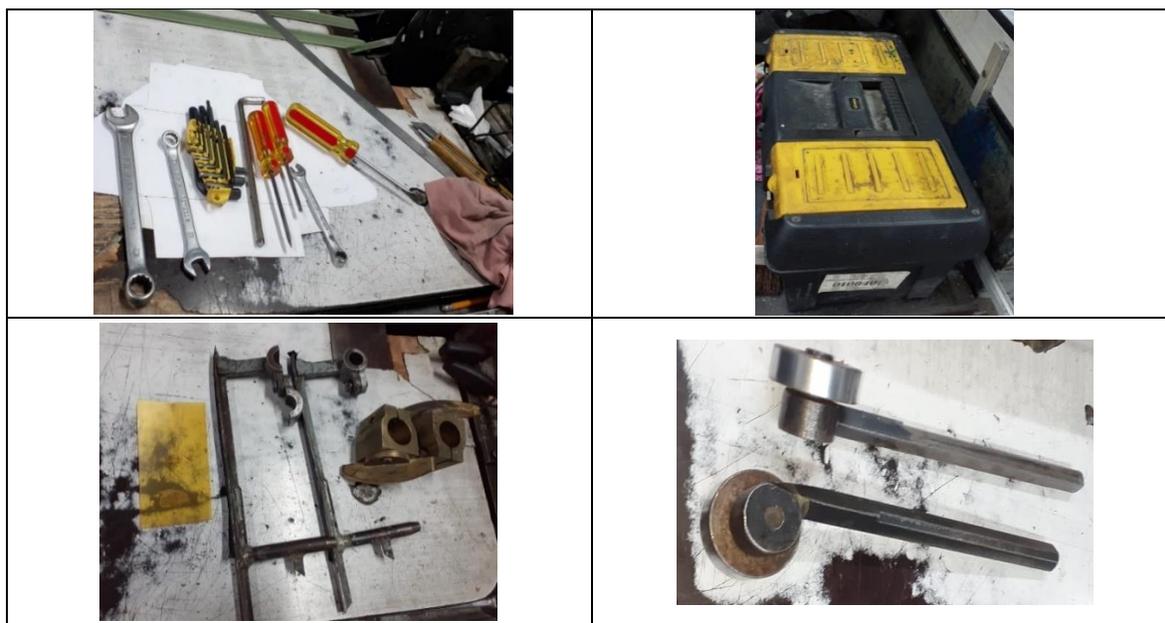


Figura 3.2: Pre-alistamiento de herramientas

Fuente: Autor

En la siguiente tabla 3.1, se tiene el registro de las 3 observaciones realizadas luego de la implementación de la metodología SMED.

Tabla 3.1: Tabla de registro de tiempos estándar de observaciones después de implementación de metodología SMED.

N°	ACTIVIDADES	TIEMPO ESTÁNDAR ANTERIOR [segundos]	TIEMPO ESTÁNDAR [segundos]		
			Observación 1	Observación 2	Observación 3
1	LIMPIEZA PREVIA	1762	0	0	0
2	Encendido línea	56	20	25	22
3	Revisión zona engomado	139	200	140	100

4	Búsqueda de herramientas	121	0	0	0
5	Ajuste de guía - Mesa	115	160	150	140
6	Limpieza de área específica	89	50	45	65
7	Ajuste de guía - Mesa	90	150	122	100
8	Cambio de herramienta	89	0	0	0
9	Ajuste de guía - Mesa	145	175	120	133
10	Búsqueda de galgas para ajuste y seteo para nuevos formatos	118	0	0	0
11	Ajuste y seteo de guía para nuevos formatos	193	185	142	123
12	Traslado los nuevos formatos	143	0	0	0
13	Comprobación de alineamiento en el corte del nuevo formato	123	10	12	24
14	Ajuste fino con nuevo formato	169	190	152	165
15	Colocación de nuevos formatos	120	20	24	22
16	Buscar llave de ajuste	121	0	0	0
17	Ajuste de partes	123	25	28	35
18	Revisión de área de tambores	99	180	125	143
19	Selección de herramientas	104	0	0	0
20	Desajuste de pernos en guía de tambores	79	120	75	68
21	Desplazamiento y fijación de tambores en nueva posición	158	250	147	165
22	Activación de máquina en cada ajuste	138	168	120	117
23	Desplazamiento de bandas	1062	1400	975	876
24	Verificación de posición de bandas y rodillos	187	250	150	144
25	Elevación de rodillo transportador	44	74	35	42
26	Búsqueda de herramientas	201	20	0	0
27	Verificación de nueva herramienta	109	100	98	79
28	Extracción de engomadores	173	186	142	158

29	Desajuste pernos platina base	200	160	142	153
30	Extracción de platina	74	95	74	76
31	Revisión de mecanismo de engomado	166	241	155	146
32	Lavado de platina	268	280	155	230
33	Secado de platina	28	20	25	23
34	Recolocación de platina	88	75	120	111
35	Ajuste pernos de platina	206	186	102	123
36	Retirar guías	107	50	45	44
37	Limpieza de guías	162	340	240	266
38	Colocación de guías limpias	35	45	35	28
39	Ajuste de perno guías	47	40	58	35
40	Cambio engomadores	152	163	175	168
41	Colocación de eje	84	95	88	95
42	Ajuste de pernos del eje	80	90	75	81
43	Ajuste de guías de armado en el transportador del carrito	120	130	142	120
44	Cambio de rodillos	251	246	274	257
45	Ajuste de rieles en transportador por nuevo formato	106	120	104	120
46	Búsqueda de herramienta (rodillos guías)	109	0	0	0
47	Retiro de rodillos guías	169	202	187	185
48	Colocación de nuevos rodillos guías y ajuste de pernos de nuevos rodillos	761	500	486	641
49	Toma de un formato de sobre nuevo	31	20	15	16
50	Búsqueda de herramienta	135	0	0	0
51	Ajuste de guías	367	200	175	188
52	Búsqueda de herramienta	213	0	0	0
53	Ajuste fino zona rayado	316	365	245	235

54	Colocación de nuevo formato en área de rayado	352	341	275	263
55	Ajuste de rodillos de arrastre a marca seteada para cada formato	424	210	310	244
56	Ajuste de rodillos zona de rayado	299	228	224	250
57	Corrida de ajuste	372	250	258	244
58	Ajuste de bandas zona de arrastre	246	634	341	238
59	Corrida de prueba sin engomado	224	222	175	154
60	Ajuste en zona de mesa de alimentación	340	258	247	196
61	Búsqueda de herramientas	347	0	0	0
62	Ajuste de bandas y rodillos en mesa de alimentación	289	250	274	219
63	Retiro de estampa formato a cambiar	304	250	175	155
64	Limpieza de rodillo de estampa	250	120	110	108
65	Búsqueda de nueva estampa	200	0	0	0
66	Colocación de nueva estampa	356	350	241	222
67	Ajuste suministro de tinta y ubicación de estampa	504	465	255	214
68	Ajuste de bandas de arrastre (blancas) en mesa de alimentación	519	351	341	360
69	Revisión rodillo engomadora mesa de alimentación.	367	200	245	204
70	Colocación rodillo engomadora mesa de alimentación	478	200	204	222
71	Limpieza de área cercana a rodillo engomadora	393	163	201	216
72	Mezcla de goma	406	220	105	82
73	Colocación de goma en reservorio de alimentación	418	205	214	158
74	Ajuste de contador y plc de sobres	294	194	104	111
75	Ajuste de posición de rodillos zona de doblado	380	200	189	158
76	Ajuste fino de rodillos en área de doblado	358	100	142	125
77	Búsqueda de herramienta	183	0	0	0

78	Revisión de salida de sobre (LÍNEAS DE DOBLADO AJUSTE)	443	291	241	195
79	Ajuste en engomadoras a la salida del sobre	572	591	475	641
80	Corrida de verificación	1678	200	147	254
81	Limpieza al final de la actividad	1411	0	0	0
	TOTAL	22644	14089	11437	11295

Fuente: Autor

3.3 Etapa 5: Estandarización

Como parte de la estandarización se elaboró el procedimiento del proceso de cambio de formato en la máquina W26G, y se realizará el seguimiento para observar si el nuevo estándar definido funciona.

En este procedimiento se detalló paso a paso las actividades que el operador debe realizar durante el cambio de formato, de esta forma se establece una única forma de realizar las actividades cada vez que sean ejecutadas.

En esta etapa se generará un orden en el trabajo, y se empezará a formar una rutina en el operador. El procedimiento de cambio de formato se realizó en conjunto con el operador de la máquina W26G y servirá como manual para operadores nuevos. (Ver ANEXO 4)

CONFORMADORA DE SOBRES W26G

Procedimiento estándar para cambios de formato (esquela, oficio y carta)

Área: Conformado de sobres
Elaborado por: Andrea Dávila

Páginas: 3
Fecha de elaboración: 10-08-2021
Fecha de revisión: 19-08-2021

1. Propósito:

Establecer los pasos a seguir durante los cambios de formato en el a W26g para mantener o mejorar el tiempo de cambio.

2. Alcance:

Este procedimiento está diseñado para el operador principal de la W26G y el personal asignado por el Coordinador o supervisor de producción.

3. Revisiones

Este procedimiento deberá ser revisado anualmente y antes en caso de que cambie alguna condición que afecte a la misma.

4. Referencias

No aplica

5. Registros

Checklist para máquina W26G

6. Anexos:

Instructivo: Modificación de bocines, rodillos y bandas

Figura 3.3: Procedimiento estándar para cambios de formato de la máquina conformadora de sobres W26G (página1)

Fuente: Autor

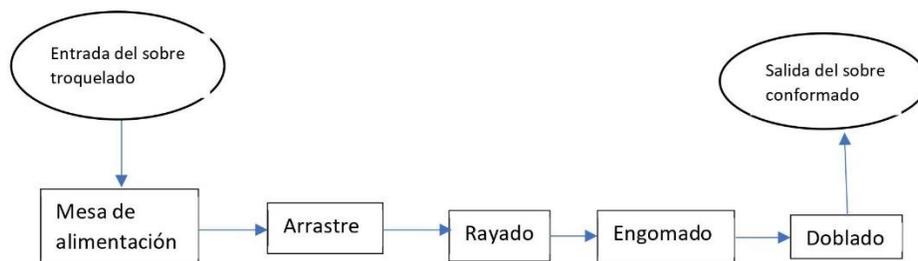
7. Procedimiento:

ANTES DEL CAMBIO

- El supervisor debe entregar la orden de producción nueva al operador.
- Antes que la máquina pare y pase el último sobre, el operador debe llenar el check list para cambios de formato en la W26G, y buscar anticipadamente las herramientas y repuestos listados.

DURANTE EL CAMBIO

Se debe seguir el siguiente esquema:



Ajustes:

- Mesa de alimentación:** Se debe realizar el ajuste de las guías de la mesa de alimentación, además el desplazamiento de todos los tambores, bandas y rodillos. Se debe retirar la estampa para poder limpiar el rodillo.
- Arrastre:** Se deben ajustar las bandas y rodillos para los nuevos formatos de sobres.
- Rayado:** se debe realizar el desplazamiento y ajuste de los rodillos para el rayado del sobre.
- Engomado:** Se debe iniciar limpiando el área de engomado y retirando los elementos: platina y guía para su respectiva limpieza que consiste en lavarlas con agua y detergente para retirar toda la goma que se adhirió. Luego retirar el eje con los engomadores para retirarlos, colocar los nuevos engomadores y volver a colocar el eje en su lugar.

Nota: Para todos los ajustes de bocines, bandas y rodillo, seguir estándar detallado en el ANEXO 1: MODIFICACIÓN DE BOCINES, RODILLOS Y BANDAS.

Calibración:

1. Se inicia realizando una corrida de prueba y así alimentar toda la máquina para poder verificar que todas las partes estén debidamente ajustadas y ubicadas.
2. Se coloca la nueva estampa en su lugar y se verifica que se ubica en lugar designado del sobre.

Figura 3.4: Procedimiento estándar para cambios de formato de la máquina conformadora de sobres W26G (Página 2)

Fuente: Autor

3. Se debe ajustar el suministro de goma (para la solapa) y tinta (para la estampa), luego se ajustarán las bandas al tamaño del sobre, se revisarán en la zona de arrastre de la máquina la ubicación de bandas, luego al área de rayado se verificará con un sobre que las líneas de rayado se encuentren correctamente ubicadas.
4. Se verificará que los engomadores estén en la posición correcta y que el suministro de goma para el cuerpo del sobre se encuentra listo; todas estas verificaciones se las realizan observando los sobres a la salida.
5. Por último, se debe configurar el plc con el contador para armar grupos con 40 o 50 sobres cada uno, esto depende del tipo de formato con el que se va a trabajar.

DESPUÉS DEL CAMBIO

1. Una vez que el operador verifica que el sobre cuente con la cantidad de goma apropiada y uniformemente distribuida en la solapa.
2. Se verifica que las líneas de rayado y doblado son las requeridas por el formato, y que el cuerpo del sobre se encuentra con el adhesivo suficiente sin excesos.
3. El mismo operador que buscó las herramientas y suministros debe guardarlas nuevamente en la caja de herramientas.
4. La zona de trabajo debe quedar completamente limpia (este tiempo no se considerará por que se los realizará cuando la máquina se encuentre produciendo con normalidad).

Elaborado por: Ing. Andrea Dávila

Revisado por:

Aprobado por:

Figura 3.5: Procedimiento estándar para cambios de formato de la máquina conformadora de sobres W26G (Página 3)

Fuente: Autor

3.4 Resultados

Para analizar los resultados obtenidos después de la implementación de la metodología SMED en la máquina conformadora de sobres W26G, se realizó un estudio de tiempos, para el cual fueron realizadas 3 observaciones después de que el proceso fue estandarizado.

El promedio de las 3 observaciones realizadas es 12274 segundos (3.4 horas) en comparación al tiempo estándar observado antes de la implementación de 22644 segundos (6.3 horas), representando una reducción del 46% aproximadamente.

El porcentaje de reducción se ve marcado por la conversión de actividades y la reducción de tiempos muertos. Se analizó con el equipo de trabajo que aspectos se pueden seguir mejorando para seguir reduciendo el tiempo de cambio de formato y se obtuvieron las siguientes observaciones:

- La limpieza de los ejes en la zona de engomado se realiza con un estilete, esto representa un riesgo para el operador y a la vez es un procedimiento poco eficiente para la limpieza. Se solicitará al supervisor la compra de una espátula que sea asignada al operador para los cambios de formato en la W26G.
- En la zona de engomado se generan salpicaduras de goma que se adhieren a elementos como la platina y las guías, las cuales deben ser limpiadas en cada cambio de formato; la goma al estar tanto tiempo sobre los elementos se endurece lo cual dificulta su remoción y es necesario remojarlas para ablandar la goma. Actualmente esta actividad la realiza el mismo operador, pero para el segundo cambio se solicitará al supervisor un operador secundario que cumpla con esta actividad y de esa forma reducir el tiempo destinado a la limpieza de estas partes y el operador principal podrá continuar con el resto del cambio de formato en paralelo.

Adicionalmente, se desarrolló una prueba de hipótesis utilizando el software MINITAB, para determinar si la media de las observaciones anteriores difiere de los datos observados después de la implementación de la metodología SMED. La estimación de la diferencia es la reducción de los tiempos correspondientes a 12009 segundos, considerando un intervalo de confianza del 80%. La ventaja de un nivel de confianza más bajo del usual es que se obtiene un intervalo de confianza más estrecho y más preciso. La desventaja es que se está menos seguro de que el intervalo de confianza contiene el parámetro de población de interés. Entonces, se reduce el nivel de confianza solo si, la ventaja de una mayor precisión supera a la desventaja de un menor grado de certeza.

Por ejemplo, no se dan los cambios de formato necesarios para aumentar el tamaño de la muestra en nuestro estudio, disminuir el nivel de confianza reducirá la longitud del intervalo a expensas de perder algo de confianza.

Estimación de la diferencia:

Diferencia	IC de 80% para la diferencia
12009	(5672; 18347)

Hipótesis

H₀: El tiempo estándar promedio que toma realizar los cambios de formato es igual en el proceso sin implementación y con la implementación de la metodología SMED.

H₁: El tiempo estándar promedio que toma realizar los cambios de formato NO es igual en el proceso sin implementación y con la implementación de la metodología SMED.

Prueba:

Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
Valor T	GL	Valor p
2,80	5	0,038

Se obtuvo un valor p menor a 0.2, por lo cual se rechaza H₀, a favor de H₁, es decir, los tiempos estándar promedio que toma realizar los cambios de formato NO es igual en el proceso sin implementación y con la implementación de la metodología SMED. Se elaboró una gráfica de valores individuales, nos ayuda a identificar más fácilmente valores atípicos, se muestra cada valor de forma separada.

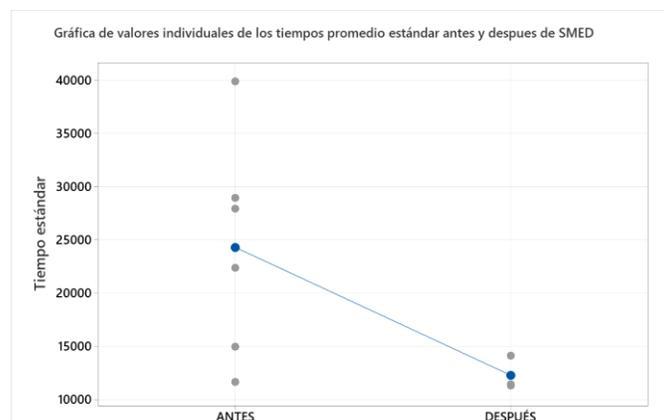


Figura 3.6: Gráfica de valores individuales de los tiempos promedios estándar antes y después de SMED.

Fuente: Autor

Se muestra a continuación el gráfico en que se detalla la disminución del promedio de los tiempos estándar para cambios de formatos antes y después de la implementación de SMED. Como se puede observar hay una tendencia de disminución en los tiempos promedios después de la implementación de la metodología.

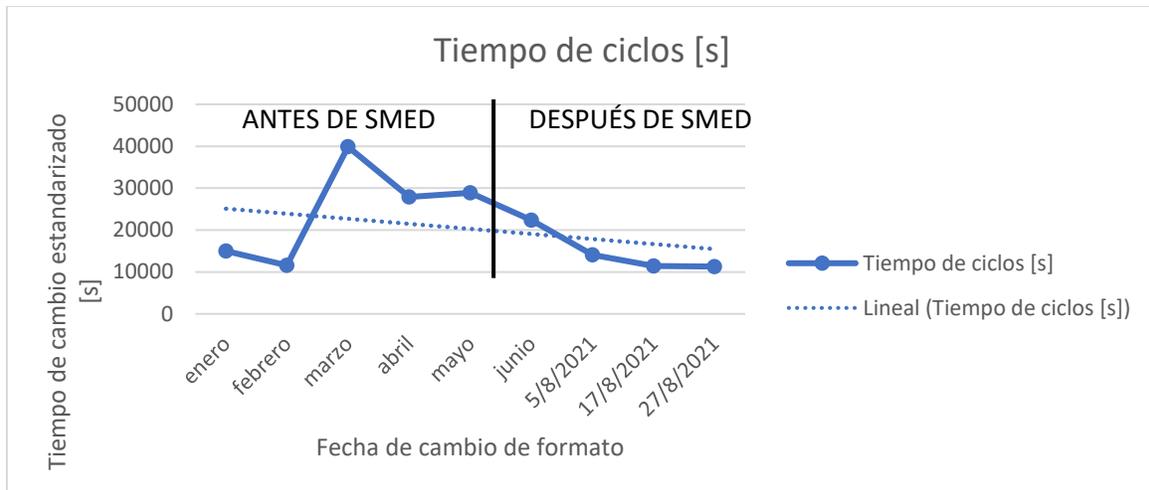


Figura 3.7: Gráfica de tiempos estandarizados antes y después de la implementación de SMED.

Fuente: Autor

3.5 Análisis financiero

A continuación, se detallan los gastos y costos asociados a la implementación de las mejoras planteadas. Se analizaron las propuestas que necesiten recursos económicos de la empresa, ya que el resto puede ser implementado sin incurrir en gastos.

Tabla 3.2: Detalle de costo por presupuesto.

Análisis financiero de implementación			
Propuestas	Costo	Cantidad	Costo total
Fabricación de ejes con líneas guías	\$66.00	9	\$600.00
Capacitaciones	\$ 150	1	\$150.00
TOTAL			\$750.00

Fuente: Autor

En base a los datos proporcionados por la empresa se hace una aproximación de los ingresos que se generan debido a la aplicación de la metodología SMED en la máquina conformadora de sobres W26G:

- Sobres: oficio, carta y esquila.
- Costo/ unidad: \$0.02
- Promedio producción de enero a junio del 2021 [sobres/hora]: 12000
- Cambios de formato por mes (promedio): 4

Tabla 3.3: Detalle de cálculo de ingreso potencial por mes.

DESCRIPCIÓN	VALOR
Tiempo estándar anterior a implementación de SMED [horas]	6,3
Tiempo estándar después de implementación de SMED [horas]	3,4
Tiempo ahorrado con implementación [horas]	2,9
Unidades producidas / hora	12000
Promedio de cambios de formato/ mes	4
Costo/unidad [USD]	\$0,02
Unidades producidas en tiempo ahorrado	34800
Ingreso potencial/ cambio [USD]	\$696,00
Ingreso potencial/mes [USD]	\$2.784,00

Fuente: Autor

Como resultado, se obtiene que se puede generar un ingreso potencial de \$2784.00 por mes, gracias a la implementación de SMED, considerando las horas que se disminuyeron en los cambios de formato y el promedio de la producción por hora.

Con este valor ahorrado por mes, se podría implementar las propuestas descritas en la tabla 3.1. Con un costo de implementación de \$750.00, se obtiene un costo-beneficio de \$0.26.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Gracias a la aplicación de la metodología SMED en la máquina conformadora de sobres W26G, se logró reducir en 46% el tiempo estándar de cambios de formato que se tenía en los últimos 6 meses, superando el objetivo planteado que era del 20%, incrementando la producción mensual de la máquina.
- Se identificaron los tiempos muertos, que representaban un 8% del tiempo estandarizado que se tienen en los cambios de formato y se implementaron propuestas para llegar a un 0% de tiempos muertos; esto se lo logró gracias a la creación, socialización y aplicación del procedimiento de trabajo.
- Se clasificaron las actividades por subgrupos en la preparación de máquina (36%), Montaje y desmontaje de partes (31%), corrida de prueba y ajuste (23%), Tiempos muertos (8%), centrado y dimensionamiento de partes (2%), todas estas actividades se las realizaban con la máquina detenida.
- Con la ayuda del coordinador de producción, el supervisor del área y el operador; se realizó un diagnóstico inicial de las partes y procesos asociados a los cambios de formato, se documentó en videos los cambios iniciales para poder cronometrar los tiempos de cada actividad.
- En la etapa de estandarización se elaboró un procedimiento y se realizó un seguimiento en la implementación de este teniendo registros de tiempos cronometrados en 3 cambios de formato para la máquina W26G.
- En base al análisis financiero desarrollado, con el ahorro de tiempo generado por la aplicación del SMED, se lograría producir 34800 sobres más en cada cambio de formato, en donde si consideramos 4 cambios de formato al mes, se generaría un ingreso adicional de \$2784.00 al mes. Por políticas de privacidad de la empresa sólo se muestra la cifra total obtenida gracias a la implementación de la metodología.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un estudio de riesgos laborales en la planta, debido a que existen herramientas poco apropiadas que utilizan los operadores para realizar sus actividades.
- Gestionar la aprobación para la fabricación de ejes nuevos que cuenten con la señalización apropiada que permita visualizar correctamente las marcas a las cuales deben desplazarse los bocines, y así en conjunto con el procedimiento estandarizado pueda realizarse los cambios de formato de una forma más eficiente y rápida.
- Socializar los resultados continuamente con el operador de la máquina W26G con el fin de que pueda observar, analizar y autoevaluar su desempeño. Durante el tiempo en el que se implementó y controló el proceso se evidenció que el operador comentaba que podía seguir mejorando para el siguiente cambio, generando un mejor ambiente ya que su trabajo fue reconocido y sus opiniones tomadas en cuenta.
- Mejorar el control de calidad de la materia prima utilizada, ya que ésta generaba inconvenientes en la continuidad de la producción de la máquina W26G.
- Continuar con la implementación de la metodología en otras máquinas o líneas de producción, de esta forma se inculcará el mejoramiento continuo y se incrementará la productividad en toda la planta.

ANEXOS

ANEXO 1

ESTUDIO DE TIEMPOS

Fechas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
LIMPIEZA PREVIA		1	1	900	10	59	74	10	13	11	15	7	15	5	26	114	79	46	134	10	8	50	7	17
Desplazamiento y fijación de tornillos en guía de tornillos		2	3	1052	14	50	108	20	19	42	13	0	44	25	30	69	63	20	149	12	5	49	46	20
Activación de máquina de bandas y rodillos		3	4	800	15	20	55	74	35	15	15	0	43	113	12	107	41	12	64	9	10	35	18	30
Desplazamiento de posición de bandas y rodillos		4	5	1200	6	40	48	12	10	68	11	0	40	10	30	39	65	12	44	4	12	49	10	30
Elevación de rodillo transportador		5	6	1350	4	11	60	11	7	35	21	0	98	3	15	97	94	33	123	3	16	17	11	24
Búsqueda de herramienta		6	7	1250	85	107	81	115	131	47	32	63	146	82	53	165	118	147	175	117	78	43	107	139
Búsqueda de nueva herramienta		7	8	988	75	99	117	130	72	92	82	116	78	144	112	91	29	99	149	80	157	129	158	119
Verificación de nueva herramienta		8	9	785	11	81	82	100	76	69	39	88	55	103	34	100	124	123	43	133	115	123	39	113
Extracción de tornillos en base		9	10	988	21	115	84	36	150	75	109	141	62	147	91	132	54	153	111	116	118	100	115	136
Desajuste de pernos en guía de tornillos		10	11	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		11	12	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		12	13	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		13	14	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		14	15	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		15	16	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		16	17	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		17	18	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		18	19	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		19	20	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		20	21	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		21	22	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		22	23	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		23	24	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		24	25	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		25	26	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		26	27	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		27	28	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		28	29	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		29	30	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		30	31	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		31	32	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		32	33	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		33	34	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		34	35	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		35	36	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		36	37	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		37	38	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		38	39	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		39	40	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		40	41	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		41	42	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		42	43	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		43	44	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		44	45	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		45	46	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		46	47	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		47	48	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		48	49	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		49	50	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		50	51	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		51	52	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		52	53	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		53	54	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		54	55	1064	20	109	79	20	49	55	40	84	18	10	120	134	146	62	189	27	117	114	83	87
Desajuste de pernos en guía de tornillos		55	56	908	15	120	81	118	56	153	83	75	137	25	152	105	47	39	122	117	119	84	55	97
Desajuste de pernos en guía de tornillos		56																						

ANEXO 2

SISTEMA DE WESTINGHOUSE

Este método evalúa cuatro factores: habilidad, esfuerzo, condición y consistencia.

Tabla 10-2 Sistema de calificación de habilidades de Westinghouse

+ 0.15	A1	Superior
+ 0.13	A2	Superior
+ 0.11	B1	Excelente
+ 0.08	B2	Excelente
+ 0.06	C1	Bueno
+ 0.03	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
- 0.05	E1	Aceptable
- 0.10	E2	Aceptable
- 0.16	F1	Malo
- 0.22	F2	Malo

Fuente: Lowry, et al. (1940), pág. 233.

Tabla 10-3 Sistema de calificación de esfuerzo de Westinghouse

+ 0.13	A1	Excesivo
+ 0.12	A2	Excesivo
+ 0.10	B1	Excelente
+ 0.08	B2	Excelente
+ 0.05	C1	Bueno
+ 0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
- 0.04	E1	Aceptable
- 0.18	E2	Aceptable
- 0.12	F1	Malo
- 0.17	F2	Malo

Fuente: S. M. Lowry, et al. (1940) p. 233.

Tabla 10-4 Sistema de calificación de condiciones de Westinghouse

+ 0.06	A	Ideal
+ 0.04	B	Excelente
+ 0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
- 0.03	E	Aceptable
- 0.07	F	Malo

Fuente: S. M. Lowry, et al. 1940, p233.

Tabla 10-5 Sistema de calificación de consistencia de Westinghouse

+ 0.04	A	Perfecta
+ 0.03	B	Excelente
+ 0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio
- 0.02	E	Aceptable
- 0.04	F	Mala

Fuente: S. M. Lowry, et al. (1940) p. 233.

Fuente: Autor

ANEXO 3

SUPLEMENTOS

Tabla 11-2 Suplementos recomendados por ILO	
A. Suplementos constantes:	
1. Suplemento personal	5
2. Suplemento por fatiga básica	4
B. Suplementos variables:	
1. Suplemento por estar de pie	2
2. Suplemento por posición anormal:	
a. un poco incómoda	0
b. incómoda (agachado)	2
c. muy incómoda (tendido, estirado)	7
3. Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, jalar o empujar):	
Peso levantado, en libras:	
5	0
10	1
15	2
20	3
25	4
30	5
35	7
40	9
45	11
50	13
60	17
70	22
4. Mala iluminación:	
a. un poco abajo de la recomendada	0
b. bastante menor que la recomendada	2
c. muy inadecuada	5
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad) – variable	0-100
6. Atención requerida:	
a. trabajo bastante fino	0
b. trabajo fino o preciso	2
c. trabajo muy fino y muy preciso	5
7. Nivel de ruido:	
a. continuo	0
b. intermitente –fuerte	2
c. intermitente –muy fuerte	5
d. de tono alto –fuerte	5
8. Estrés mental:	
a. proceso bastante complejo	1
b. atención compleja o amplia	4
c. muy compleja	8
9. Monotonía:	
a. nivel bajo	0
b. nivel medio	1
c. nivel alto	4
10. Tedio:	
a. algo tedioso	0
b. tedioso	2
c. muy tedioso	5

Fuente: Autor

ANEXO 4

INSTRUCTIVO: PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR

INSTRUCTIVO

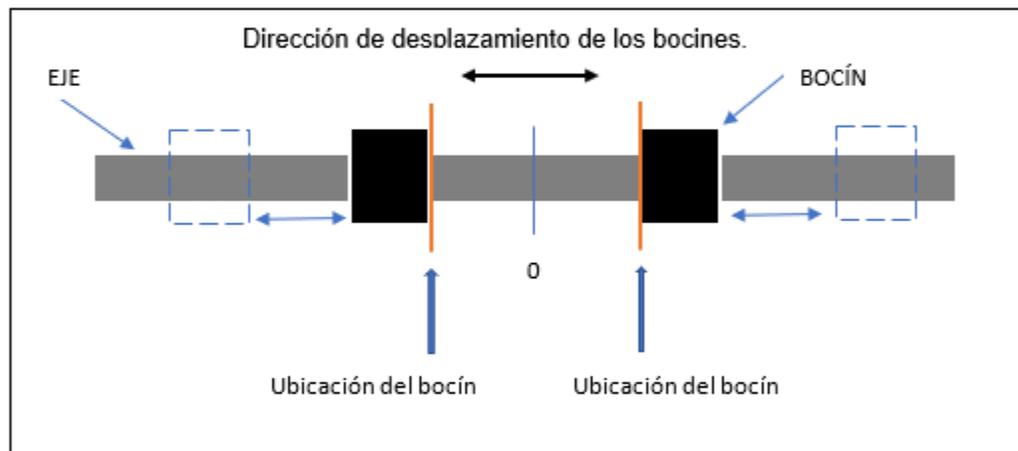
MODIFICACIÓN DE BOCINES Y RODILLOS

La máquina conformadora de sobres W26G maneja 3 tipos de formatos de sobres los cuales son listados a continuación:

1. Oficio
2. Carta
3. Esquela

Para realizar la calibración para los diferentes formatos:

1. Se muestra un bosquejo del sistema, conformado por un eje y dos bocines, encima de estos bocines es en donde se encuentran ubicadas las bandas, que a su vez son las que transportan los sobres a lo largo de toda la máquina.



La posición en la que se deben ubicar los bocines está definida para cada tipo de sobre, se muestra a continuación una tabla con las posiciones estandarizadas para los diferentes formatos para los ejes.

Codificación	Ubicación	Desplazamiento de los bocines para cada tipo de sobre		
		OFICIO	CARTA	ESQUELA
EJE N° 1	Mesa De Alimentación	24 cm	16 cm	17.5 cm
EJE N° 2	Mesa De Alimentación	24 cm	16 cm	17.5 cm
EJE N° 3	Mesa De Alimentación	24 cm	16 cm	17.5 cm
EJE N° 4	Arrastre	24 cm	16 cm	17.5 cm

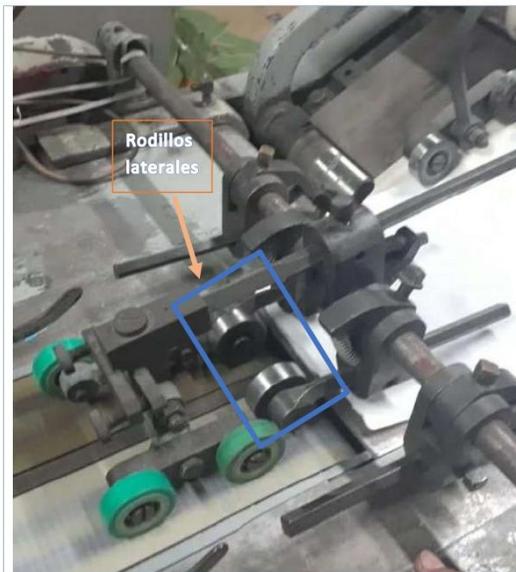
Se muestra la ubicación en de los ejes dentro de la máquina, para su fácil ubicación:

Codificación	Imagen
EJE N° 1	
EJE N° 2	
EJE N° 3	



2. Luego se debe modificar los rodillos de la zona de arrastre:

Imagen	Descripción
	<p>1. Posición vertical de los rodillos para sobres ESQUELA y CARTA</p>



- Para el sobre OFICIO:
1. Debe modificarse la posición de los rodillos (de VERTICAL a HORIZONTAL).
 2. Retirar los rodillos laterales.

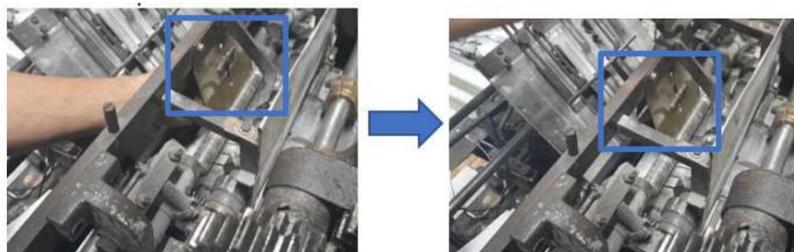
3. Para la zona de doblado y engomado, la modificación debe ser realizada en conjunto con el volante de la máquina. El volante se lo utiliza para lograr la configuración deseada acorde al tipo de sobre, una vez que se fijo la posición se utiliza la herramienta de ajuste para fijarlo.

Imagen	Configuración para calibración					
		<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1045 1373 1159 1400">Esquela</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1045 1400 1159 1428">Oficio</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1045 1428 1159 1449">Carta</td> </tr> </table>	Esquela	Oficio	Carta	
Esquela						
Oficio						
Carta						
<p>Se debe ajustar en conjunto con el volante de la máquina y la herramienta de ajuste.</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="813 1373 932 1400">1</td> <td data-bbox="937 1373 1040 1400">11.5</td> </tr> <tr> <td data-bbox="813 1400 932 1449"></td> <td data-bbox="937 1400 1040 1449">9</td> </tr> </table>	1	11.5		9	
1	11.5					
	9					

4. Se debe modificar los rodillos que realizan el doblez lateral del sobre, el cual debe estar ubicado en 17.5 cm.

Imagen	Configuración para calibración
	
	<p>Se debe colocar el bocín en la ubicación 17.5, para sobre tipo esquila, y para sobres tipo oficio y carta en la ubicación 17.</p>

5. Modificar la altura a la salida del sobre, esta varía para los diferentes sobres, sin embargo, no hay guías marcadas si no que se configura colocando el sobre encima de la platina y subiendo o bajando la placa tope.



Fuente: Autor

BIBLIOGRAFÍA

- Correa, F. G. (2007). Revista Panorama Administrativo Año 1 No. 2 enero-junio 2007 85
MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING). PRINCIPALES HERRAMIENTAS .
Panorama Administrativo , 96-100.
- García Alcaraz, J. L. (2017). *Kaizen Planning, Implementing and Controlling*. Portugal:: Springer
International Publishing.
- Guerrero Gutierrez, E. M., & Zuñiga Garrido, G. C. (2019). REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE
PREPARACIÓN DE UNA LÍNEA DE ENVASADO. *Revista de la Escuela de Estudios de
Postgrado*, 25-31.
- Guerrero Gutiérrez, E. M., & Zuñiga Garrido, G. C. (2019). REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE
PREPARACIÓN DE UNA LÍNEA DE ENVASADO. *Revista de la Escuela de Estudios de
Postgrado*, 25-31.
- Karam, A.-A. L. (2017). The Contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease
in the pharmaceutical industry. A SMED project. *1th International conference
Interdisciplinarity in Engineering*. Rumania.
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2004). *Ingeniería industrial Métodos, estándares y diseños de
trabajo*. Mc Graw Hill.
- Sablón Cossío, N. (2017). Capacidad Productiva de una industria láctea del Puyo, Ecuador. *Revista
ECA Sinergia*8, 31-43.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Connecticut: Productivity
Press.