

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

" Reducción del tiempo de cambio de formato en el proceso de impresión de rollos
para fundas plásticas "

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIERAS INDUSTRIALES

Presentado por:

Gisella Mabel Macias Parrales

Emely Stefanía Quishpi Sapa

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios por mantener conmigo a mi familia y darme la oportunidad de llegar a esta etapa de mi vida.

A mi madre por su gran esfuerzo y sacrificio por permitirme estudiar una carrera, a mi padre y mis hermanos por su apoyo incondicional.

A mis profesores, tutora de tesis M.Sc. María Fernanda López y amigos por todos los momentos compartidos.

Emely Quishpi S.

A Dios por darme perseverancia para cumplir esta meta.

A mi familia por su amor, paciencia y soporte durante mi formación como persona y profesional.

A mis profesores, tutora de tesis M.Sc. María Fernanda López y amigos por todos los momentos compartidos.

Gisella Macias P.

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la Materia Integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Autora 1: Emely Stefania Quishpi Sapa

Autora 2: Gisella Mabel Macías Parrales

Tutora: M. Sc. María Fernanda López Sarzosa

Y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL*.


Emely Stefania Quishpi Sapa

Autora 1


Gisella Mabel Macías Parrales

Autora 2


M.Sc. María Fernanda López Sarzosa
Tutora de Materia Integradora

RESUMEN

El presente proyecto se realiza en una industria plástica, ubicada en la ciudad de Guayaquil, en el proceso de cambio de formato de la impresora flexográfica Novagraf del área de impresión. Con el fin de incrementar la disponibilidad del tiempo de producción de la compañía, se debe reducir el tiempo de cambio de formato, por lo tanto, se establece como objetivo reducir este tiempo en un 10%.

Este trabajo se desarrolla en base a la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die), su enfoque radica en la reducción del tiempo de cambio. El proyecto comenzó con la recolección de datos, en las que se definieron dos variables de estudio: tiempo de ciclo del cambio de formato y la carga laboral de los operadores mientras la máquina se encuentra operando. Se realizó el estudio de tiempo para conocer la situación actual del cambio de formato, y a la vez, se identificaron las actividades críticas mediante el uso del diagrama de Pareto. El muestreo de trabajo muestra el tiempo disponible que tienen los operadores mientras se desarrolla el proceso de impresión. Mediante la búsqueda de las causas se encontró que el personal no contaba un procedimiento estandarizado y esto originaba la variabilidad del tiempo de cambio de formato. Con el objetivo de reducir el tiempo de ciclo se definieron las actividades internas y externas, se propusieron las mejoras y posteriormente, se realizó la implementación y el análisis costo-beneficio.

Durante la fase de implementación se capacitó al personal sobre el nuevo procedimiento de cambio de formato, registro del control de los formatos de tinta, herramientas y tiempos perdidos. Se realizó una semana de prueba piloto, para verificar la eficacia del procedimiento estandarizado y cómo influye en el tiempo de cambio de formato. Se determinó una reducción del 17.14%, obteniendo un tiempo promedio de 87 minutos. Finalmente se evaluó el beneficio del proyecto a través del cálculo de la producción extra y se obtuvo un ingreso de \$ 10 352.34.

Palabras Clave: Tiempo de cambio de formato, procedimiento estandarizado, SMED (Single Minute Exchange of Die), estudio de tiempo.

ABSTRACT

The present project was performed in a plastics company in the city of Guayaquil, in the flexographic printing press Novagraf, located in the printing area. In order to increase the availability of production time of the company, it is necessary to reduce the changeover time, therefore, it is set as objective to reduce this time by 10%.

This work is based on SMED (Single Minute Exchange of Die) methodology, which focuses on reducing changeover time. The project started with data collection, in which two study variables were defined: the cycle time of the changeover and the work load of the operators while the machine is operating. The time study was carried out to know the current situation of the changeover, and at the same time, the critical activities were identified through the use of Pareto chart. A working sample was developed to know the available time that the operators have while developing their tasks in the printing process. Through the search of the causes it was found that the personnel did not have a standardized procedure and this originated the variability of the changeover time. In order to reduce the cycle time, internal and external activities were defined, improvements were proposed, and implementation and cost-benefit analysis were performed.

During the implementation phase, staff were trained on the new changeover procedure, ink mixing control, tools control and lost times format. A week of pilot testing was conducted to verify the effectiveness of the standardized procedure and how it influences the changeover time. A reduction of 17.14% was determined, obtaining an average time of 87 minutes. Finally, the benefit of the project was evaluated through the calculation of the extra production and an income of \$ 10 352.34 was obtained.

Keywords: *Time of changeover, standardized procedure, SMED (Single Minute Exchange of Die), time and motion study.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE anexos	XI
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	1
1.1.1 Herramienta 5W	2
1.1.2 Necesidades del cliente	2
1.1.3 Diagrama de Pareto	3
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo General	4
1.2.2 Objetivos Específicos	4
1.3 Marco teórico.....	4
1.3.1 Metodología SMED	4
1.3.2 Herramientas exploratorias	6
1.3.3 Flexografía	7
1.3.4 Matriz esfuerzo- impacto.....	7
1.3.5 Muestreo de trabajo	8
CAPÍTULO 2.....	9

2.	Metodología	9
2.1	Análisis de la Situación Actual	10
2.1.1	Medición de la situación actual	10
2.1.2	Levantamiento de información	11
2.1.3	Descripción del Proceso de Cambio de Formato	13
2.1.4	Estudio de tiempos.....	16
2.2	Análisis de causas	21
2.2.1	Diagrama Ishikawa.....	21
2.2.2	Pareto del tiempo de las actividades.....	26
2.3	Posibles soluciones de las causas	31
2.3.1	Análisis de la factibilidad de las soluciones.....	33
2.3.2	Plan de implementación de soluciones	35
2.4	Implementación de mejoras.....	38
2.4.1	Muestreo de trabajo	38
2.4.2	Implementación de SMED.....	42
2.4.3	Herramientas y equipos	48
2.4.4	Control de tinta	49
2.4.5	Control de tiempos perdidos	49
CAPÍTULO 3.....		51
3.	Resultados	51
3.1	Costo-Beneficio	55
CAPÍTULO 4.....		58
4.	Discusión y conclusiones	58
4.1	Conclusiones	58
4.2	Recomendaciones	59
Bibliografía.....		60

ANEXOS..... 61

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
SMED	Single-Minute Exchange of Die
VOC	Voice of customer
5W	Methodology Five Whys
ANAV	Analysis of Variance.
LSC	Límite Superior de Control
LIC	Límite Inferior de Control
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer
ILO	International Labour Organization

SIMBOLOGÍA

hrs	horas
s	segundo
min	minutos
Kg	kilogramos
μ	media
σ	desviación estándar
H_0	hipótesis nula
H_1	hipótesis alterna
p_f	proporción final
max	máximo
min	mínimo
med	medio

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Metodología 5W.....	2
Figura 1.2 Metodología VOC	3
Figura 1.3 Diagrama de Pareto.....	3
Figura 2.1 Metodología del Proyecto	9
Figura 2.2 Comportamiento del Tiempo de Cambio	10
Figura 2.3 Bodega de Solventes.....	11
Figura 2.4 Máquina Montadora.....	12
Figura 2.5 Bodega de Anilox y Porta-cireles.....	12
Figura 2.6 Mesa de Aprobación.....	13
Figura 2.7 Informe de resumen estadístico.....	18
Figura 2.8 Distribución de Probabilidad	18
Figura 2.9 Diagrama de cajas.....	19
Figura 2.10 Análisis de Varianza	19
Figura 2.11 Prueba Tukey	20
Figura 2.12 Diagrama Tukey.....	20
Figura 2.13 Diagrama Causa – efecto	22
Figura 2.14 Pareto de actividades del cambio de formato	27
Figura 2.15 Matriz impacto – esfuerzo.....	30
Figura 2.16 Gráfica de control de la proporción de no trabajo de las mediciones	41
Figura 2.17 Gráfica de control de la proporción de no trabajo de las mediciones	42
Figura 2.18 Procedimiento Estandarizado	45
Figura 2.19 Capacitación al personal.....	46
Figura 2.20 Capacitación al analista de operaciones.....	46
Figura 2.21 check-list de las actividades de cambio y pre-cambio	47
Figura 2.22 Check list de las actividades de cambio y pre-cambio.....	48
Figura 3.1 Prueba de normalidad.....	52
Figura 3.2 Diagrama de Cajas	52
Figura 3.3 Prueba de diferencia de media.....	53
Figura 3.4 Tiempo estandarizado de las actividades de cambio de formato	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Etapas del SMED.....	5
Tabla 2-1 Tipos de Cambio de Formato	16
Tabla 2-2 Tiempo de ciclo.....	17
Tabla 2-3 Tiempo de cambio de formato en segundos.....	17
Tabla 2-4 Identificación de Actividades.....	21
Tabla 2-5 Método.....	23
Tabla 2-6 Administración	23
Tabla 2-7 Personal.....	24
Tabla 2-8 Máquina	25
Tabla 2-9 Materiales	26
Tabla 2-10 Posibles soluciones de Procedimiento y ANAV	31
Tabla 2-11 Posibles soluciones de Mezclado	32
Tabla 2-12 Posibles soluciones Anilox.....	32
Tabla 2-13 Posibles soluciones Búsqueda de materiales y herramientas	33
Tabla 2-14 Criterios de factibilidad.....	33
Tabla 2-15 Factibilidad de soluciones.....	34
Tabla 2-16 Plan de implementación.....	36
Tabla 2-17 Actividades del periodo de operación	38
Tabla 2-18 Datos obtenidos de la prueba piloto.....	39
Tabla 2-19 Muestreo del período de operación	40
Tabla 2-20 Muestreo del período de operación	41
Tabla 2-21 Clasificación de actividades.....	43
Tabla 2-22 Conversión de Actividades Internas a Externas	44
Tabla 3-1 Datos de prueba piloto.....	51
Tabla 3-2 Valor de suplementos	54
Tabla 3-3 Base de Datos Gerente de producción.....	55
Tabla 3-4 Promedio mensual.....	56
Tabla 3-5 Reducción de tiempo	56
Tabla 3-6 Tiempo extra	56
Tabla 3-7 Incremento de producción	57

Tabla 3-8 Beneficio monetario	57
Tabla 3-9 Costos de implementación.....	57

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A	Layout del área de impresión
ANEXO B	Diagrama de flujo del proceso de cambio de formato
ANEXO C	Formato de control de tiempos
ANEXO D	Formato de control de herramientas
ANEXO E	Formato de control de mezclado de tintas
ANEXO F	Layout del área de impresión con locaciones para los materiales de cambio de trabajo
ANEXO G	Registro de estudio de tiempo
ANEXO H	Tiempo promedio de las actividades
ANEXO I	Guía Operativa – Actividades de cambio de trabajo
ANEXO J	Guía Operativa – Actividades de cambio de trabajo
ANEXO K	Guía Operativa – Actividades de pre-cambio de trabajo
ANEXO L	Guía Operativa – Actividades de pre-cambio de trabajo
ANEXO M	Carta de compromiso
ANEXO N	Manual del proceso de cambio de trabajo
ANEXO O	Diapositivas de capacitación

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se basa en la implementación del sistema SMED en el proceso de cambio de formato, realizada en la impresora Flexográfica de una empresa dedicada a la producción de empaques plásticos con y sin impresión, fundada en el año de 1994, ubicada en el Km. 10 ½ vía a Daule “Urbanización Expogranos”.

Previo al desarrollo de la técnica SMED en el proceso seleccionado, es necesario levantar el proceso actual y realizar un estudio de tiempo, con el fin de conocer la situación actual y obtener un estimado del tiempo de ciclo de dicho proceso, para contrastarlo con el que se obtendrá después de la implementación de la técnica SMED.

El objetivo principal es estandarizar el proceso de cambio de formato con el fin de reducir en un 10% el tiempo empleado en las actividades que abarca dicho proceso.

Para el desarrollo del proyecto se obtuvo la colaboración del gerente de producción, los operadores, ayudantes, personal de mantenimiento, personal de calidad, jefe de impresión y analista de operaciones, quienes fueron de gran ayuda en la identificación de las causas de la variabilidad del tiempo de cambio de formato y sus respectivas soluciones.

Después de identificar las causas y proponer las mejoras, se realizaron capacitaciones sobre el procedimiento estandarizado del cambio de formato y los formatos de control de: tinta, tiempos perdidos y herramientas. A la fecha de finalización del proyecto se logró reducir el 17.14% del tiempo de cambio de formato.

1.1 Descripción del problema

La empresa no se encuentra conforme con la variabilidad que presenta el tiempo del proceso de cambio de formato en el área de impresión, desde la adquisición de la impresora flexográfica en el año 2008. Según datos

históricos desde el mes de enero hasta mayo del presente año, el tiempo promedio del proceso de cambio de formato fue de (1.76 ± 0.94) horas.

1.1.1 Herramienta 5W

Para determinar el problema presentado se hizo uso de la herramienta 5W como se muestra en la Figura 1.1:

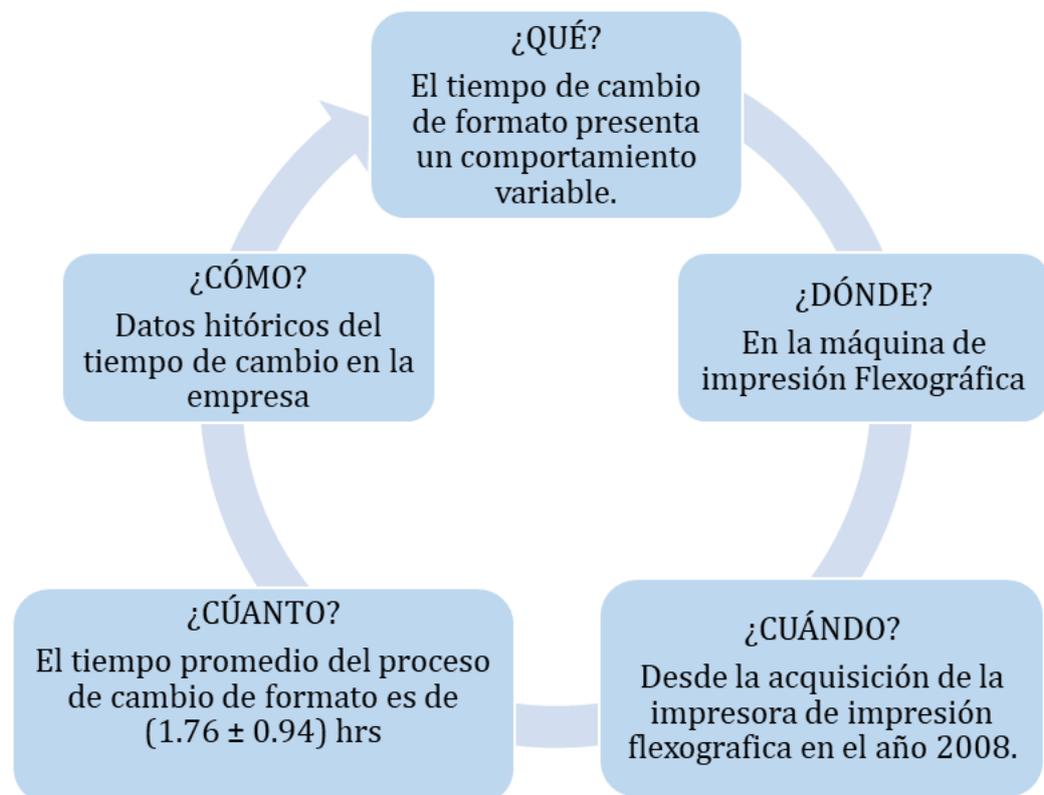


Figura 1.1 Metodología 5W

Fuente: Elaboración propia.

1.1.2 Necesidades del cliente

Mediante la herramienta Voice of Customer, se recolectó información a través de entrevistas al personal encargado del área de impresión y del área de producción sobre los requerimientos y expectativas del proyecto. A continuación, se presenta el diagrama de afinidad en la Figura 1.2.

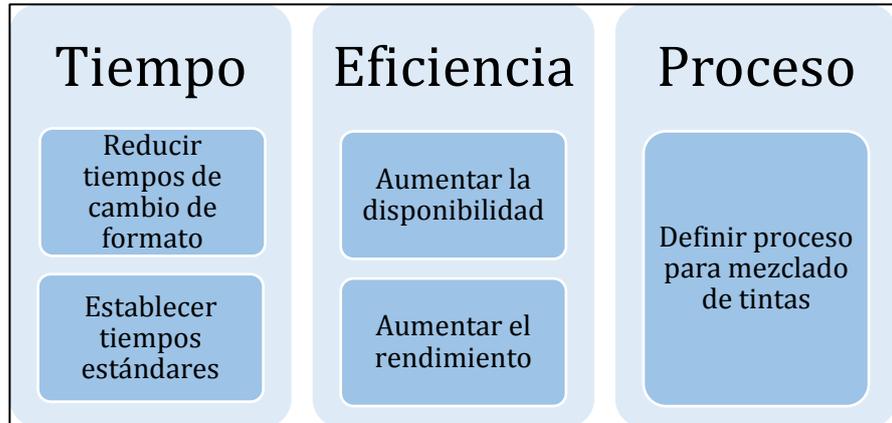


Figura 1.2 Metodología VOC

Fuente: Elaboración propia.

1.1.3 Diagrama de Pareto

En la Figura 1.3 se presenta el diagrama de Pareto de los tiempos no productivos de la empresa, en el que se obtiene que la mayor parte del tiempo pertenece al proceso de cambio de formato.

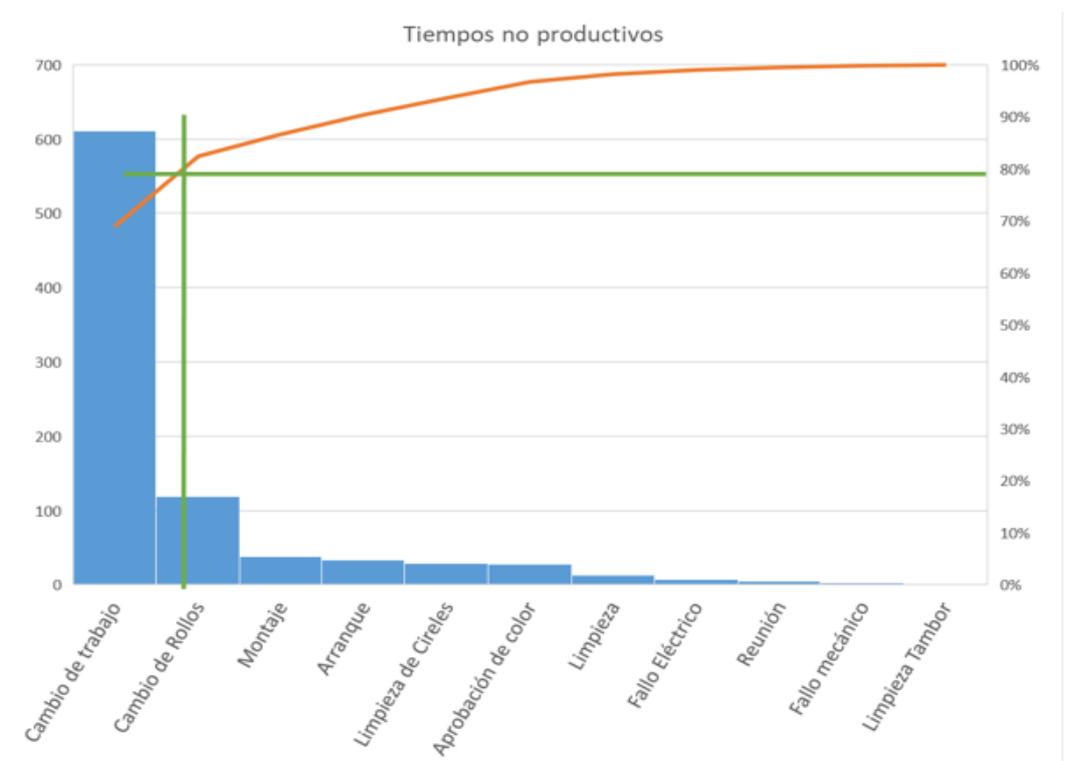


Figura 1.3 Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Reducir el tiempo promedio de cambio de formato en un 10%, en el proceso de impresión en una empresa de producción de fundas plásticas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual de la empresa para recopilar información del proceso de impresión a través de entrevistas y observación.
- Investigar las causas del problema planteado mediante el uso de herramientas exploratorias para determinar factores críticos.
- Reducir el tiempo promedio de cambio de formato a través de la implementación de la metodología SMED.
- Medir los resultados de la implementación para demostrar el cumplimiento del objetivo principal propuesto.
- Realizar un análisis costo-beneficio para determinar la factibilidad de la implementación de las propuestas de mejora.

1.3 Marco teórico.

1.3.1 Metodología SMED

SMED es una metodología que persigue la reducción de los tiempos de preparación de máquina. Esta se obtiene estudiando detalladamente el proceso e incorporando cambios radicales en la máquina, utillaje, herramientas e incluso el propio producto, que disminuyan tiempos de preparación. Estos cambios implican la eliminación de ajustes y estandarización de operaciones a través de la instalación de nuevos mecanismos de alimentación/retirada/ajuste/centrado rápido como plantillas y anclajes funcionales. (Juan Hernández, 2013).

Operaciones internas: aquellas actividades que se realizan con las máquinas paradas.

Operaciones externas: aquellas actividades que se pueden realizar antes de realizar la parada, o bien después de la parada de las máquinas. (Juan Hernández, 2013)

Etapas de la implementación SMED

En la tabla 1.1 se detalla las cuatro etapas de la implantación del proyecto SMED.

Tabla 1-1 Etapas del SMED

<u>ETAPAS</u>	<u>ACTUACIÓN</u>
1.-Etapa preliminar	Estudio de la operación de cambio
2.-Primera etapa	Separar tareas internas y externas
3.-Segunda etapa	Convertir tareas internas en externas
4.-Tercera etapa	Perfeccionar las tareas internas y externas

Fuente: TOYOTA Productivity Press, 1989

1.- Etapa preliminar

En esta etapa se realiza un análisis detallado del proceso inicial de cambio con las siguientes actividades:

- Registrar los tiempos de cambio:
 - Conocer la media y la variabilidad.
 - Escribir las causas de la variabilidad y estudiarlas.
- Estudiar las condiciones actuales del cambio:
 - Análisis con cronómetro.
 - Entrevistas con operarios (y con el preparador).
 - Grabar en vídeo.
 - Mostrarlo después a los trabajadores.
 - Sacar fotografías.

2.- Primera etapa: Separar las tareas internas y externas

Se debe realizar un listado de las actividades secuenciales realizadas durante el set up, para poder identificar cuáles son internas (realizadas

durante un paro de máquina) y externas (ejecutadas durante la operación normal de la máquina).

3.- Segunda etapa: Convertir tareas internas en externas

La idea es que al tiempo en el cual el sistema no agrega valor, se le considera como desperdicio; por lo tanto, se requiere de su eliminación.

4.- Tercera etapa: perfeccionar las tareas internas y externas

El objetivo de esta etapa es perfeccionar los aspectos de la operación de preparación, incluyendo todas y cada una de las operaciones elementales (tareas externas e internas). (Juan Hernández, 2013)

1.3.2 Herramientas exploratorias

Son herramientas utilizadas para detectar causas de problemas en procesos o sistemas de trabajo; existen una gran variedad y su uso depende del tipo de datos que se puede obtener, a continuación, se detalla dos tipos de herramientas exploratorias que se usarán para el desarrollo del proyecto. (Niebel, 2009)

Diagrama de Flujo

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de la secuencia de etapas, operaciones, movimientos, esperas, decisiones y otros eventos que ocurren en un proceso. (Niebel, 2009)

Diagrama de Ishikawa

Consiste en una representación o esquema en el que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar y en las espinas secundarias se van determinando las diferentes causas-raíces que contribuyen al problema. (Niebel, 2009)

Diagrama de Pareto

El principio de Pareto, también conocido como la regla 80 -20 enunció en su momento que "el 20% de la población, poseía el 80% de la riqueza". (Niebel, 2009)

1.3.3 Flexografía

La flexografía es un sistema directo de impresión rotativa en el que se emplean planchas flexibles, en alto relieve, que transfieren la imagen directamente de la plancha a cualquier tipo de sustrato. (Jesús Anguita, 2011)

Al principio del proceso se prepara la plancha flexible mediante un tratamiento de luz UV, ya que el material del que está hecho la plancha es fotosensible. Se elabora a partir de un negativo altamente contrastado de la imagen, que se coloca sobre el material fotosensible. El negativo y la luz UV modelan la plancha creando zonas de alto relieve en la superficie de ésta. (Jesús Anguita, 2011)

La plancha se coloca en el rodillo portaplancha, dentro de la máquina impresora. Una vez colocada, se entinta al entrar en contacto con otro rodillo llamado anilox (de cerámica o acero). A lo largo de la superficie de este rodillo se distribuyen miles de pequeñas cavidades donde se alojará la tinta que, al girar, entintará directamente las zonas que están en relieve de plancha flexible. Tras ser entintada, la plancha sigue girando en su rodillo y entra en contacto directo con el sustrato a imprimir. (Jesús Anguita, 2011)

1.3.4 Matriz esfuerzo- impacto

Es una herramienta que permite establecer prioridades al momento de escoger la solución más adecuada tomando en cuenta dos criterios: a) nivel de dificultad para implementar la solución; b) nivel de impacto de beneficios al momento de resolver el problema (Patón, 2009)

1.3.5 Muestreo de trabajo

Es una técnica que se utiliza para investigar las proporciones del tiempo total dedicada a las diversas actividades que componen una tarea, actividades o trabajo, mediante muestreo estadístico y observaciones aleatorias, el porcentaje de aparición de determinada actividad. Los resultados del muestreo sirven para determinar tolerancias o márgenes aplicables al trabajo para evaluar la utilización de las máquinas y para establecer estándares de producción entre sus aplicaciones. (Niebel, 2009).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se presenta las diferentes fases que tiene el proyecto iniciando con el análisis del proceso de cambio de formato en la impresora flexográfica. Para el desarrollo del proyecto se utilizó la siguiente metodología como se muestra en la figura 2.1:

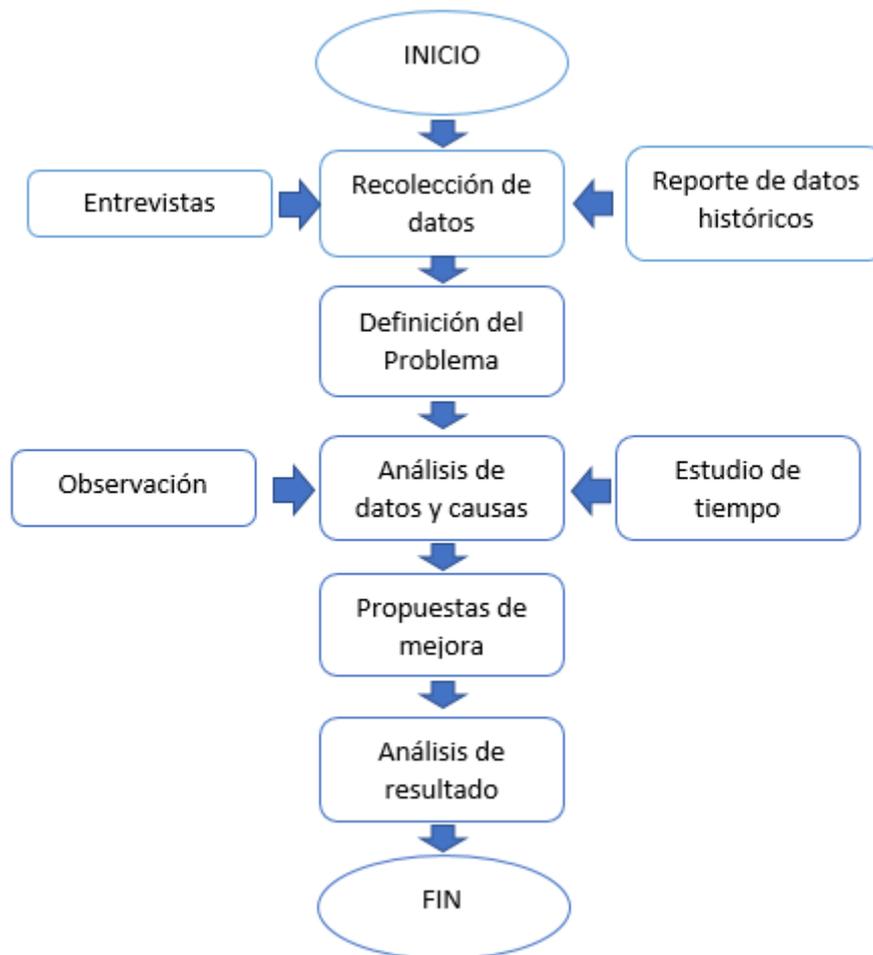


Figura 2.1 Metodología del Proyecto

Fuente: Elaboración propia.

2.1 Análisis de la Situación Actual

2.1.1 Medición de la situación actual

Para determinar el comportamiento del tiempo actual del proceso de cambio de formato, se solicitó a la empresa el Control Diario de Impresión, de donde se extrajo los tiempos de cambio de formato del mes de abril del 2017, como se muestra a continuación en la figura 2.2:

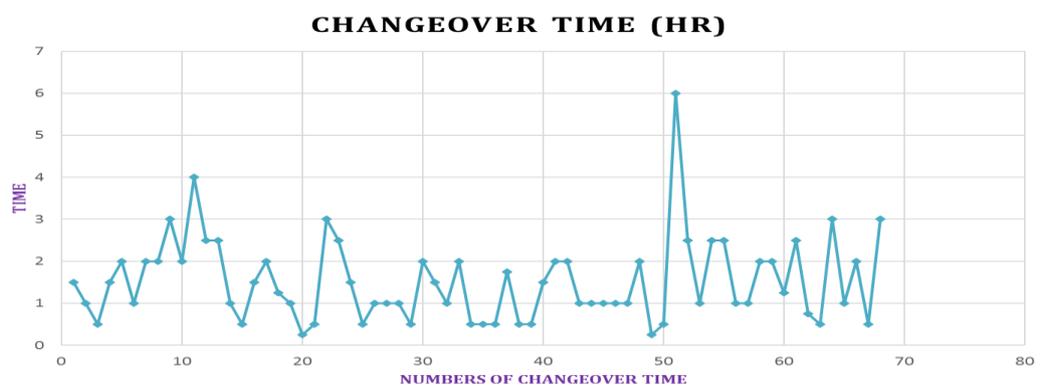


Figura 2.2 Comportamiento del Tiempo de Cambio

Fuente: Elaboración propia.

Posterior, se validó la información registrada en la base de datos de los tiempos de cambio de formato con los reportes físicos desde el mes de enero hasta el mes de mayo del 2017. Se pudo observar una diferencia considerable de tiempo entre el reporte físico y el registro en el Excel. Las causas de la disimilitud son:

- El gerente de producción realiza ajustes al registrar los tiempos de cambio de formato en el documento del Control Diario de Impresión, estos ajustes se basan en su experiencia o el tiempo que él supervisa.
- Los operadores no tienen un formato para registrar los tiempos de las actividades durante el proceso de cambio de formato e impresión.

- Los operadores no registran el tiempo de la misma manera que el Gerente de producción almacena en la base de datos.
- Los operadores no registran en el informe de producción el tiempo exacto de sus actividades.

Por dichas razones, se procedió a realizar un estudio de tiempo para determinar el tiempo del proceso actual de cambio de formato.

2.1.2 Levantamiento de información

Detalle de las áreas donde se realiza diferentes actividades que forman parte del proceso de cambio de formato.

✓ **Bodega de tintas**

En la figura 2.3 se muestra el área utilizada para el almacenamiento de tintas nuevas, usadas y solventes.



Figura 2.3 Bodega de Solventes

Fuente: Elaboración propia

✓ **Área de montaje**

Espacio utilizado para la preparación del montaje del cirel en el portacirel, como se muestra en la figura 2.4:



Figura 2.4 Máquina Montadora

Fuente: Elaboración propia.

✓ **Bodega de cilindros Porta - cireles y rodillos anilox**

En la figura 2.5 se muestra el almacenamiento de cilindros porta-cireles y rodillos anilox que se han utilizado después de la impresión.



Figura 2.5 Bodega de Anilox y Porta-cireles

Fuente: Elaboración propia

✓ **Área de aprobación**

En la figura 2.6 se visualiza el área donde los operadores, jefe de impresión, supervisor de calidad realizan las aprobaciones de la muestra.



Figura 2.6 Mesa de Aprobación

Fuente: Elaboración propia

Se elabora un layout del área de impresión, con el fin de esquematizar las áreas involucradas dentro del proceso, como se muestra en el Anexo A.

2.1.3 Descripción del Proceso de Cambio de Formato

Se elaboró un diagrama funcional, con el fin de esbozar el proceso actual de cambio de formato, incluyendo a los responsables del proceso, quienes son:

- Operario de impresión
- Ayudante de impresión
- Jefe de impresión

El jefe de impresión se encarga de realizar el montaje para los 3 turnos, en caso de ausencia o que no se encuentre listo el montaje en el 2do, 3er turno y fines de semana, los operadores son los encargados de realizar el montaje. Tanto el operador como el ayudante no tienen funciones específicas asignadas del proceso de cambio de formato; ambos operan por igual la impresora flexográfica, sólo la calibración y aprobación de la muestra es responsabilidad del operador.

Una vez recibida la orden de producción, se realizan las siguientes actividades:

- **Jefe de impresión**

- Seleccionar y limpiar el porta-cirel a utilizar en la impresión, ubicarlo en la máquina montadora para su calibración. Luego, preparar el cirel y adherirlo al portacirel.

- **Operador y/o ayudante**

- Una vez finalizado la impresión del trabajo anterior, se retira el rollo del producto terminado, se lo pesa, se pega las especificaciones del producto y se lo traslada a la bodega de producto terminado.
- En caso de ser necesario, se retiran los residuos de tinta que se encuentran en las bandejas de tintas, ubicados en cada estación de color.
- Ingresan presión a los ejes para retirar los rodillos anilox y cilindros portacirel del trabajo anterior. Para extraer con mayor facilidad el rodillo anilox, se ubica un pedazo de cartón entre el rodillo y el sistema de tintas.
- Limpian los ejes con alcohol propanol para ubicar los rodillos anilox y los cilindros Porta-cirel.
- Seleccionan los rodillos anilox y porta-cireles de la bodega, se ingresa presión en los ejes para ensamblarlos. Antes de colocar los rodillos anilox, se deben limpiar con alcohol propanol la superficie. Los rodillos anilox y los cilindros porta-cirel utilizados se trasladan a la bodega.
- Limpian el sistema de tintas con alcohol propanol, para esto, se debe insertar el alcohol en una cubeta y encender la bomba, con el fin de que fluya el solvente por todo el sistema.

- Trasladan las tintas de la bodega hasta la impresora, retiran las tintas de los baldes del trabajo anterior y agregan las nuevas tintas con el solvente, en caso de requerir una mezcla de tinta, combinan los colores basados en su experiencia hasta conseguir el color deseado. Posterior, ubican las bombas en los tachos y verifican que las tintas suban al sistema.
- Al finalizar el montaje del nuevo trabajo, se ajustan los piñones de los cuerpos.
- Ubican el rollo de prueba para calibrar la impresora.
- El operador calibra individualmente cada estación de color, corta una muestra de impresión del rollo para analizarla y comparar visualmente los colores y las medidas con la muestra estándar. En caso de que no cumpla con las especificaciones, se ajusta nuevamente la impresora hasta llegar a los colores y dimensiones establecidas.
- Una vez aprobada la muestra por el operador, se informa al jefe de impresión para que examine la muestra, si el jefe de impresión considera que no cumple las especificaciones, se realiza nuevos ajustes a la impresora.
- Aprobada la muestra por el jefe de impresión, se llama al supervisor de calidad, quien da el veredicto de aprobación, si considera que la muestra no cumple con las especificaciones, se vuelve a ajustar la impresora. Si el cliente se encuentra en la empresa, también participa en la aprobación de la muestra.

- Una vez aprobado por calidad y/o cliente, se procede a cambiar el rollo de prueba por el rollo correspondiente y comienza la impresión.

El Anexo B muestra el diagrama funcional del proceso

2.1.4 Estudio de tiempos

Para el estudio de tiempos se clasificó los cambios de formato de la siguiente manera:

- Cambio de presentación
- Cambio de trabajo

En la tabla 2.1 se detalla la clasificación del cambio de formato:

Tabla 2-1 Tipos de Cambio de Formato

Clasificación de Cambio de Formato	Descripción	Duración
Cambio de presentación	Consiste en realizar una limpieza parcial de la máquina, calibración y aprobación de calidad	Aproximadamente 2 horas n = 3
Cambio de trabajo	Este cambio de trabajo incluye todas las actividades: limpieza total de la máquina, calibración y aprobación de calidad	Mas de 2 horas n = 3

Fuente: Elaboración Propia

Como afirma (Shaw, 2001) para determinar el tamaño de la muestra para ciclos de cambio cuyo tiempo excede los 40 minutos se puede considerar tomar una muestra mayor o igual a 3. La tabla 2.2 especifica el número de ciclos recomendados por cada tiempo de ciclo.

Tabla 2-2 Tiempo de ciclo

Tiempo de ciclo (min)	Número de ciclos recomendados
0,1	200
0,25	100
0,5	60
0,75	40
1	30
2	20
2,00 - 5,00	15
5,00-10,00	10
10,00-20,00	8
20,00-40,00	5
40,00 or more	3

Fuente: Niebel, Freivalds, 2009

Basados en este estudio, se procede a tomar una muestra de mínimo 3 tiempos para cada tipo de cambio de formato en los diferentes turnos por cada operador, como se muestra en la tabla 2.3:

Tabla 2-3 Tiempo de cambio de formato en segundos

Operador 1	Operador 2	Operador 3
7579	6617	9120
9073	6799	7350
5820	4166	5700
8040	7950	
	3269	

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente, se utilizó el Software Minitab 16 para realizar el informe de resumen estadístico de los datos obtenidos, como se muestra en la figura 2.7:

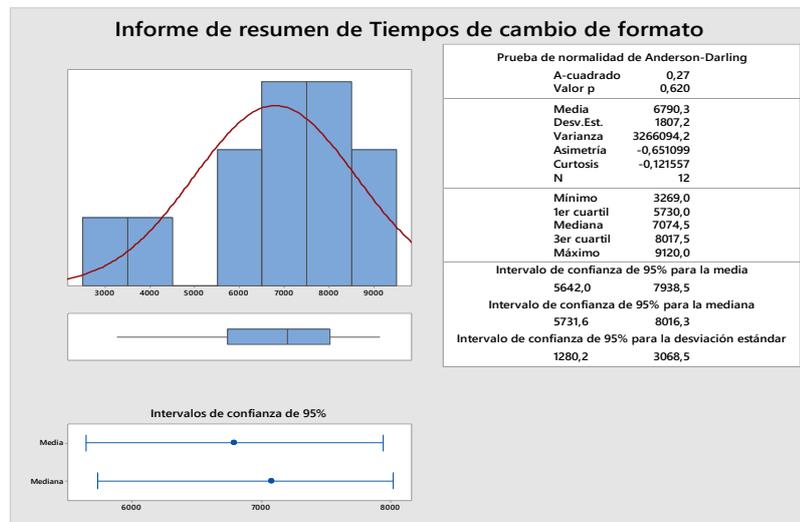


Figura 2.7 Informe de resumen estadístico

Fuente: Elaboración propia

Se estableció como hipótesis nula H_0 : El tiempo de cambio de formato sigue una distribución normal con los parámetros: $\mu = 6790.3$ s y $\sigma = 1807.2$ s vs hipótesis alterna H_1 : El tiempo de cambio de formato no sigue una distribución normal con los parámetros: $\mu = 6790.3$ s y $\sigma = 1807.2$ s. Con el valor p igual a 0.620, se concluyó que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar H_0 , por lo tanto, la muestra de los tiempos de cambio de formato sigue una distribución normal $N(6790, 1807)$ s, como se muestra en la figura 2.8:

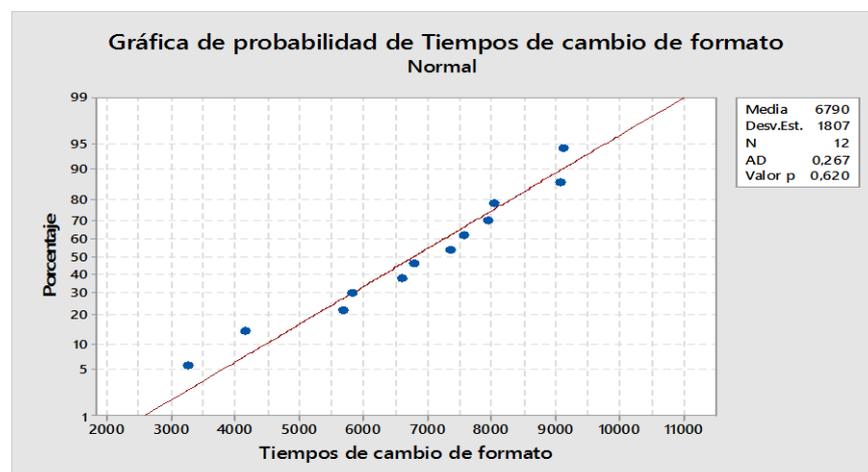


Figura 2.8 Distribución de Probabilidad

Fuente: Elaboración propia

Mediante el diagrama de cajas se evidenció que el operador 2, en promedio, realiza el cambio de formato en el menor tiempo en comparación con los otros operadores, como se muestra en la figura 2.9:

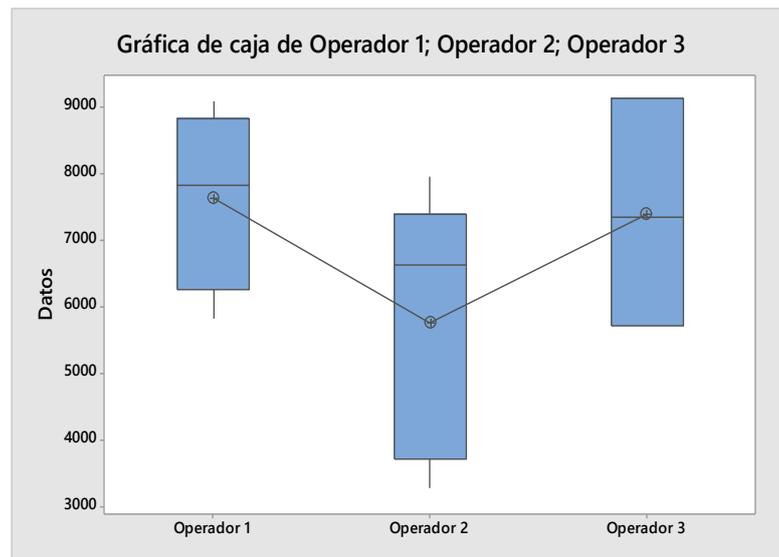


Figura 2.9 Diagrama de cajas

Fuente: Elaboración propia

A través del análisis de varianza, como se muestra en la figura 2.10, se comparó el tiempo promedio de cambio de formato de los operados, contrastando las siguientes hipótesis:

Ho: El tiempo promedio de cambio de formato de los operadores son iguales.

H1: El tiempo promedio de cambio de formato de los operadores no son iguales

	DF	Adj SS	Adj MS	Valor-F	Valor-P
Factor	2	9191415	4595708	1,55	<u>0,265</u>
Error	9	26735621	2970625		
Total	11	35927036			

Figura 2.10 Análisis de Varianza

Fuente: Elaboración propia

Con el valor p igual a 0.265, se concluyó que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar H_0 , por lo tanto, el tiempo promedio de cambio de formato de los operadores son iguales.

Adicional a esto, se realizó la Prueba de Tukey (figura 2.11) para ratificar el resultado obtenido en el análisis de varianza. El diagrama de Tukey (figura 2.12) muestra de forma más representativa el resultado de comparación entre los operadores.

Agrupación de información utilizando el método Tukey con el 95% de confianza			
Factor	N	Media	Agrupación
OPERADOR 1	4	7628	A
OPERADOR 3	3	7390	A
OPERADOR 2	5	5760	A

Figura 2.11 Prueba Tukey

Fuente: Elaboración propia

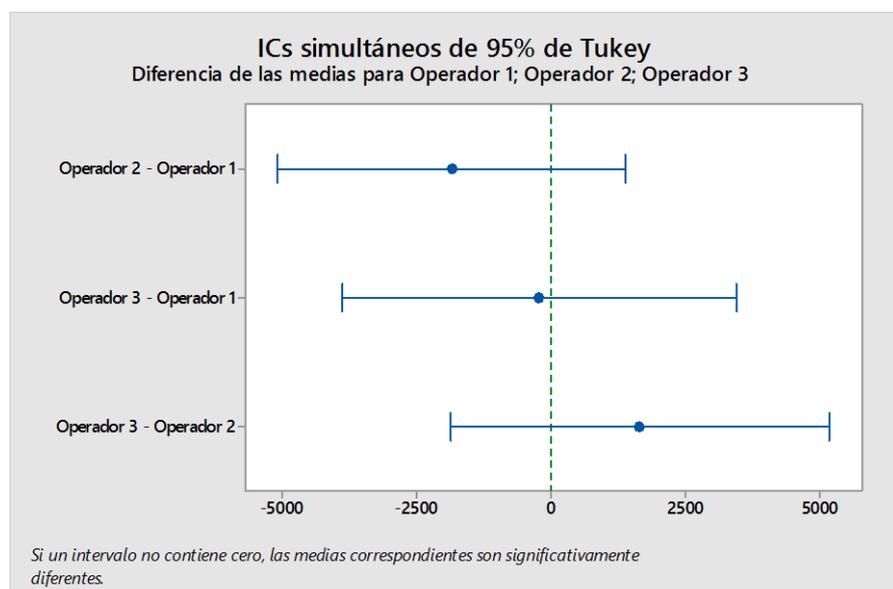


Figura 2.12 Diagrama Tukey

Fuente: Elaboración propia

A través de las comparaciones obtenidas por el método de Tukey se concluyó que el tiempo de ciclo de cambio de formato de los operadores son similares, y el operador 2 va hacer una referencia para estandarizar el proceso de cambio de formato.

2.1.4.1 Identificación de actividades

Después de observar varios cambios de formato se elaboró un listado de las actividades relacionadas con el cambio de formato con sus respectivos tiempos promedios de ejecución, como se muestra en la tabla 2.4:

Tabla 2-4 Identificación de Actividades

Área: Impresión	
Proceso: Cambio de formato	
Actividades	Tiempo promedio
Limpiar bandejas de tintas y tubos	651
Limpiar bombas	438
Remover tinta del trabajo anterior	557
Limpiar rodillo anilox y ejes	612
Remover anilox y portacireles	365
Trasladar rodillo anilox y cilindro portacirel a bodega	291
Mover y colocar rodillos anilox and portacireles en la máquina	363
Limpiar sistema de tinta	259
Trasladar tintas desde bodega	166
Preparar tintas	476
Bombear tintas	407
Aproximar cuerpos y ajustar piñones	629
Trasladar rollo a impresora	131
Ubicar rollo en impresora	1687
Aprobación de Calidad	1134
Tiempo Total	8165

Fuente: Elaboración Propia

2.2 Análisis de causas

2.2.1 Diagrama Ishikawa

Para identificar la causa raíz que genere la variabilidad en el tiempo de ciclo de cambio de formato se desarrolló el diagrama causa – efecto y la

metodología de los 5 por qué, en conjunto con los operadores, ayudantes, jefe de impresión, mecánicos y el gerente de producción. En el diagrama se consideró 5 categorías: Administración, Material, Personal, Máquinas, Método, como se muestra en la figura 2.13; se consideró como efecto el problema antes descrito, es decir, la variabilidad del tiempo del proceso de cambio de formato en la Impresora Novagraf.

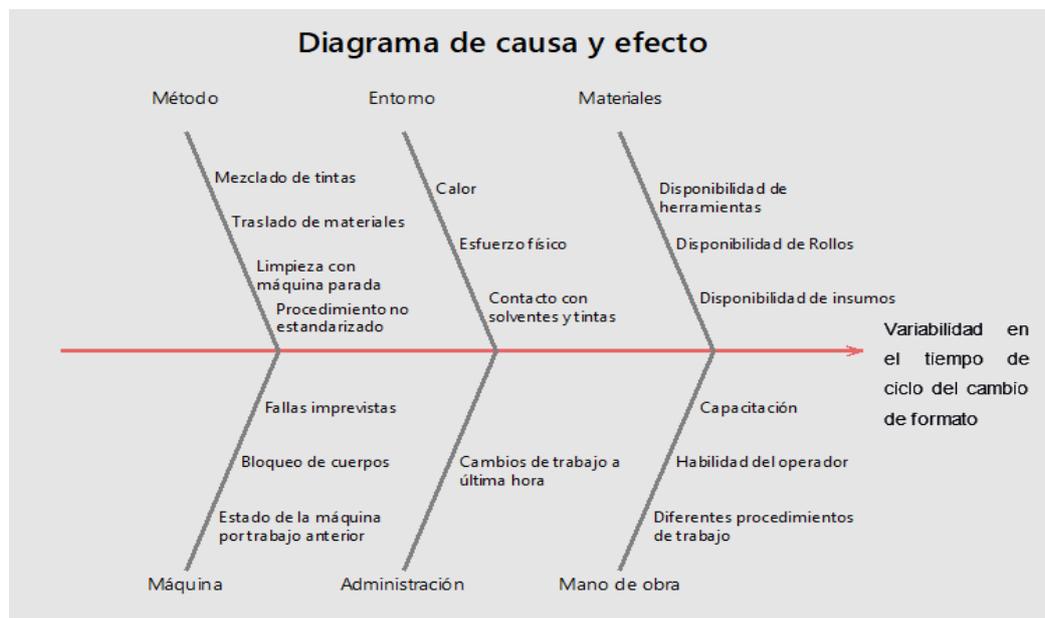


Figura 2.13 Diagrama Causa – efecto

Fuente: Elaboración Propia

Desde la tabla 2.5 hasta la 2.9 se detallan los “¿por qué?” de cada una de las causas encontradas de cada categoría.

Tabla 2.5 Método: en esta categoría las demoras principales se producen por: ajuste de tono, esto se genera porque no existe precisión en la preparación de tintas, cada operador realiza las mezclas basado en su experiencia.

No tienen un procedimiento estandarizado para realizar las actividades del proceso de cambio de formato, por tal razón, ejecutan varias actividades como traslado, búsqueda de materiales, entre otros, que no agregan valor

durante el cambio y que se las puede realizar mientras la máquina está en operación.

Tabla 2-5 Método

Método				
Mezclar tinta de forma empírica	Traslado de Materiales	Traslado de anilox y portacirel	Limpieza mientras la máquina no está operando	Procedimiento no estandarizado
El proceso se realiza a partir de la experiencia.	No mueven el material antes de iniciar el cambio	Fatiga	Mientras la máquina funciona hay componentes que se pueden limpiar para el próximo trabajo	Los trabajadores son reacios a cambiar su método de trabajo
No hay un proceso de mezclado definido	Hábitos de los Trabajadores	Número de materiales a trasladar	Hábitos de los Trabajadores	Hábitos de los Trabajadores
	Procedimiento no estandarizado	Capacidad de carga del operador		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.6 Administración: los cambios de trabajo a última hora se presentan rara vez, sólo se receptan estas órdenes de producción para clientes tipo A. El gerente de producción integra este trabajo a la programación de producción de la mejor manera posible.

Tabla 2-6 Administración

ADMINISTRACIÓN
Cambios de trabajo de último minuto
La gerencia aprueba pedidos no programados
Tipo de cliente

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.7 Personal: cada operador gestiona las actividades del cambio de formato de acuerdo con su perspectiva, y los ayudantes de impresión se acoplan a las diferentes metodologías de trabajo, además, ellos adquieren los conocimientos del proceso de cambio de formato por parte de los operados, no mediante una capacitación formal.

Tabla 2-7 Personal

PERSONAL		
Diferentes procedimientos de trabajo	Habilidad del operador	Capacitación no formal
Procedimiento no normalizado	Capacidad para gestionar actividades para llevar a cabo el trabajo	Los asistentes adquieren conocimientos de los operadores
Se basan en la experiencia	Hacen actividades que no agregan valor	Los entrenamientos se dan a los operadores
	Procedimiento no normalizado	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.8 Máquina: la presencia de fallas en las máquinas se da con mucha frecuencia, el personal de mantenimiento informa que los planes de mantenimiento no se encuentran debidamente implementados, esto se debe porque la máquina se ha adquirido con problemas de fabricación.

Con el diagrama Ishikawa y la técnica de los 5 por qué se concluyó que la causa principal de la variabilidad del tiempo de cambio de formato es que el proceso de cambio de formato no está estandarizado, los trabajadores efectúan las actividades basados en su experiencia. Además, se pudo identificar que algunas actividades se pueden realizar cuando la máquina está operando

Tabla 2-8 Máquina

MAQUINA		
Estado de la máquina para el trabajo anterior	Detener por bloqueo del cuerpo (Break downs)	Fallos imprevistos
Estado de la máquina para el trabajo anterior	Fallos electrónicos	Sin mantenimiento predictivo
Debido al número de componentes a limpiar	Problemas de fabricación de la máquina	No cuentan con un mantenimiento preventivo bien establecido
	Una máquina usada fue adquirida	No tienen un plan de mantenimiento
	Desconocimiento del estado de la máquina	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.9 Materiales: en este tema se observó que la búsqueda de los materiales se lo realiza en cada cambio de formato, no cuentan con un lugar fijo para ubicarlos, por lo tanto, olvidan su ubicación.

Se cuenta con 3 bandejas adicionales para su utilización en caso de ser necesario, pero por la falta de una programación de limpieza, es común que no se las encuentre disponible y se las tenga que limpiar cuando están realizando el cambio de formato. En el caso de las bombas, se cuenta con una bomba adicional, pero ocurre la misma situación.

Además, se pudo evidenciar que no se realiza una limpieza frecuente de los rodillos anilox, debido al tiempo de limpieza.

Tabla 2-9 Materiales

MATERIALES				
Búsqueda de Herramienta	Disponibilidad de Insumos	Estado del anilox	Disponibilidad de bandejas	Disponibilidad de Bombas
Los trabajadores olvidan la ubicación de las herramientas	Regularmente no se deja lista la tinta para el trabajo	Los anilox contienen pelusas o no se encuentran totalmente limpios	No se cuenta con bandejas limpias para realizar sólo la reposición en vez de la limpieza en el cambio de formato.	No se cuenta con bombas limpias para realizar sólo la reposición en vez de la limpieza en el cambio de formato.
No tienen un lugar fijo y accesible para herramientas	Mayor dedicación en la elaboración del montaje del cirel.	No se las limpia con frecuencia	Se limpia las bandejas cuando el rebobinador no tiene asignado trabajo.	Se limpian cuando se las requiere y cuando hacen limpieza general de la impresora (1 vez a la semana).
		El tiempo de limpieza es aproximadamente 45 min por anilox	No hay una programación de limpieza	No hay una programación de limpieza

Fuente: Elaboración propia

2.2.2 Pareto del tiempo de las actividades.

Mediante el estudio de tiempo de las actividades del proceso de cambio de formato y con el diagrama de Pareto se identificó las actividades críticas que repercuten en el tiempo de dicho proceso, como se muestra en la figura 2.14

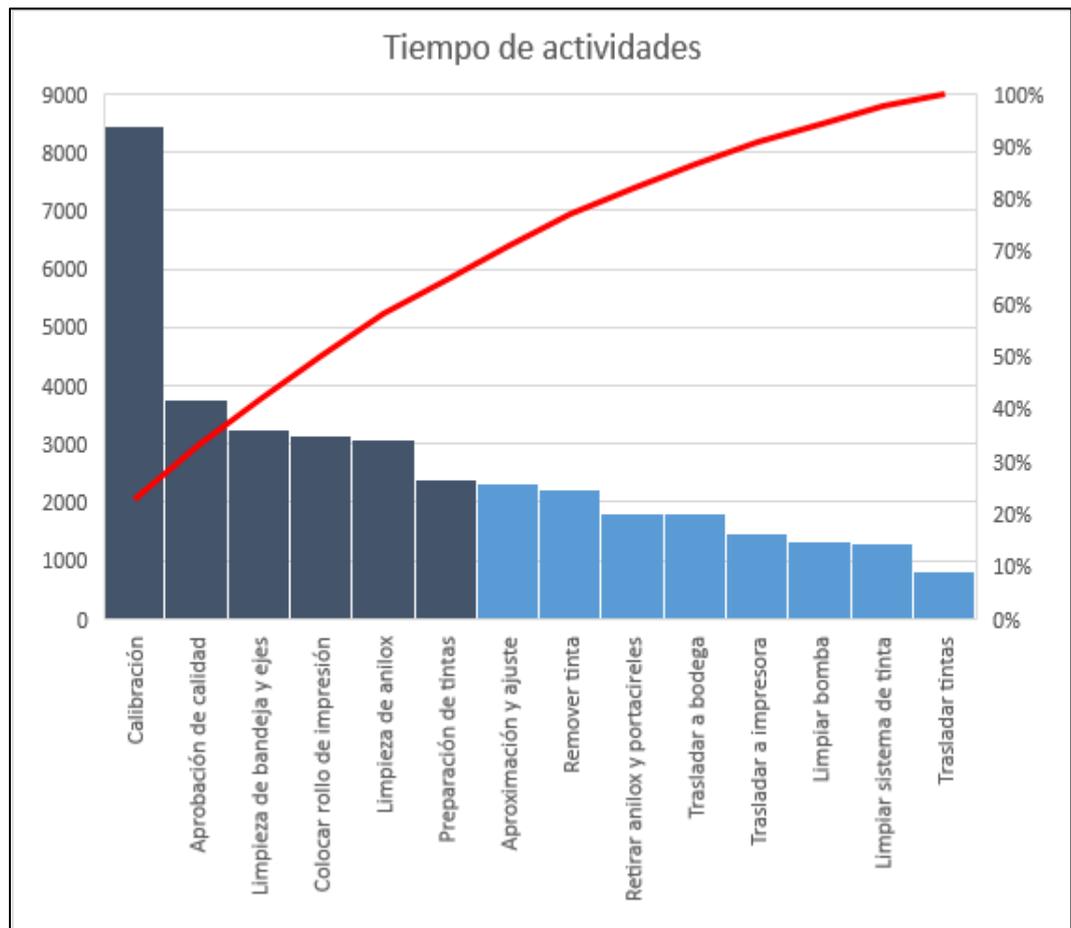


Figura 2.14 Pareto de actividades del cambio de formato

Fuente: Elaboración propia

En el Pareto se observa que las actividades que representan el 70% del tiempo de cambio de formato son:

- Calibración
- Aprobación de calidad
- Preparar tintas
- Limpiar bandeja de tintas y tubos
- Colocar rollo de plástico en la máquina
- Limpiar rodillo anilox y ejes

En la calibración los operadores calibran, registran la tinta en el rollo de impresión y realizan ajustes de tinta o de componentes en función de la calidad de la muestra de impresión que vaya obteniendo. Los ajustes de

tinta se basan en ir agregando cierta cantidad de tinta hasta obtener la tonalidad del boceto, es decir, el mezclado que se obtiene es en base a prueba y error. Además, la variación de tonalidad de impresión también se debe a la condición del rodillo anilox, mientras más limpio esté la tonalidad de la muestra es más oscura. Otros factores que influyen demoras durante la calibración son el bloqueo de cuerpos y la condición del cirel; arreglar un cuerpo bloqueado dura aproximadamente 30 minutos, y realizar ajustes a la impresión por la condición del cirel alrededor de 30 minutos. La presencia de estas actividades es rara vez.

Durante la aprobación de calidad también se realiza ajustes de tinta y de componentes, en la calibración aprueba la muestra el operador, después el jefe de impresión, pero el veredicto lo tienen los inspectores de calidad. El proceso de mezclado de tinta sigue siendo por prueba y error.

Cuando se realiza la preparación de la tinta los operadores no tienen listo los insumos ni las tintas correspondientes, esperan a realizar la actividad para identificar lo que requieren, esto se desarrolla mientras la máquina no está operando. En ocasiones se ha perdido aproximadamente 30 minutos por esperar que les faciliten las tintas, porque el montajista se ha olvidado hacerlo. Además, se debe considerar en el mezclado de tinta, preparación forma empírica y el tiempo que conlleva ejecutarlo.

El tiempo de limpieza de bandeja de tintas y tubos depende del trabajo que se vaya a imprimir y el trabajo que se culminó, en ocasiones se puede reutilizar las bandejas y tubos sin necesidad de una limpieza profunda. Adicional, se ha observado un tiempo considerable en la búsqueda de materiales de limpieza.

El grado de limpieza de los rodillos anilox influye en la facilidad de retirarlos de los ejes, mientras más limpio esté es más fácil hacerlo. El tiempo de limpieza depende de la cantidad de tinta a limpiar.

Entre las actividades que no agregan valor durante el proceso de cambio de formato que competen a estas causas son: búsqueda de materiales de limpieza, búsqueda de rollo, búsqueda de herramientas e insumos.

Por lo tanto, se detallan las causas relevantes que repercuten a la variabilidad del tiempo de cambio de formato.

- Procedimiento no estandarizado
- Actividades que no agregan valor en el cambio de formato: Traslado de tintas e insumos, cantidad de trabajo que se debe bajar, Búsqueda de rollo
- Mezclar tinta de forma empírica
- Variación de tonalidad de impresión debido al estado del anilox
- Las muestras no llegan a la tonalidad del boceto
- Búsqueda de materiales de limpieza
- Búsqueda de herramientas
- Bloqueo de cuerpos

Estas causas se las categoriza mediante la matriz impacto – esfuerzo, como se muestra en la figura 2.15:

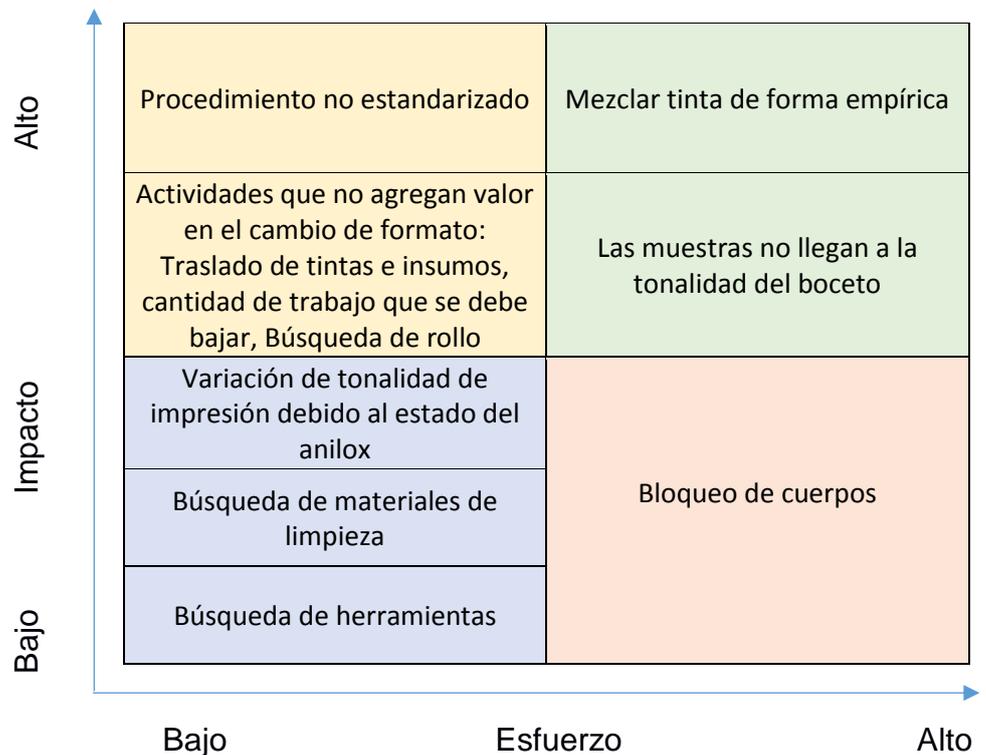


Figura 2.15 Matriz impacto – esfuerzo

Fuente: Elaboración propia

Las causas de alto impacto y bajo esfuerzo son: procedimiento no estandarizado y actividades que no agregan valor en el cambio de formato: Traslado de tintas e insumos, cantidad de trabajo que se debe bajar, Búsqueda de rollo. Se las consideró de esta manera porque solo requiere hacer una reestructuración de las actividades que realizan.

Entre las causas de alto impacto y alto esfuerzo se encuentran el mezclado de tinta de forma empírica y las muestras no llegan a la tonalidad del boceto. La empresa no cuenta con un proceso formal de mezclado de tinta ni un sistema de mezclado para realizar las pruebas de color, esto requiere una gran inversión.

Las causas de bajo impacto y fáciles de controlar son variación de tonalidad de impresión debido al estado del rodillo anilox, búsqueda de materiales de limpieza y búsqueda de herramientas. La empresa cuenta con una máquina de limpieza de rodillo anilox que debe ser arreglada. Con esta máquina el tiempo de limpieza de anilox se reducirá y aumentará la frecuencia de

limpieza. La búsqueda de los materiales y herramientas son causas que no requieren factores externos se pueden controlar mediante acciones factibles según lo conversado con los involucrados.

El bloqueo de los cuerpos se da por problemas de fabricación que tiene la máquina y que se presenta con poca frecuencia, además el personal de mantenimiento puede controlar, pero requiere de aproximadamente 30 minutos, por lo que se considera de alto bajo impacto y alto esfuerzo.

2.3 Posibles soluciones de las causas

A través de la matriz impacto-esfuerzo (figura 2.15) se determinaron las causas de mayor enfoque. Desde la tabla 2.10 hasta la 2.13 se detallan las posibles soluciones con sus respectivos beneficios para la empresa.

Tabla 2-10 Posibles soluciones de Procedimiento y ANAV

Causas	Posibles soluciones	Beneficios
Procedimiento de cambio de formato no estandarizado Actividades que no agregan valor en el cambio de formato: <ul style="list-style-type: none"> • Traslado de tintas e insumos • Cantidad de trabajo que se debe bajar • Búsqueda de rollo 	Estandarizar el proceso mediante la implementación de la técnica SMED	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce el tiempo de cambio de formato a través de la conversión de actividades internas en externas • Incremento del tiempo disponible para la impresión de rollo de rollos plásticos
	Realizar un formato para controlar los tiempos perdidos durante el proceso de impresión y cambio de formato.	<ul style="list-style-type: none"> • Permite tener un control de los tiempos para cálculo de la disponibilidad de tiempo en la eficiencia.
	Entrenar al personal	<ul style="list-style-type: none"> • Permite estandarizar tiempo de cambio de formato. • Permite mejorar y cumplir la planificación de los pedidos.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-11 Posibles soluciones de Mezclado

Causas	Posibles soluciones	Beneficios
<p>Mezclar tinta de forma empírica.</p> <p>Las muestras no llegan a la tonalidad del boceto.</p>	<p>Realizar una base datos con la fórmula de las mezclas y el tipo de anilox que se debe utilizar para cada trabajo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Permite guardar las fórmulas de mezcla de tintas de los diferentes trabajos para que los operadores realicen la mezcla sin necesidad de sacar muestra. • Reduce la cantidad de desperdicio usada para sacar la muestra de impresión. • Reduce el tiempo de prueba de impresión que tiene la compañía.
	<p>Software para el mezclado de tintas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Proporciona una solución de formulación de tinta y creación. • Administra inventarios
	<p>Adquirir un sistema de mezclado de tintas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrece un color más exacto en comparación con la mezcla y combinaciones estándar de tintas • Reduce pérdida de tiempo • Reduce desperdicio de tinta
	<p>Externalizar el mezclado de tintas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los colores llegan listos para la impresión.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-12 Posibles soluciones Anilox

Causa	Posibles soluciones	Beneficios
<p>Variación de tonalidad de impresión debido al estado del anilox Estado: Parcial o totalmente limpio.</p>	<p>Aumentar la frecuencia de limpieza de rodillos anilox en la programación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce el cambio de rodillos anilox en el proceso de calibración y ajustes por calidad • Reduce el tiempo de prueba de impresión
	<p>Arreglar la máquina de limpieza de rodillos anilox</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Permite reducir el tiempo de limpieza de rodillos anilox que de forma manual es de 45 min por anilox, razón por la que no es frecuente la limpieza de los anilox.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-13 Posibles soluciones Búsqueda de materiales y herramientas

Causas	Posibles soluciones	Beneficios
Búsqueda de materiales de limpieza	Agregar bolsillos laterales al pantalón	<ul style="list-style-type: none"> • Elimina el traslado por búsqueda de franelas y guantes de limpieza
Búsqueda de herramientas	Adquirir un bolso canguro para cada trabajador	<ul style="list-style-type: none"> • Elimina el traslado por búsqueda de herramientas: <ul style="list-style-type: none"> ○ Estilete ○ Llaves Allen ○ Cinta adhesiva ○ Flexómetro ○ Calibrador • Reduce la pérdida de herramientas.
	Check list para control de herramientas	<ul style="list-style-type: none"> • Controla el estado de las herramientas y cuando es necesario el cambio.

Fuente: Elaboración propia

2.3.1 Análisis de la factibilidad de las soluciones

Para el análisis de factibilidad de las soluciones, como se muestra en la tabla 2.15, se midió el costo de la inversión, el esfuerzo y el beneficio de cada proyecto, la tabla 2.14 detalla la valoración de los criterios de factibilidad.

Tabla 2-14 Criterios de factibilidad

Costo de inversión	1	Se necesita inversión alta
	3	Se necesita inversión media
	5	Se necesita inversión baja
Esfuerzo	1	Alta cantidad de recursos
	3	Media cantidad de recursos
	5	Baja cantidad de recursos
Beneficio	1	Baja reducción de tiempo
	3	Media reducción de tiempo
	5	Alta reducción de tiempo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-15 Factibilidad de soluciones

Posibles soluciones	Costo de inversión	Esfuerzo	Beneficio	Factibilidad	Valoración de la empresa	
					Sí	No
Estandarizar el proceso, mediante la implementación de la técnica SMED	5	3	5	75	x	
Realizar un formato para reportar los tiempos de producción y tiempos perdidos durante el proceso de impresión	5	5	3	75	x	
Entrenar al personal	5	3	5	75	x	
Realizar una base de datos con la fórmula de las mezclas y el tipo de rodillo anilox que se debe utilizar para cada trabajo	5	3	5	75	x	
Software para el mezclado de tintas	1	1	5	5		x
Adquirir un sistema de mezclado de tintas	1	3	5	15		x
Externalizar el mezclado de tintas	1	3	5	15		x
Aumentar la frecuencia de limpieza de rodillo anilox en la programación	3	5	5	75	x	
Arreglar la máquina de limpieza de rodillo anilox	3	5	5	75	x	
Agregar bolsillos laterales al pantalón	5	5	3	75	x	
Adquirir un bolso canguro para cada trabajador	5	5	3	75	x	
Check list para control de herramientas	5	5	3	75	x	

Fuente: Elaboración propia

Con el análisis de factibilidad se evidenció que externalizar el mezclado de tintas, adquirir un sistema de mezclado de tintas y un software no son soluciones factibles debido al costo de inversión, la empresa tiene una máquina de impresión por lo que no se considera realizar tal inversión para una sola máquina.

Las soluciones que obtuvieron un puntaje mayor o igual a 75, son factibles de acuerdo con los criterios medidos. Además, la empresa estuvo de acuerdo con las soluciones.

2.3.2 Plan de implementación de soluciones

Para ejecutar las soluciones se desarrolló un plan de implementación (Tabla 2.16) con el fin de que se tuviese claro los elementos claves para el desarrollo del proyecto, además, se adjunta la carta de compromiso firmada por parte de la empresa, en donde se confirma que las propuestas fueron informadas y explicadas, como se muestra en el Anexo M.

Tabla 2-16 Plan de implementación

Solución	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Cuánto?	¿Cuándo?
Estandarizar el proceso mediante la implementación de la técnica SMED	Porque el proceso tiene un tiempo variable debido a que los operadores administran las actividades basados en su experiencia	Convertir actividades internas en externas y capacitación.	Área de impresión	Gisella Macias Emely Quisphi	No tiene costo	8-19 de agosto
Realizar un formato para controlar los tiempos perdidos durante el proceso de impresión y cambio de formato.	Porque se necesitan los tiempos para el cálculo de la eficiencia y la empresa no cuenta con un formato	Diseño de formato y capacitación.	Área de impresión	Gisella Macias Emely Quisphi	\$14,40 al mes	15-19 de agosto
Realizar una base datos con la fórmula de las mezclas y el tipo de rodillo anilox que se debe utilizar para cada trabajo	Porque el mezclado de las tintas se realiza con un método de prueba y error	Diseño de formato y capacitación.	Área de impresión	Gisella Macias Emely Quisphi	\$14,40 al mes	15-19 de agosto
Check list para control de herramientas	Porque los operadores pierden las herramientas o se encuentran en malas condiciones	Diseño de formato y capacitación.	Área de impresión	Gisella Macias Emely Quisphi	\$4,00 al mes	15-19 de agosto

Solución	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Cuánto?
Aumentar la frecuencia de limpieza de rodillo anilox en la programación	Porque la impresión varía si el rodillo anilox se encuentra limpio o sucio	Programación de limpieza de rodillos anilox	Área de producción	Asistente de operaciones	No tiene costo
Arreglar la máquina de limpieza de rodillo anilox	Porque se necesita aumentar la frecuencia de limpieza y de forma manual el tiempo es de 45 min por rodillo anilox	Arreglar máquina	Área de impresión	Asistente de operaciones	\$350
Agregar bolsillos laterales al pantalón	Porque se requiere eliminar el traslado por búsqueda de guantes y franelas de limpieza	Modificación del pantalón	Uniforme de operadores	Asistente de operaciones	\$40
Adquirir una caja de herramientas	Porque se requiere eliminar el traslado por búsqueda de herramientas	Comprar caja de herramientas	Área de impresión	Asistente de operaciones	\$70

Fuente: Elaboración propia

2.4 Implementación de mejoras

2.4.1 Muestreo de trabajo

Con la finalidad de ejecutar algunas actividades del cambio de formato y pre-limpieza de componentes durante la impresión, se realizó el muestreo de trabajo para determinar el tiempo disponible que tienen los operadores mientras la máquina se encuentra en operación.

El muestreo fue realizado durante el proceso de impresión en los diferentes turnos de trabajo, se analizaron las actividades detalladas y se registró minuto a minuto la frecuencia de estas actividades. Las actividades observadas se muestran en la tabla 2.17.

Tabla 2-17 Actividades del periodo de operación

Tipo de actividad	Actividades
Actividades de trabajo	Cambiar rollo
	Pesar rollo
	Ingresar insumos
	Empacar rollo
	Inspección de rollo
	Limpieza
	Buscar insumos, herramientas y materiales
	Verificar densidad de tinta
	Sacar desperdicio
	Arreglar bomba
	Paro de máquina
	Almacenar componentes
	Ajustes a máquina
	Arreglar área de rollos
	Llenar reporte en computadora
	Llenar reporte en hojas
	Ver orden de producción, fichas
	Conversar acerca del trabajo
Actividades de no trabajo	Conversar con operarios
	Parado en área
	Sentado en área
	No está en área
Actividades de no trabajo justificadas	Reunión
	Limpieza de manos
	Fuera de área (Baño)
	Fuera de área (Comer)
	Fuera de área (Buscar agua)

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó una prueba piloto con muestras de 79 y 74 recorridos, de los cuales se obtuvo la siguiente información (tabla 2.18).

Tabla 2-18 Datos obtenidos de la prueba piloto

Fecha	4-jul-17		4-jul-17		Total
	Ope.	Ayu.	Ope.	Ayu.	
Actividades de trabajo	39	41	36	42	158
Actividades de no trabajo	33	34	31	30	132
Actividades de no trabajo justificadas	7	4	6	2	16
Total	79	79	77	74	306

	Ope.	Ayu.	Ope.	Ayu.
Actividades de trabajo	49%	52%	49%	57%
Actividades de no trabajo	42%	43%	47%	41%
Actividades de no trabajo justificadas	9%	5%	4%	3%

Fuente: Elaboración Propia

\hat{p} : *porcentaje de tiempo de ocio*

$$\hat{p} = \frac{132}{306} = 0.43$$

Tamaño de muestra

$$\alpha = 0.05$$

$$Z_{\alpha/2} = 1.96$$

$$K=0.08$$

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2(1 - \hat{p})}{\hat{p}k^2} = \frac{(1.96)^2(1 - 0.43)}{(0.43)(0.08)^2} = 795.68 = 796$$

De la prueba piloto se obtuvo que se debería realizar 796 recorridos para obtener los datos del muestreo de trabajo.

Tabla 2-19 Muestreo del período de operación

Observación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Número de observaciones no trabaja	67	65	8	75	74	44	40	46	37	84	59	55	37
Total de observaciones	158	148	120	170	120	122	120	140	162	142	150	128	102
Diario	42%	44%	7%	44%	62%	36%	33%	33%	23%	59%	39%	43%	36%
Acumulado de observaciones no trabaja	67	132	140	223	297	341	381	427	464	548	607	654	691
Acumulado observaciones	158	306	426	692	812	934	1054	1194	1356	1498	1648	1680	1782
Proporción acumulada	42%	43%	33%	32%	37%	37%	36%	36%	34%	37%	37%	39%	39%

Fuente: Elaboración Propia

$$\widehat{p}_f = 0,388$$

$$\bar{n} = 137$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\widehat{p}_f(1 - \widehat{p}_f)}{\bar{n}}} = \sqrt{\frac{(0,388)(1 - 0,388)}{137}} = 0.0416$$

$$LSC = 0,368 + 3 * 0.041 = 0,5128$$

$$LIC = 0,368 - 3 * 0,041 = 0,2632$$

La tabla 2.19 muestra los datos obtenidos durante la fase de medición, se obtiene el 39% de tiempo disponible por parte de los operadores cuando se realiza el proceso de impresión. Esta proporción se utiliza para realizar el cálculo de los límites de la gráfica de control y visualizar el comportamiento de las proporciones de no trabajo dentro del rango establecido, como se muestra en la figura 2.16. Se observa que en la primera prueba existen puntos fuera de 3,00 desviaciones estándar de la línea central. Por esta razón se procede a eliminar los puntos 3,5,9 y 10 que están fuera de control.

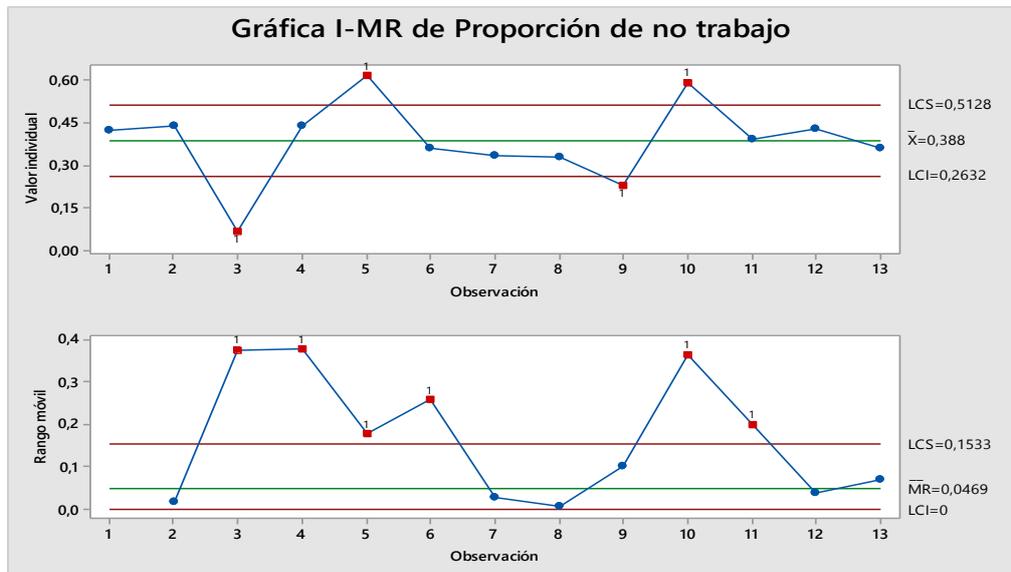


Figura 2.16 Gráfica de control de la proporción de no trabajo de las mediciones

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 2.20 muestra los datos de observación de no trabajo con los valores excluidos que manifiesta la gráfica de control de la figura 2.16

Tabla 2-20 Muestreo del período de operación

Observación	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Número de observaciones no trabaja	67	65	75	44	40	46	59	55	37
Total de observaciones	158	148	170	122	120	140	150	128	102
Diario	42%	44%	44%	36%	33%	33%	39%	43%	36%
Acumulado de observaciones no trabaja	67	132	207	251	291	337	396	451	488
Acumulado observaciones	158	306	476	598	718	858	1008	1136	1238
Proporción acumulada	42%	43%	43%	42%	41%	39%	39%	40%	39%

Fuente: Elaboración Propia

$$\widehat{p}_f = 0,394$$

$$\bar{n} = 138$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\widehat{p}_f(1 - \widehat{p}_f)}{\bar{n}}} = \sqrt{\frac{(0,394)(1 - 0,394)}{138}} = 0.0416$$

$$LSC=0,393+3*0.041=0,518 \quad LIC=0,393-3*0,041=0,269$$

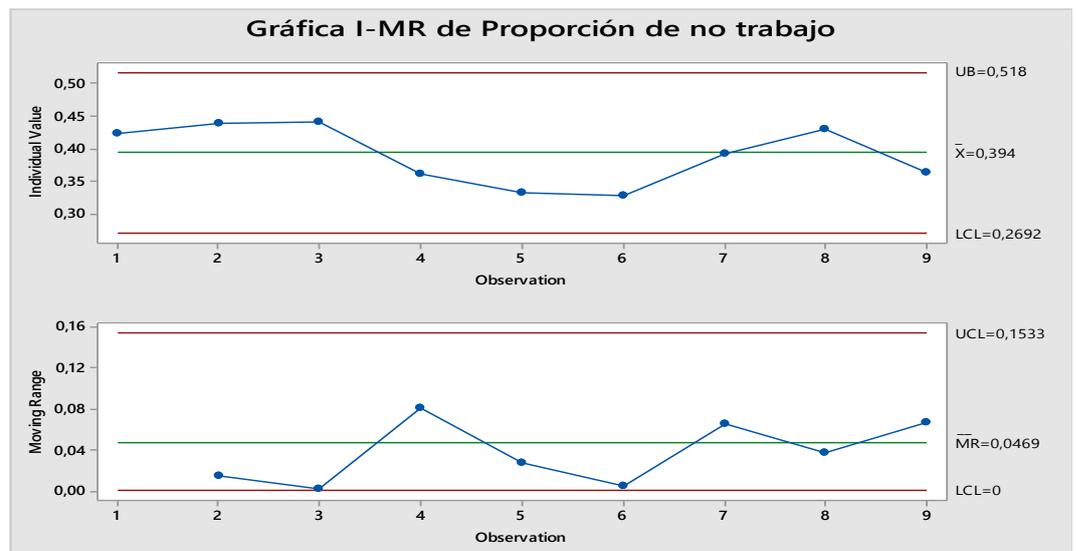


Figura 2.17 Gráfica de control de la proporción de no trabajo de las mediciones

Fuente: Elaboración Propia

La figura 2.17 muestra que los datos se encuentran dentro de los límites de control, por lo tanto, se puede concluir que el porcentaje de no trabajo en el periodo de operación de la máquina es 39.4%.

2.4.2 Implementación de SMED

En la tabla 2.21 se muestra la clasificación de las actividades del cambio de formato en internas y externas.

Se clasificó a la preparación externa en dos categorías:

- Preparación externa A: Son las actividades que pueden ser realizadas en su totalidad mientras la máquina se encuentra operando.

- Preparación externa B: Son las actividades de limpieza que pueden ser realizadas si el componente de la máquina a limpiar no se encuentra en funcionamiento.

Tabla 2-21 Clasificación de actividades

Preparación interna	Preparación externa A	Preparación externa B
Remover tinta de envases	Calibración	Limpiar de bandeja de tinta y tubos
Limpiar rodillo anilox	Trasladar rodillo anilox y cilindro portacirel a la máquina	Limpiar bomba
Remover rodillo anilox y cilindro portacirel	Aproximar cuerpos y ajustar piñones.	Limpiar ejes de rodillos y portacireles
Colocar rodillo anilox y cilindro portacirel en la máquina	Trasladar rodillo anilox y cilindro portacirel a la bodega	Limpiar sistema de entintado
Preparar tintas	Trasladar tintas desde almacenamiento	
Colocar rollo de plástico en la máquina		
Aprobación de calidad		

Fuente: Elaboración Propia

2.4.2.1 Proceso de cambio de formato

En la fase de implementación, basado en la metodología SMED, se convirtió las actividades internas a externas. Para determinar la distribución de las actividades entre operador y asistente se observó la gestión de las actividades del equipo con menos tiempo en cambios de formato, como se muestra en el análisis Tukey en la figura 2.12.

Las actividades fueron analizadas a través del muestreo de trabajo y el estudio de tiempo para su correcta distribución. Además, se realizó reuniones con el gerente de producción y analista de

operaciones para aprobar las actividades que se realizarían durante el tiempo de impresión y cambio de formato actual.

La tabla 2.22 muestra las actividades internas que se convirtieron en actividades externas.

Tabla 2-22 Conversión de Actividades Internas a Externas

Responsable	Actividades
Ayudante	Limpieza de bandeja de tintas, tubos, bombas y raclas.
Ayudante	Ensamblar suples al cilindro portacirel
Ayudante	Identificar rodillos anilox
Ayudante	Llenas recipientes con alcohol propanol
Ayudante	Insertar rodillo anilox y cilindro portacirel
Ayudante	Ubicar tintas en compartimientos desocupados
Operador	Identificar tintas para el siguiente trabajo
Operador	Identificar y seleccionar rollo de prueba y autorizado para el nuevo trabajo
Operador	Ubicar el rollo de prueba frente a la impresora

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2.18 se presenta el procedimiento estandarizado del proceso de cambio de formato con sus respectivos tiempos de duración, algunas de las actividades descritas pueden demorar más que otras, por lo tanto, las actividades compartidas entre el operador y ayudante las realizará la primera persona que se desocupe de su actividad anterior.

ACTIVIDADES EN EL TIEMPO DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA	
Operador	Asistente
Cambiar rollo y pesar	
Revisar orden de programación	Limpiar bandejas de tintas,tubos,bombas y raclas
Inspeccionar la producción Verificar densidad de la tinta Agregar insumos Reportes	Identificar rodillos anilox para el siguiente trabajo
Identificar tintas para el siguiente trabajo	Ensamblar suples al cilindro portacirel
Identificar y seleccionar el rollo de prueba y rollo autorizado para el nuevo trabajo	Llenar recipientes con alcohol propanol
Ubicar el rollo de prueba frente a la impresora	Insertar rodillo anilox y cilindro portacirel
	Ubicar tintas en compartimento desocupado

INICIO DE CAMBIO DE TRABAJO	
Limpiar rodillos anilox, raclas y cangrejos	
Reposición de rodillos anilox	
Reposición de mangueras y bandejas de tintas	Retirar e insertar cilindro portacirel
	Trasladar tintas
Cambiar tintas	Trasladar solventes
Mezclar en caso de ser necesario	Ubicar rollo de prueba
Bombear tintas	Empacar y retirar rollo del trabajo anterior
	Aproximar cuerpos
	Ajustar piñones
Calibrar y registrar colores	
Informar a calidad	Ubicar rollo de trabajo
Ajustes por aprobación de calidad	

Figura 2.18 Procedimiento Estandarizado

Fuente: Elaboración propia

2.4.2.2 Capacitación del procedimiento estandarizado

Se realizaron capacitaciones para todo el personal de impresión, se organizaron dos grupos debido a que la compañía labora en tres turnos, se explicó detalladamente la metodología y la ubicación de los materiales que deben tener previo al paro de la máquina. En la figura 2.19 se observa las capacitaciones a los operadores y ayudantes antes y durante un proceso de cambio de formato, mientras que en la figura 2.20 se observa la presentación total del presente proyecto al analista de operaciones. En el anexo O se detalla el material de capacitación.



Figura 2.19 Capacitación al personal

Fuente: Elaboración propia



Figura 2.20 Capacitación al analista de operaciones

Fuente: Elaboración propia

2.4.2.3 Check list de actividades previo al cambio de formato

Todos los materiales deben estar listos previo al cambio de formato, por lo tanto, se elaboró un check list de las actividades de cambio y pre-cambio que se deben realizar antes de iniciar el cambio de formato, como se muestra en la figura 2.21:

Chek list de actividades antes del cambio
¿Revisó orden de programación?
¿Identificó el rollo de prueba?
¿Identificó el rollo para el nuevo trabajo?
¿Realizó limpieza de bandeja de tintas?
¿Realizó limpieza de tubos?
¿Realizó limpieza de bombas?
¿Realizó limpieza de mangueras?
¿Separó las tintas para el siguiente trabajo?
Check list de actividades pre cambio (Antes de que termine el último rollo)
¿Ubicó el rollo de prueba frente a la impresora?
¿Sacó alcohol propanol en recipientes para el nuevo trabajo?
¿Tiene los materiales de limpieza a su disposición (Franelas y guantes)?
¿Identificó si el tamaño de la bobina es el correcto?

Figura 2.21 check-list de las actividades de cambio y pre-cambio

Fuente: Elaboración propia

Este check list fue expuesto en un letrero en la impresora, la misma que los operadores y ayudantes debe revisar y ejecutarlas para cada cambio de formato, el supervisor de planta deberá controlar su cumplimiento. En la figura 2.22 se muestra el check-list ubicado en la impresora. Además, se establecieron locaciones cerca de la impresora donde se deben colocar los materiales, como se muestra en el anexo F.



Figura 2.22 Check list de las actividades de cambio y pre-cambio

Fuente: Elaboración propia

2.4.2.4 Manual del proceso actual de cambio de formato

Se elaboró un manual detallado de las actividades del proceso de cambio de formato (Anexo N), se considera todos los posibles escenarios y las indicaciones para cada uno de ellos, este manual servirá de guía para cualquier operador y supervisor de impresión.

Además, se realizó una guía operativa del proceso de cambio de formato, para hacerlo práctico y de fácil comprensión. Las guías operativas se detallan en los siguientes anexos:

- Anexo I y J guías operativas de cambio de formato.
- Anexo K y L guías operativas de pre-cambio de formato.

2.4.3 Herramientas y equipos

Se realizó un inventario de herramientas que actualmente poseen los operadores, y se determinó un listado de herramientas que cada operador deba tener para realizar el cambio de formato, además de un kit de herramientas para arreglos menores en la máquina, que será utilizado en los tres turnos. Este inventario fue entregado al analista de operaciones, para su adquisición.

Para la reducción del tiempo y aumento de frecuencia de limpieza del rodillo anilox, se propuso que se repare la máquina de limpieza, ya que esto

permitiría reducir el tiempo de limpieza de 45 minutos (tiempo actual) a 15 minutos, además, algunos anilox se pueden limpiar cuando se encuentra en los compartimentos para obtener mejor calidad de impresión.

Para el control de las herramientas se utiliza el formato de control de herramientas, como se muestra en el Anexo D.

2.4.4 Control de tinta

Para la reducción del tiempo de mezclado, se propuso realizar una base de datos con las fórmulas de las mezclas, estas se deben ir realizando en cada cambio de formato que requiera una mezcla, los operadores deben pesar las tintas que vayan a utilizar y especificar las cantidades en el formato control de tinta (Anexo E), además deben colocar el tipo de rodillo anilox que utilizaron. Al final, la formulación debe estar registrada en las carpetas de calidad de cada boceto.

Se realizó una capacitación a los operadores y supervisores para indicarles la manera en que se deben registrar este formato.

2.4.5 Control de tiempos perdidos

Durante el proceso de impresión y cambio de formato se presentan eventualidades que retrasan e incrementan el tiempo de dichos procesos; en el formato actual, no consta de una estructura formal para registrar estos tiempos perdidos, por lo tanto, con el formato propuesto, como se indica en el anexo C, se lleva un control de estos sucesos y se pueden tomar las medidas necesarias.

Se realizó una capacitación a los operadores y supervisores para indicarles la manera en que se deben registrar este formato. A la fecha de finalización del proyecto, no se encontraba debidamente implementadas las propuestas para: herramientas y equipos, control de formatos de tinta y

tiempos perdidos, pero se explicó a las partes interesadas de la empresa la implementación de las mismas, como se muestra en la en el anexo M.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

Se realizó una prueba piloto de implementación de una semana para determinar el comportamiento del tiempo de cambio de formato en el área de impresión. Se obtuvieron los datos que se presentan en la tabla 3-1.

Tabla 3-1 Datos de prueba piloto

	Turno	Número de colores	Tiempo de cambio de formato (s)
1	1	8	9180
2	1	6	3792
3	1 y 2	7	7140
4	2	7	6540
5	2	5	4320

Fuente: Elaboración propia

Se determinó la normalidad de los datos mediante el uso del software Minitab y la prueba de Anderson Darling.

Se estableció como hipótesis nula H_0 : El tiempo de cambio de formato sigue una Distribución Normal con los parámetros: $\mu = 6194$ s y $\sigma = 2192$ s

Vs.

H_1 : El tiempo de cambio de formato no sigue una Distribución Normal con los parámetros: $\mu = 6194$ s y $\sigma = 2192$ s.

Con el valor p igual a 0.641 se concluyó que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar H_0 , por lo tanto, la muestra de los tiempos de cambio de formato sigue una Distribución Normal $N(6194, 2192)$ s, como se muestra en la figura 3.1:

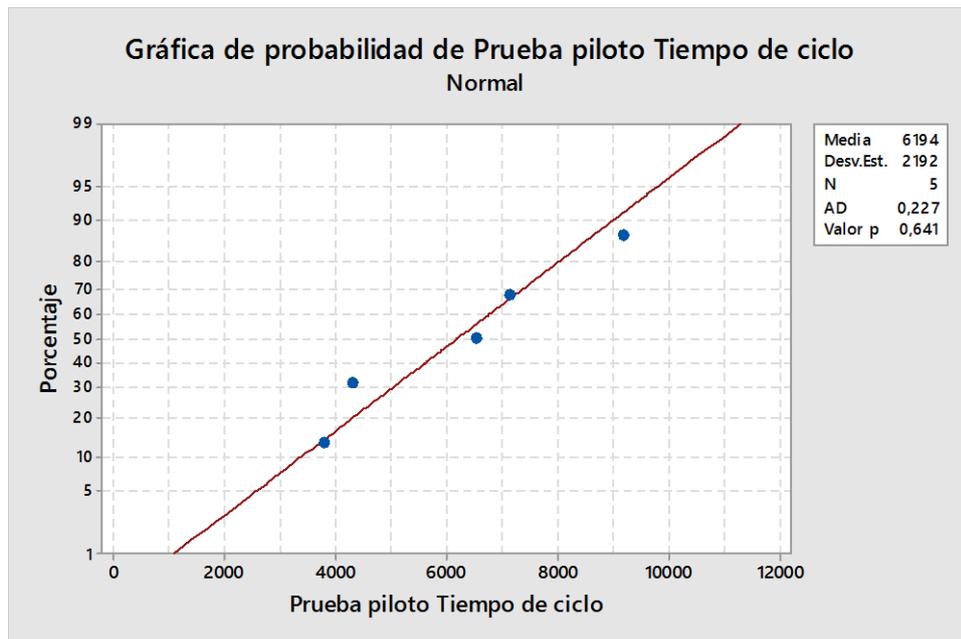


Figura 3.1 Prueba de normalidad

Fuente: Elaboración propia

A partir de los datos de que se tomaron en la fase de recolección presentados en el Anexo G, se realizó el diagrama de cajas para representar la diferencia entre los tiempos de ciclo de cambio de formato, como se muestra en la figura 3.2:

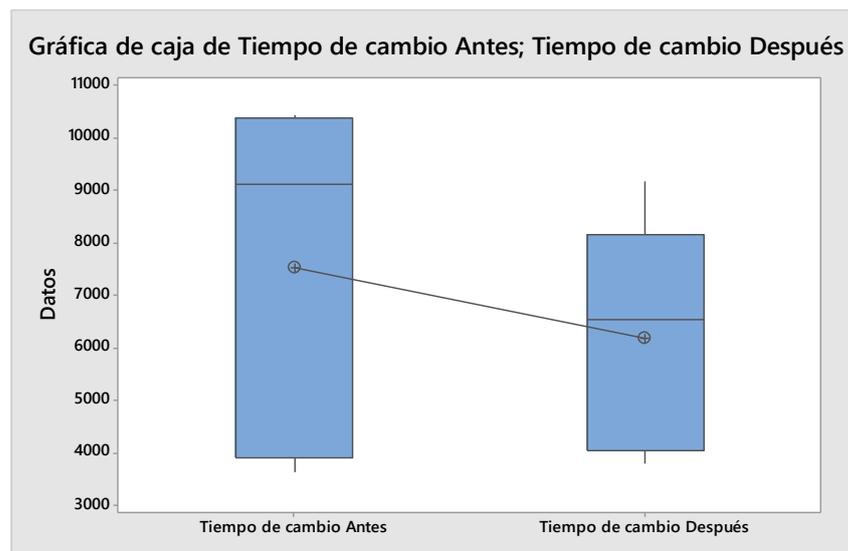


Figura 3.2 Diagrama de Cajas

Fuente: Elaboración propia

Como se observó diferencia entre los tiempos se realizó una comparación mediante una prueba t de dos muestras.

Hipótesis Nula Ho: El tiempo de cambio antes – El tiempo de cambio después ≥ 0
Vs.

H1: El tiempo de cambio antes – El tiempo de cambio después < 0

Con el valor p igual a 0.758 se concluyó que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar Ho, por lo tanto, el tiempo de cambio antes de la implementación es mayor que el tiempo de cambio después de la implementación. Se determinó una diferencia de 1342 s que representan 22.37 minutos, como se muestra en la figura 3.3:

Prueba T e IC de dos muestras: Tiempo de cambio Antes; Tiempo de cambio Después				
T de dos muestras para Tiempo de cambio Antes vs. Tiempo de cambio Después				
				Error estándar de la media
	N	Media	Desv.Est.	
Tiempo de cambio Antes	5	7536	3369	1507
Tiempo de cambio Después	5	6194	2192	980
Diferencia = μ (Tiempo de cambio Antes) - μ (Tiempo de cambio Después)				
Estimación de la diferencia: 1342				
Límite superior 95% de la diferencia: 4835				
Prueba T de diferencia = 0 (vs. <): Valor T = 0,75 Valor p = 0,758 GL = 6				

Figura 3.3 Prueba de diferencia de media

Fuente: Elaboración propia

En la prueba piloto se determinó el tiempo promedio de las actividades para determinar el rango en el que se encuentra el tiempo de cambio de formato después de la implementación. La muestra del tiempo está basada en el study manual de Erie Works (General Electric Company), establece que para un tiempo de ciclo de 40 minutos es necesario tomar una muestra de 3.

Los suplementos que se añadieron se muestran en la tabla 3.2, se tomó como referencia los suplementos recomendados por ILO que presentaba el texto de Ingeniería Industrial: Métodos Estándares y Diseño de Trabajo.

Tabla 3-2 Valor de suplementos

Suplemento	Valor
Personal	5%
Fatiga básica	4%
Trabajo fino o preciso	2%
Total	11%

Fuente: Niebel, 2009

La figura 3.4 muestra el procedimiento estandarizado de las actividades de cambio de formato con sus respectivos intervalos de tiempo.

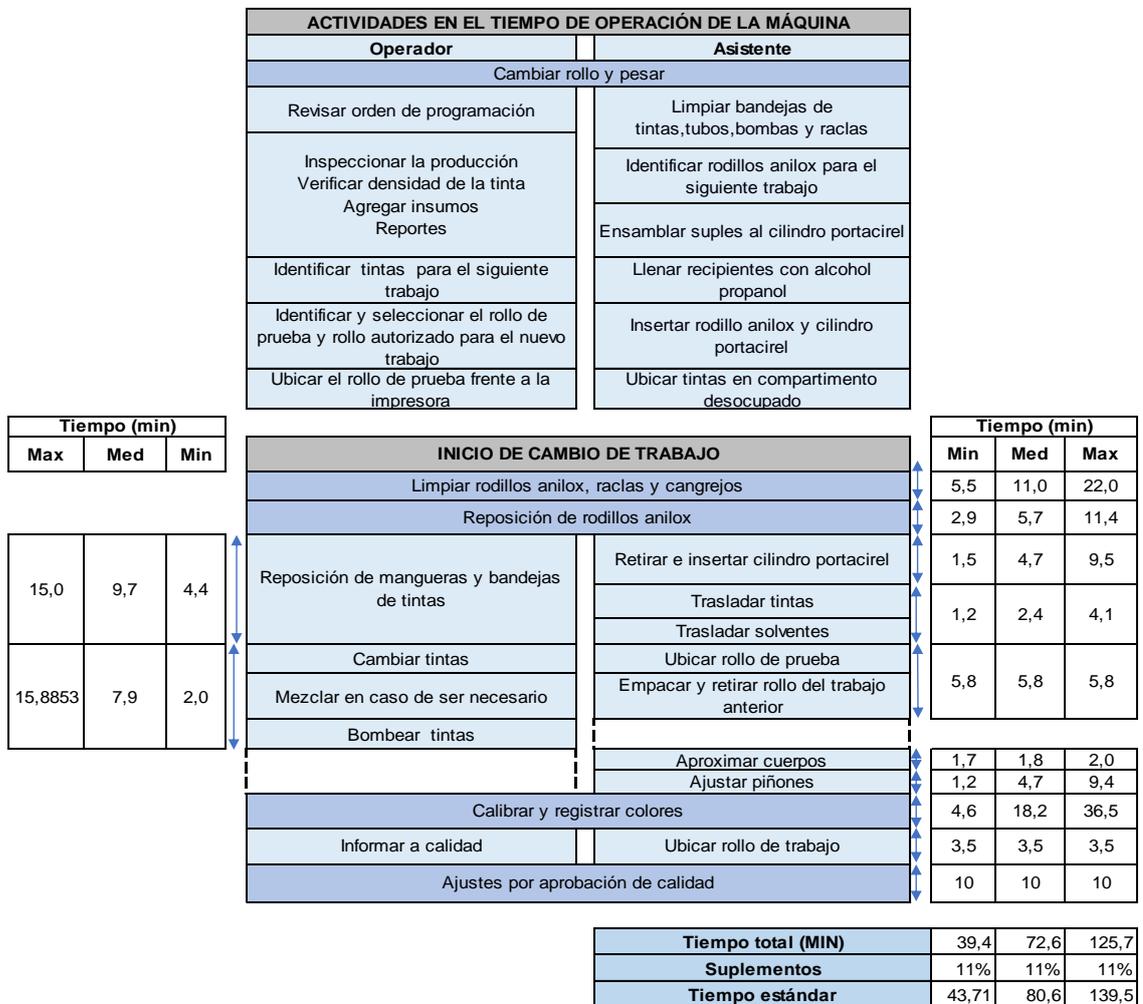


Figura 3.4 Tiempo estandarizado de las actividades de cambio de formato

Fuente: Elaboración propia

El tiempo promedio de ciclo del cambio de formato que se obtuvo fue de 86.93 minutos que representa 1.45 horas. Por lo que se redujo el tiempo de cambio de formato en un 17.14%.

En el anexo H se detalla las actividades del cambio de formato y el tiempo promedio de las mismas después de la fase de implementación de mejoras, durante la prueba piloto.

3.1 Costo-Beneficio

Para el cálculo del beneficio de la reducción del tiempo en el cambio de formato se utilizó información de los meses entre marzo a julio.

Se obtuvo el tiempo de producción mediante la resta de los tiempos perdidos a las horas programadas.

$$\text{Tiempo de producción} = \text{Horas programadas} - \text{Tiempo de cambio de trabajo} - \text{Otros tiempos perdidos}$$

Una vez calculado el tiempo de producción, se procedió a calcular la cantidad de kg de rollo impreso por hora.

$$\text{Cantidad de } \frac{\text{kg}}{\text{hr}} = \frac{\text{Rollos producidos al mes (kg)}}{\text{Tiempo de producción (hr)}}$$

Tabla 3-3 Base de Datos Gerente de producción

Mes	Número de cambios al mes	Rollos producidos al mes (kg)	Horas programadas(Hr)	Tiempo perdido por cambio de trabajo (Hr)	Otros tiempos perdidos (Hr)	Tiempo de producción (Hr)	Cantidad de kg/ hr
Marzo	80	40203,1	666,0	140,25	69,00	456,75	88,02
Abril	69	39405,5	566,5	112,5	41,00	413,00	95,41
Mayo	64	47667,7	590,0	108,5	73,75	407,75	116,90
Junio	77	41412,7	535,3	122	45,20	368,05	112,52
Julio	77	44147,0	538,0	108	33,75	396,25	111,41

Fuente: Elaboración Propia

A través de la información presentada en la tabla 3.3 se obtuvo la tasa producción y el número de cambios promedio al mes, como se muestra en la tabla 3.4:

Tabla 3-4 Promedio mensual

Número promedio de cambios al mes	73,40
Tasa de producción kg/hr	104,85

Fuente: Elaboración propia

En el proyecto se presentó una reducción de 17,14% en el tiempo de cambio de formato, el tiempo promedio antes de la implementación fue de 1,75 hr, mientras que después de la implementación fue de 1,45 hr, dando una diferencia de 0,3 horas, como se muestra en la tabla 3.5:

Tabla 3-5 Reducción de tiempo

Reducción del tiempo de cambio de formato	17,14%
Tiempo promedio antes de implementación (Hr)	1,75
Tiempo promedio después de implementación (Hr)	1,45

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del tiempo de producción que aumentó al reducir el cambio de formato, se utilizó el número promedio de cambios al mes multiplicado por el tiempo que se redujo, como se muestra en la tabla 3.6:

$$\text{Tiempo extra por reducción de tiempo} = n * \text{Tiempo de reducción}$$

Tabla 3-6 Tiempo extra

n	73,40
Tiempo de reducción	0,30
Tiempo extra por reducción de tiempo	22,02

Fuente: Elaboración propia

Luego se procedió a realizar el cálculo de incremento de producción de rollos impresos, como se muestra en la tabla 3.7:

$$\text{Incremento} = \text{Tiempo extra} * \text{Tasa de producción promedio}$$

Tabla 3-7 Incremento de producción

Tiempo extra por reducción de tiempo (hrs)	22.02
Tasa de producción kg/hr	104.85
Incremento de kg de rollos impresos	2 308.88

Fuente: Elaboración propia

Se solicitó la información del ingreso por impresión de rollo y en el mes de Julio se presentó un ingreso de \$4.48 por kilogramo de rollo impreso. Con este valor el beneficio monetario del incremento de producción fue de \$10352.34, como se muestra en la tabla 3.8:

Tabla 3-8 Beneficio monetario

Incremento de kg de rollos impresos	2308.88
Ingreso por kilogramo impreso	\$ 4.48
Beneficio en dólares	\$ 10 352.34

Fuente: Elaboración propia

Los costos de implementación del proyecto son los que se muestran en tabla 3.9.

Tabla 3-9 Costos de implementación

Costos	Valor
Impresión de formato de medición de tiempos (mensual)	\$14,40
Impresión de formato de mezclado de tintas (mensual)	\$14,40
Impresión de check list para control de herramientas (mensual)	\$4,00
Caja de herramientas	\$70,00
Bolsillos laterales al pantalón	\$40,00
Arreglar máquina de limpieza de rodillos anilox	\$350
Total	\$492,80

Fuente: Elaboración propia

El valor del beneficio cubre los gastos de implementación por lo que la inversión realizada se recupera en un mes.

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La reducción del tiempo de cambio de formato permitirá a la empresa aumentar la disponibilidad del tiempo de producción. La propuesta de estandarización del proceso cambio de formato depende de la cultura de los operadores de realizar las actividades establecidas de cambio y pre-cambio de formato y de la supervisión del personal a cargo.

Además, es necesario que se incremente la limpieza de rodillos anilox, y se realicen los registros de las fórmulas de las mezclas. Las implementaciones de estas propuestas no generan costos exorbitantes y la recuperación de la inversión es de un mes. Los formatos de control de herramientas, tintas y tiempos perdidos son de fácil implementación.

4.1 Conclusiones

- Se analizó la situación actual de la empresa para recopilar información del proceso de impresión, mediante el uso de herramientas exploratorias tales como: diagrama de Ishikawa, técnica 5w y diagrama de Pareto.
- Se realizó un estudio de tiempo de las actividades del proceso de cambio de formato en el que se determinó que el tiempo promedio de ciclo era de 1.75 hr.
- Se identificaron las causas del problema planteado mediante el uso de diagrama Ishikawa y la técnica 5 Porqué, en el que se obtuvo que la causa raíz de la variabilidad del tiempo de cambio de formato era la falta de un proceso estandarizado.
- Mediante la prueba Tukey, el análisis de varianza y el diagrama de cajas se determinó al operador que realizaba el cambio de formato con el menor tiempo, en base a este operador se definió la distribución de las tareas del proceso.
- Mediante el uso de la técnica SMED, se definieron las actividades internas y externas del cambio de formato, con el objetivo de trasladar actividades

internas al tiempo en que la máquina se encuentra operando, estas actividades se registraron en un check list para que el operador conozca las tareas que debe realizar antes de comenzar el cambio.

- Se desarrolló el proceso estandarizado de cambio de formato, en el que se obtuvo un promedio de tiempo de ciclo de 1.45 hr.
- Después de realizar la capacitación al personal del procedimiento estandarizado de cambio de formato y la implementación del mismo, se observó una reducción del 17.14% del tiempo de cambio de formato durante una semana.
- Se realizó un análisis del beneficio en el que se determinó el tiempo de producción extra que se obtuvo por la reducción del cambio de formato, y dio como resultado un valor de 22.02 hr al mes, dando un beneficio de \$ 10 352.34.

4.2 Recomendaciones

- Capacitar periódicamente a los operadores y ayudantes, con el fin, de crear una cultura en base a la mejora continua.
- Capacitar periódicamente al personal de mantenimiento, con el fin de crear y mantener un plan de mantenimiento idóneo.
- Incentivar a los operadores y ayudantes a proponer nuevas ideas para potenciar el cambio de formato.
- Adquirir un sistema de tintas para realizar las pruebas de color y poder hacer las formulaciones de las tintas antes de iniciar con el cambio de formato, de esta manera, se puede preparar la cantidad de tinta adecuada y reducir el tiempo de calibración y aprobación de calidad.
- Los sistemas de entintado pueden ser manual o mecánico. El sistema manual se compone de varillas de barrido que se asemejan a un rodillo anilox, guía Pantone, densitómetro, formato de registro de tinta y un sustrato de plástico. Sin embargo, para mayor exactitud de color, se puede adquirir aplicadores de tinta automático como la máquina de ensayos de impresión, máquina automática de impresión, entre otras.

BIBLIOGRAFÍA

- Besterfield, D. H. (2009). *Control de Calidad*. Ciudad de Juarez: Pearson.
- Guzmán, C. A. (2006). *Matemáticas financieras para toma de decisiones empresariales*.
Juan Carlos Martínez Coll.
- Javier Arellano Diaz, A., & Rodriguez, R. (2013). *Salud en el trabajo y seguridad industrial*. México DF.
- Jesús Anguita, J. A. (2011). *La Flexografía de alta calidad: factores clave para una impresión flexo de calidad*. España: Technologic Tapes.
- Juan Hernández, A. V. (2013). *Lean manufacturing conceptos, técnicas e implementación*. Madrid: EOI.
- Muñoz, D. F. (2009). *Administración de Operaciones. Enfoque de administración de procesos de negocios*. Cengage Learning Editores.
- Neira, A. C. (2006). *TECNICAS DE MEDICION DEL TRABAJO*. FUND. CONFEMETA.
- Niebel, B. W. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: Educación.
- Patón, J. L. (2009). *Ingeniería y gestión del mantenimiento en el sector ferroviario*. España: Edigrafos.
- Shaw, A. E. (2001). *Time Study de los Erie Works (General Electric Company)*.

ANEXOS