UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

POSGRADOS

Maestría en

PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

RPC-SO-41-NO.689-2018

Opción de Titulación:

Propuestas metodológicas y tecnológicas avanzadas

Tema:

Propuesta para aumentar la eficiencia operativa de la impresora flexográfica MPS EF-410 en una empresa dedicada a la fabricación de etiquetas y multipacks.

Autor(es)

Daniel Josué Guevara Lema

Director:

Ph.D. Víctor Huilcapi S.

GUAYAQUIL – Ecuador
2022

Autor(es):

Daniel Josué Guevara Lema
Licenciado en Publicidad y Mercadotecnia.
Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Guayaquil.
dguevaral1@est.ups.edu.ec

Dirigido por:

Victor Manuel Huilcapi Subía
Ingeniero en Electricidad.
PhD en Automática, Robótica e Informática Industrial.
Magister en Automatización y Control Industrial.
Magister en Educación Superior.
vhuilcapi@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS
2022 © Universidad Politécnica Salesiana.
GUAYAQUIL– ECUADOR – SUDAMÉRICA
DANIEL JOSUE GUEVARA LEMA
Propuesta para aumentar la eficiencia operativa de la impresora flexográfica MPS EF-410 en una empresa dedicada a la fabricación de etiquetas y multipacks.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mi padre y abuelo que ya no están entre nosotros pero que me inculcaron lecciones de vida invaluables. A mi madre, pilar fundamental de mi vida que con su dedicación, valor y fortaleza supo encaminar mis pasos ante cualquier adversidad. Mi esposa e hijo que son el motor de mi vida y por quienes todo esfuerzo vale la pena.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a todos los docentes que a lo largo de la maestría, fueron verdaderos mentores contribuyendo con sus conocimientos y consejos para cristalizar uno de mis sueños profesionales más anhelados.

Todo el trabajo realizado fue posible gracias al apoyo incondicional de mi tutor, mi familia y todos quienes aportaron de alguna forma a la consecución de este proyecto.

Este trabajo es el resultado de un sinfín de acontecimientos que fueron construidos con paciencia y trabajo.

Gracias infinitas a todos y, por supuesto, a Dios, por darme la fortaleza para seguir avanzando profesionalmente.

Tabla de Contenido

Resumen 15
Abstract 16
1. Introducción 17
2. Determinación del Problema 18
2.1 Formulación del problema 19
2.1.1 Problema general 19
2.1.2 Problemas específicos 19
2.2 Justificación de la investigación 19
2.3 Objetivo general 20
2.4 Objetivos específicos 20
2.5 Hipótesis general 21
2.6 Hipótesis específicas 21
3. Marco teórico referencial 22
3.1 Sistema de impresión flexográfica 22
3.1.1 Tipos de sistemas de impresión de flexográfica 24
3.2 Lean manufacturing para la estandarización de procesos 25
3.1.1 Herramientas de Lean manufacturing 28
3.2 El método de Pareto y su aplicación en el análisis de la información para la toma de decisiones 34
3.3 SMED y su aplicación en la reducción de tiempos de preparación o cambio de formato 34
3.3.1 Tiempos rojos y tiempos verdes dentro de un proceso productivo 36
3.3.2 Método para convertir actividades internas en externas para la mejora de procesos 37
3.4 OEE 39
4. Materiales y metodología 41
4.1 Tipo, diseño y nivel de investigación 41
4.2 Método de investigación 42
4.3 Población y muestra 42
4.4 Técnicas e instrumentos de Investigación 42
4.5 Operacionalización de las variables 43
5. Resultados y discusión 45

5.1 Etapa preliminar u observación según metodología SMED 46
5.1.1 Cambios de formato 47
5.2 Primera etapa: División de actividades internas y externas. 51
5.3 Segunda etapa: Conversión de actividades internas a actividades externas. . 53
5.4 Tercera etapa: Perfección de actividades internas y externas. 54
5.5 Análisis de resultados 55
5.6 Desarrollo del plan de mejora 57
5.6.1 Estándar de tiempos 58
5.6.2 Definición de actividades del personal operativo 58
5.6.3 Definición de procesos 60
5.6.4 Plan de capacitación 62
6. Conclusiones 63
Referencias 65

Índice de Tablas

Tabla 1 Componente de una impresora flexográfica 25
Tabla 2 Descripción de desperdicios en Lean Manufacturing 26
Tabla 3 *Descripción de las Variables* 44
Tabla 4 *Subprocesos en el centro de costo de la impresora flexográfica* 47
Tabla 5 *Tiempos totales de las actividades de producción durante el primer semestre del año 2020* 48
Tabla 6 *Tiempos totales de las actividades de producción durante el primer semestre del año 2021* 49
Tabla 7 *Tiempos totales de las actividades de producción durante el primer semestre del año 2022* 49
Tabla 8 *Set up de la impresora* 50
Tabla 9 *Definición de las actividades de la etapa de desmontaje* 51
Tabla 10 *Definición de las actividades de la etapa de montaje* 52
Tabla 11 *Conversión de actividades de la etapa de desmontaje* 53
Tabla 12 *Conversión de actividades de la etapa de montaje* 54
Tabla 13 *Plan de mejora bajo la metodología SMED* 55
Tabla 14 *Tiempo de estándar* 58
Tabla 15 *Funciones del personal operativo* 59
Tabla 16 *Cronograma de actividades* 62

Tabla de Figuras

Figura 1 Esquema de una impresora flexográfica 23
Figura 2 Aplicación de la metodología SMED 45
Figura 3 *Participación de los Set up de la impresora durante el primer semestre del periodo 2020-2022* 50
Figura 4 *Setup times reducidos* 57
Figura 5 *Diagrama de flujo del proceso de desmontaje* 60
Figura 6 *Diagrama de flujo del proceso de montaje* 61

Propuesta para aumentar la eficiencia operativa de la impresora flexográfica MPS EF-410 en una empresa dedicada a la fabricación de etiquetas y multipacks.

Autor(es):

Daniel Josué Guevara Lema

Resumen

La presente investigación se basa en un desarrollo de nivel retrospectiva, longitudinal y descriptiva de tipo no experimental bajo un enfoque cuantitativo, lo cual permitirá implementar una propuesta para obtener una adecuada gestión de tiempo y garantizar el aumento de eficiencia de la máquina flexográfica. De igual manera, para identificar los problemas y causas que han generado se implementó un diagrama de causa y efecto mientras que con el desarrollo de las etapas de la metodología SMED se contribuyó en la identificación de actividades tanto internas como externas, además de la identificación de posibles mejoras dentro de los sets times, para así, reducir los tiempos y elevar la productividad de la parte operativa de impresión.

Una vez identificado los problemas y posibles mejoras se procede plantear dentro de la propuesta, la reasignación de funciones y actividades al personal operativo para que se ejecute de manera coordinada las actividades internas y externas. Por lo tanto, para que la propuesta sea efectiva es prudencial se ejecute un plan de capacitación sobre la metodología aplicada y sobre el cambio de funciones. En definitiva, la propuesta garantizará un aumento representativo de la eficiencia de la máquina flexográfica, lo cual promoverá la generación de una mayor utilidad a la empresa.

Palabras clave:

SMED, flexografía, productividad, eficiencia, desperdicios.

Abstract

This research is based on a retrospective, longitudinal and descriptive development of a non-experimental type under a quantitative approach, which will allow the implementation of a proposal that allows adequate time management and guarantees the increase in efficiency of the flexographic machine. In the same way, to identify the problems and causes that have generated, the cause and effect diagram was implemented, while with the development of the stages of the SMED methodology, it contributed to the identification of both internal and external activities, in addition to the identification of possible improvements within the set times, in order to reduce times and increase the productivity of the printing operational part.

Once the problems and possible improvements have been identified, the reassignment of functions and activities to the operational staff is proposed within the proposal so that the internal and external activities are executed in a coordinated manner. Therefore, for the proposal to be effective, it is prudent to carry out a training plan on the applied methodology and on the change of functions. In short, the proposal will guarantee a representative increase in the efficiency of the flexographic machine, which will promote the generation of greater utility for the company

Keywords:

SMED, flexography, productivity, efficiency, waste.

1. Introducción

A medida que el mundo evoluciona resulta vital que las empresas sean pequeñas, medianas o grandes preserven un alto nivel de competitividad y así conservar su estadía dentro de un mercado tan dinámico independientemente al sector que pertenezcan, en este caso las empresas de fabricación de etiquetas y multipacks, las cuales son parte de la industria manufacturera y por ende, su enfoque se centra en la optimización de su proceso operativo sin la eliminación de procesos, por ende, mediante la presente investigación se pretende desarrollar la metodología SMED dentro del proceso que ejecuta la impresora flexográfica MPS EF-410 y garantizar la reducción de tiempos de setup mediante la identificación de actividades internas y externas.

Además, se describe que el principal problema que se suscita en el parque industrial es el desgaste de tiempo en los cambios de formato de impresión lo cual genera una producción baja de etiquetas conllevando a un alto nivel de espera y retraso en los lotes de producción. Para evaluar el registro de tiempo por actividad se cuenta con la información del sistema ERP CERM, la misma que será tabulada y cuantificada mediante el programa Microsoft Excel.

El trabajo está estructurado de la siguiente forma: inicialmente, se describe la problemática, causas y efectos que promueve la definición estructurada del problema, a su vez se detalla cada uno de los objetivos relevantes para el desarrollo eficiente de la presente investigación. Seguidamente, se describe el marco teórico y referencial acerca del sistema de impresión flexográfica, lean Manufacturing y sus herramientas, diagrama de Pareto y metodología SMED. Finalmente se describen la metodología aplicada y principalmente cada una de las etapas de la metodología SMED aplicada a la eficiencia operativa de la impresora flexográfica.

2. Determinación del Problema

La impresora flexográfica MPS EF-410 es parte de un parque industrial de 6 impresoras en una de las empresas líderes del sector de etiquetas y soluciones de empaque en la ciudad de Guayaquil. Este equipo fabricado en el 2009 genera el 16% del volumen total de la planta, el cual está compuesto por varias familias de productos tales como: Etiquetas termo encogibles, etiquetas autoadhesivas y multi-packs.

Se evidencia una disminución en el indicador OEE (Overall Equipment Efectiveness) con el cual se monitorea y controla la operación. La disminución observada es de 3% debajo del estándar (60%) según los datos del comparativo Enero - Junio 2020/2021. El impacto identificado se ve reflejado en la caída de los metros lineales producidos en comparación con los planificados, equivalente a $9.000 por semana en los últimos 6 meses del año en curso. Cabe recalcar que la naturaleza del núcleo del negocio, la variedad de productos que atiende esta impresora muestra una tendencia a pedidos cada vez más cortos, lo cual automáticamente aumenta el número de cambios de formato.

Con esta investigación se busca analizar las principales causas de la reducción del porcentaje de OEE amparados en los datos disponibles proveniente del sistema ERP CERM que permita tomar acciones efectivas para mantener la competitividad. ERP CERM como tal es el nombre del sistema que se maneja en la empresa para la recolección de datos e información y realizar las diversas actividades en toda la organización.

2.1 Formulación del problema

2.1.1 Problema general

¿Qué metodología es factible para aumentar la eficiencia operativa de la impresora flexográfica MPS EF-410 en una empresa dedicada a la fabricación de etiquetas y multi- packs?

2.1.2 Problemas específicos

- ¿Se puede identificar los tiempos rojos o paras y tiempos verdes o productivos en el cambio de formato para establecer planes específicos de mejora?
- ¿Se podrá estandarizar el método de preparación y ajuste de cada orden de fabricación de manera sistemática para mejorar los tiempos de cambio de formato?
- ¿Es posible mejorar el costo de producción aumentando la eficiencia operativa de la Impresora MPS EF-410 para ser más competitiva en el mercado?

2.2 Justificación de la investigación

Esta investigación resulta relevante para la organización dado que permitirá identificar las principales causas de la reducción de la eficiencia operativa y de manera consecuente accionar planes enfocados en la mejora en el desempeño de una de las principales impresoras flexográficas adoptando un factor diferenciador en la competitividad, lo cual se vuelve indispensable para la recuperación comercial. Por otro lado, al retornar a un OEE del 60% (2020) se abre una oportunidad dado que, por cada punto porcentual de aumento sobre el estándar, se reflejará una

mejora en el Ebitda de la compañía de $3.200 por mes o $19.200 acumulado en el segundo semestre del 2021 sumado a una mayor disponibilidad para venta incremental alrededor de $12.000 por mes. Cabe mencionar que se considera como objetivo de la empresa llegar a un OEE del 60%, aunque por conceptos de OEE es considerado un porcentaje muy bajo, pero el sistema productivo de la empresa genera que exista tiempos de cambios muy elevado, y también la variedad de productos que se producen provocan que se realicen aproximadamente entre 3 a 10 cambios en el día, y en promedio estos cambios se demoran entre 1:30h a 2h y esto afecta en gran impacto directamente a la disponibilidad, y a su vez provocando tener un OEE relativamente bajo.

2.3 Objetivo general

Proponer una alternativa para aumentar la eficiencia operativa de la impresora flexográfica MPS EF-410 en una empresa dedicada a la fabricación de etiquetas y multi-packs.

2.4 Objetivos específicos

- Diagnosticar mediante el método de Pareto las principales causas de paros no programados en las diferentes órdenes de producción entre el primer semestre del 2020 y el primer semestre 2021, para accionar planes específicos de mejora.
- Estandarizar el método de preparación y ajuste de cada orden de fabricación de manera sistemática y sistémica para mejorar los tiempos de cambios de formato.

- Aumentar la eficiencia operativa de la Impresora flexográfica MPS EF-410 para mejorar el costo de producción y la competitividad.

2.5 Hipótesis general

Es posible aumentar la eficiencia operativa de la impresora flexográfica MPS EF-410 mediante una propuesta con mejoras de procesos en una fábrica de etiquetas y multi-packs.

2.6 Hipótesis específicas

Diagnosticar las principales causas de paros no programados en el período entre el primer semestre del 2020 y el primer semestre del 2021 es necesario para generar un plan específico de mejoras.

Una propuesta de estandarización de método para preparación y ajuste de cada orden de fabricación ayudará a mejorar tiempos de cambio de formato.

El incremento en la eficiencia operativa de la Impresora flexográfica MPS EF-410 dará como resultado mejoras en el costo de producción y la competitividad.

3. Marco teórico referencial

3.1 Sistema de impresión flexográfica

Desde tiempos remotos existían diversas formas de realizar impresiones, desde la aplicación de tinta e impresión de la palma de la mano utilizadas como sellos. Luego al desarrollarse las culturas y capacidades del ser humano se ejecutó impresiones sobre pieles, madera o piedra [1]. Como el paso del tiempo y los países en proceso de desarrollo industrial se crea una máquina de impresión, la cual consistía en un mecanismo rotativo denominado prensa anilina, es desde entonces que el siglo XVIII se lo reconoce como el inicio de la flexografía [2].

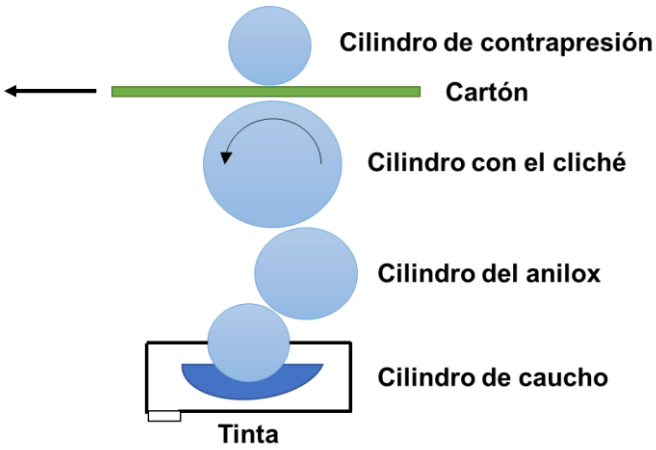
Por tanto, en el año 1905, se considera como el momento correcto en que se inventó la impresión flexográfica en Francia, la cual se identificaba como un sello de imprenta que se deriva de la tipografía, asimismo se diferencia debido a que posee una pancha de material flexible y gomoso llamado como cirel, a partir de esto recibe el nombre de impresión con goma [3]. Es hasta los años 50, donde la técnica o sistema de impresión flexográfica sufre ciertas modificaciones, se cambió la tinta tradicional de anilina por tintas menos tóxicas, planchas basadas en fotopolímeros en vez de caucho. En 1983 la empresa estadounidense International Printing Ink Coporation, perfeccionó el proceso usando rodillo grabado con innumerables células que tenía la función de retener la tinta y transferirla de forma controlada. El rodillo actualmente se lo llama Anilox [2].

Una de las principales características de la flexografía es poder imprimir sobre diferentes tipos de sustratos y diversos formatos, y además la plancha utilizada para

imprimir puede variar tanto su espesor como su dureza. El material utilizado para la plancha puede ser varios, tales como; fotopolímero, caucho natural o mixto. Es importante mencionar que el fotopolímero es el material que brinda una mayor calidad de impresión [4]. Otra característica de la flexografía es su tinta líquida y de secado rápido, puesto que las tintas pueden ser a base solventes o por curado UV. Un punto importante de la impresión es el entintado, la utilización del rodillo anilox permite una dosificación balanceada, siempre y cuando se tenga un control adecuado de la dosificación, actualmente con la tecnología la profundidad de las células en los anilox permite ofrecer un servicio con variedad [5].

Además, se puede evidenciar que la flexografía y su sistema de impresión a la actualidad se constituyen en los aliados más importantes del sector industrial, principalmente, para empresas que fabrican alimentos, bebidas y productos de limpieza, más que todo producto que requieren de empaques o etiquetas, donde se proyecte de manera llamativa y atractiva las marcas con la finalidad de llegar a fidelizar al cliente [2].

Figura 1 *Esquema de una impresora flexográfica*



Nota. Datos tomados de Flores & Villarreal, 2017.

3.1.1 Tipos de sistemas de impresión de flexográfica

En referencia al tipo de impresión se detalla: el sistema tambor central, posee un rodillo de contrapresión permitiendo imprimir preso con todos los colores asegurándose un mejor registro de los mismos, este sistema mayormente se utiliza para la impresión de banda ancha [6]. Entre otros se describe el sistema stack o convencional, donde el rodillo de contrapresión forma parte de cada grupo impresor, su función principal es imprimir en papel. Por último, el sistema modular donde cada grupo impresor posee su rodillo contrapresión de manera secuencial, mientras que el sistema anterior era uno sobre el otro, permite utilizar diversos materiales de impresión sin problema a que se dañen [7].

El proceso de impresión flexográfica empieza cuando en un cilindro metálico se coloca una plancha de caucho o fotopolímero, para que este sea entintado por el anilox el cual permite la dosificación de la cantidad de tinta correspondiente, y luego de eso se transmita al sustrato. Cada vez que da vuelta el rodillo se origina una imagen completa, y cuando se imprimen varios colores estos no se tapan entre ellos estos se van sumando, produciendo una mejor impresión de las etiquetas. A continuación, se describe cada componente y la respectiva función que ejecuta cada uno en la tabla 1 [8].

Tabla 1 *Componente de una impresora flexográfica*

Bandeja	Recipiente donde se coloca la tinta para el proceso de impresión.
Rodillo entintador	Es un clindro de caucho que tiene como función de tomar la tinta de la bandeja cuando gira, y además la transfiere al anilox.
Rodillo dosificador	Tambien denominado cilindro anilox, el cual tiene como función balancear la cantidad de tinta correspondiente, que se deposita en el cliché y este lo transfiere al sustrato.
Racla	Cuchilla metálica que elimina el exceso de tinta que puede llegar a tener el anilox.
Rodillo porta cliché	Es el rodillo donde se coloca el cliché, este recibe tinta del anilox, y lo transfiere al sustrato.
Rodillo de soporte	Tambien llamado cilindro contrapresión, es el rodillo por donde el sustrato se desliza a lo largo de todo el proceso de impresión.

Nota. Datos tomados de Flores & Villarreal, 2017.

Por otra parte, la impresión flexográfica brinda ciertas ventajas en relación a otros métodos de impresión, como por ejemplo: (a) utiliza diversos sustratos pueden ser de superficie absorbente o no, (b) produce cortas corridas garantizando una relación de costo/beneficio, (c) utiliza una variedad de tintas desde a base de agua hasta cura UV, (d) las planchas de impresión en relieve puede producir varios millones de impresiones, (e) se adapta a una línea de producción continua, (f) se adapta a producciones más cortas pero sus tiempos de cambios de forma y ajuste son menores [9].

3.2 Lean manufacturing para la estandarización de procesos

El lean manufacturing se considera un paradigma que persigue la eficiencia en la fabricación de productos. Desde 1950 a 1980, en Japón se había creado una filosofía

de trabajo que permitió que las empresas automovilísticas pasaran de una producción insignificante a producir 7 millones de automóviles en cada año [3]. John Krafcik, ingeniero miembro del MIT International Motor Vhicle Program (IMVP), fue el primero en utilizar el término de Lean Manufacturing para describir nuevas técnicas y métodos de producción con mayor eficiencia, y además es un modelo que busca fabricar productos con mayor calidad, y un alto nivel de servicio [10].

Con base en la eliminación de las pérdidas o desperdicios que se generan en los diferentes sistemas de productivos. Diferentes autores describen a Lean manufacturing como una filosofía que se enfoca en la eliminación de los desperdicios, un conjunto de herramientas que permiten que las organizaciones logren identificar y eliminar los desperdicios o mudas. Esto permite que se mejore la calidad, la reducción de tiempos en la entrega del producto al consumidor y reducir los costos de producción [11].

Tabla 2 *Descripción de desperdicios en Lean Manufacturing*

N°	Desperdicios
1	Sobreproducción hace referencia a producir en cantidades mayores a las requeridas por el cliente.
2	Tiempo de espera o demoras, es decir las operaciones no empiezan por falta de material o información.
3	El inventario, en todas las empresas hay la existencia de inventarios con el fin de satisfacer la demanda tanto de los cliente interno o externo, pero en mantener un elevado número de ítems en una bodega o entre proceso genera un costo significativo para las empresas.

4	El transporte, es decir cuando no se tiene de forma estratégica la ubicación correcta de las máquinas para disminuir ese tiempo de traslado de material o información.
5	Los defectos, estos implican exista una repetición de proceso.
6	Desperdicios de procesos sin duda esto no agrega valor al producto final
7	Movimiento que hace referencia al traslado de las personas o máquinas
8	Subutilización del personal se refiere a que existen colaboradores con habilidades y capacidades muy fuertes, pero no son utilizadas correctamente

Nota. Datos tomados de Lean manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitivade familias de productos mediante procesos discretos, Madariaga (2019).

Por otra parte, lean manufacturing que en español se traduce como “manufactura esbelta”, corresponde al sistema justo a tiempo en el occidente mientras que otros lo identifican como manufactura de clase mundial y sistema de producción Toyota [3]. Así mismo, se lo describe como un sistema continuo que permite identificar y eliminar desperdicios, excesos o desgastes de recursos, lo cual se entiende como aquellos recursos, actividades o procesos que no generan valor, pero si un alto costo y mayor actividad laboral [12]. Por lo tanto, el presente modelo se efectúa con un equipo de trabajo organizado y debidamente capacitado, lo cual promueva una alta capacidad de liderazgo y así estructurar una nueva cultura.

Figura 2 *Implicaciones del éxito y cambios significativos*

Liderazgo	Herramientas	Cultura
• Desarrollo de metas u objetivos a corto, mediano y largo plazo. • Planifica la ejecución y monitoreo de proyectos con los disposición de recursos suficientes. • Direcciona hacia un cambio radical dentro de una entidad.	• La dispobinilidad de herramientas, materiales o recursos es un factor muy importante pero sin una eficiente gestión no cumplirá con lo requerido.	• Se enfoca en la forma deser, pensar y actuar de un grupo de personas o toda una sociedad hasta una empresa. • su prinicpal característica son los hábitos.

Fuente: Socconini Pérez Gómez, L. V., 2019.

3.1.1 Herramientas de Lean manufacturing

Las principales herramientas de Lean son 5S, SMED, TPM (Mantenimiento total productivo), los sistemas Pull, células de manufactura, Kanban, Flujo continuo, Poka yoke, Kaizen, Jidoka (Costruyendo la calidad) y VSM (Values stream mapping), las mismas que constituyen un gran aporte en el desarrollo, planificación y mejoramiento de procesos permitiendo que éstos provean de gran valor a una entidad independientemente al sector que corresponda [13]. Sin embargo, para la ejecución plena de dichas herramientas debe existir el compromiso y así mismo garantizar su eficiencia se debe evaluar y preservar un seguimiento de la cultura y hábitos adquiridos durante el desarrollo del Lean Manufacturing, ya que estos también son factores claves para la consistencia, edificación e implementación de otras herramientas [12].

Figura 3 *Lean Manufacturing y sus herramientas*

Fuente: Socconini Pérez Gómez, L. V., 2019.

Entre las herramientas más importantes del lean Manufacturing se presenta las 5S, la cual fue implementada por Hiroyuki Hirano. Las 5S se las consideran como la principal herramienta para el proceso de mejora, la cual se enfoca en el orden y limpieza constituyéndose como una metodología y disciplina de mejora continua para garantizar la productividad y un buen acondicionamiento en el puesto de trabajo o lugar donde se desarrolle las actividades [13]. El objetivo principal no es solo mantener limpio el espacio de trabajo sino preservar un autocontrol organizacional para la constitución de procesos más fuerte de alta tecnología y con excelente inversión con la ejecución de 5 pasos, conocidos como: Seire (seleccionar), Seiton (organizar), Seiso (limpiar), Seiketsu (estandarizar) y Seitsuke(seguimiento) [14].

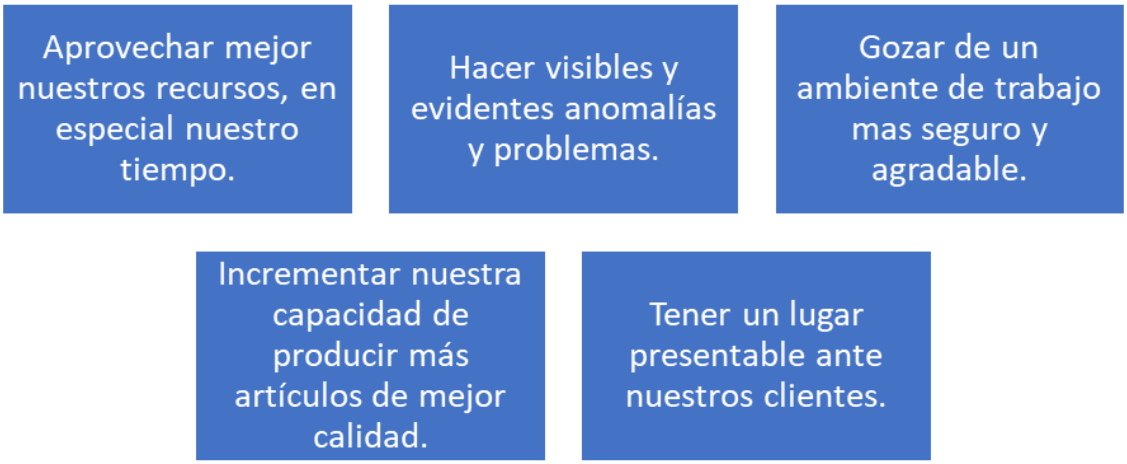
Figura 4 *Descripción de las 5 S*

Seiri Seleccionar	Es remover del área o lugar de trabajo todos los artículos que no son necesarios e indispensables.
Seiton Organizar	Es ordenar los artículos necesarios e importantes para el desarrollo efectivo de actividades determinando el espacio específico y adecuado dentro del lugar de trabajo.
Seiso Limpiar	Realtivamente significa eliminar la suciedad.
Seiketsu Estandarizar	Es lograr que los procesos, procedimientos y actividades se desarrollen y ejecuten coordina y constantemente.
Seitsuke Seguimiento	Se enfoca en el control y promulgar como un hábito y costumbre el desarrollo de las actividades implementadas mediante las 5S y asi garantizar un buen funcionamiento de las áresa de trabajo.

Fuente: Socconini Pérez Gómez, L. V., 2019.

La programación de las 5 S contribuye al uso adecuado de cada recurso, herramienta o material dentro de un área trabajo, a su vez, con su implementación se logra:

Figura 5 *Objetivos de las 5 S*



Fuente: Socconini Pérez Gómez, L. V., 2019.

Por otra parte, se presenta como otra herramienta del lean, el conocido Kaizen, el cual corresponde a un conjunto de metas y acciones ejecutadas dentro de un grupo de trabajo para el desarrollo de procesos productivos con la finalidad de elevar los estándares de resultados de los actuales procesos promoviendo un alto nivel de productividad y, por consiguiente, la rentabilidad de la empresa [15].

Figura 6 *Utilidad de Kaizen*

Fuente: Socconini Pérez Gómez, L. V., 2019.

En definitiva, el método Kaizen como principal función el reducir muda, mura y muris tal como se describe en la figura 6, así mismo basado en ese enfoque busca distribuir las actividades y moldear el tradicional proceso a un sistema y esquema con un alto nivel de participación de aquellas actividades que generan mayor valor agregado a la empresa con el apoyo de un buen aprovechamiento de recursos y elevar la rentabilidad de la empresa y fidelidad del cliente, tal como se refleja en la siguiente figura [12].

Figura 7 *Resultados esperados de Kaizen*

Proceso Actual

- 15% Actividades necesarias: juntas, mantenimiento, etc.
- 35% Actividades de valor agregado
- 50% Actividades que no agregan valor

Con método Kaizen

- 10% Actividades que no agregan valor
- 10% Actividades necesarias: juntas, mantenimiento, etc.
- 80% Actividades de valor agregado

Fuente: Socconini Pérez Gómez, L. V., 2019.

Además, Lean Manufacturing no solo provee de herramientas para garantizar la calidad de un proceso sino también incluye herramientas que promueven la efectividad de una maquina o equipo, entre las que se destaca el mantenimiento productivo total (TPM), la cual se conserva como un método de mejora que permite maximizar la eficiencia global de los equipos, y además aumentar el ciclo de vida de los equipos o máquinas [16]. De tal manera que se preserve la continuidad de las actividades operativas de la empresa, en sí esto atribuye a la prevención, a la reducción total de defectos por maquinas, reducción total de accidentes y sobre todo un alto nivel de participación de los operadores o personal que pertenezcan a la área operativa o administrativa. En esta herramienta deben involucrase todos los departamentos de la organización para una buena implementación [17].

Figura 8 *Utilidades del TPM*

- Mejora la calidad, ya que maquinas mas precisas producen partes con menos variación y, por ende, de mejor calidad.
- Mejora la productividad al aumentar la disponibilidad del equipo. De esta manera, el tiempo se aprovechará mayormente en actividades que generan valor.
- Permite mejorar el servicio a los clientes y, por ende, su confianza, ya que las máquinas serán más fiables y estaran disponibles cuando se necesiten.
- Da continuidad en las operaciones de la planta. ° Mejora el uso y aprovechamiento de los equipos.
- Involucra a los operadores en el cuidado y mantenimiento de sus equipos.
- Reduce significativamente los gastos por mantenimiento correctivo (descomposturas no programadas).
- Reduce el número de defectos y productos rechazados que son generados por maquinas en mal estado.
- Reduce los costos operativos hasta un 30 %.

Fuente: Socconini Pérez Gómez, L. V., 2019.

Values stream mapping (VSM): Es una herramienta que de manera gráfica muestra la secuencia de un proceso productivo o de servicio, muestra el flujo de material e información entre los principales actores de un proceso productivo tales como; clientes, proveedores y la parte productiva de la organización. Esta herramienta permite tantear de forma global lo está pasando en la organización, es una guía de inicio para la implementación Lean o mejoras [18].

Justo a tiempo (JIT): Se basa en tres objetivos, producir lo que se necesita, cuando se necesite y la cantidad que se necesite. Utilizando lo mínimo en recursos de materiales, mano de obra y espacio [19].

Poka yoke: Está enfocado en evitar que los errores humanos se conviertan en defectos, se caracteriza por inspeccionar 100% a la calidad de los productos, las paradas inmediatas luego de un aviso o alarma, y la inspección realizada no aumenta el tiempo del proceso [20].

SMED: Esta herramienta está enfocada principalmente en la reducción de tiempos de preparación de máquina, es decir convertir los tiempos internos a externos [21].

3.2 El método de Pareto y su aplicación en el análisis de la información para la toma de decisiones

Pareto es una herramienta de tipo exploratoria, que permite representar la frecuencia ocurrencia de una actividad y está en que porcentaje afecta a nuestro caso de estudio, la regla del 80-20. Con base en el estudio realizado por Abril [22] en un sistema de impresión, con datos recolectados durante el cambio de formato o preparación de máquina arrojaron como resultado el aumento de tiempo que no agregar valor al proceso se da por la aprobación del cliente, esperas por ajuste de tono y actividades de limpieza entre otras. En base al caso planteado, se comprueba que esta herramienta es de gran utilidad para determinación de actividad que aumentó los tiempos de preparación.

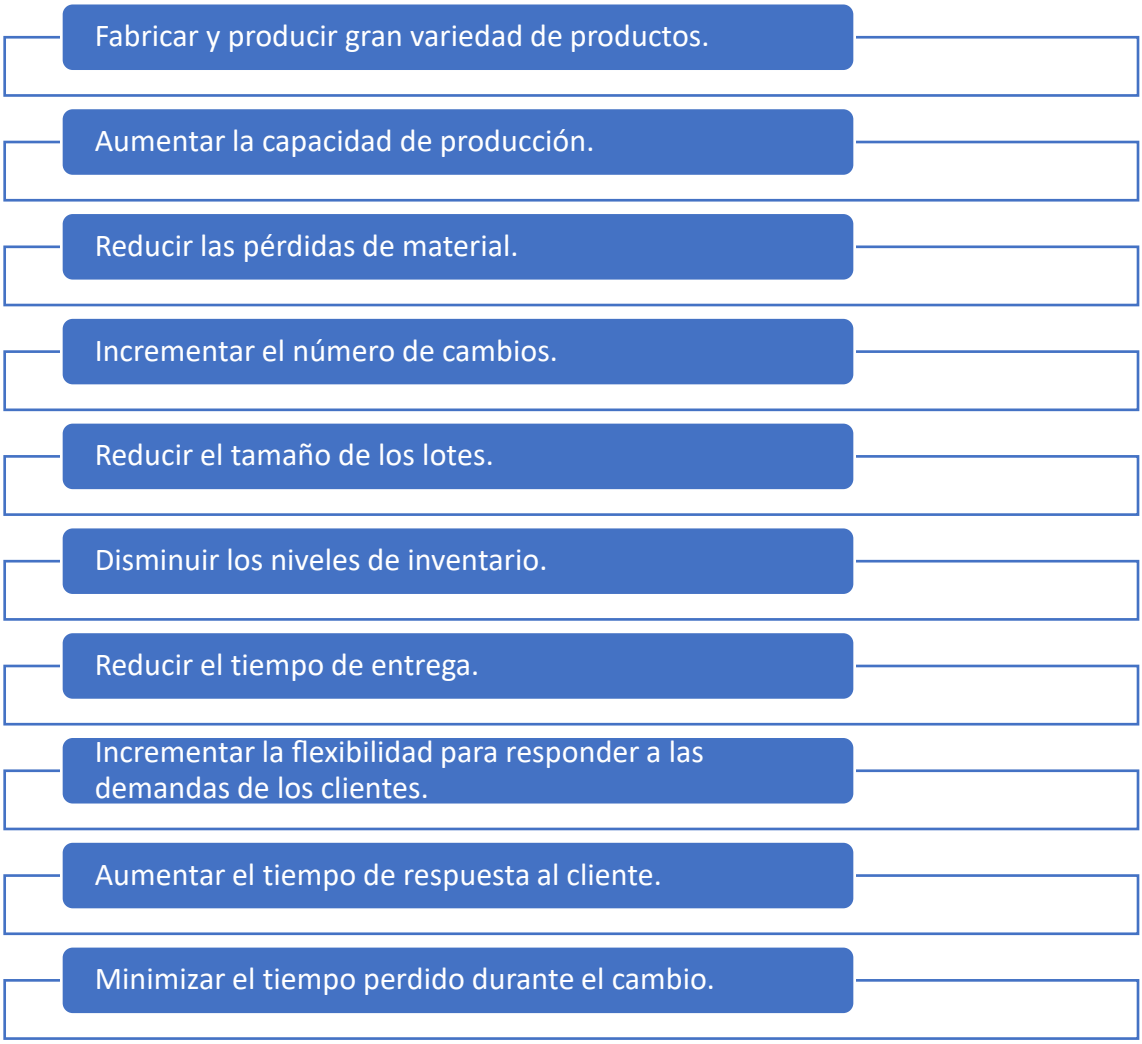
3.3 SMED y su aplicación en la reducción de tiempos de preparación o cambio de formato

Esta herramienta surgió por la necesidad de reducir los tiempos de preparación en Toyota fue creada por Shigeo Dhingo, y por sus siglas en ingles “Single Minute Exchange of Die” una vaga traducción al español seria Cambio de formato en digito de minuto, para conseguir la reducción de tiempo es necesario estudiar el proceso

a detalle para plantear los cambios necesarios en las herramientas, máquinas o la presentación del producto [22].

El tiempo de preparación es aquel tiempo que se requiere para realizar un conjunto de actividades, que permite cubrir con las necesidades requeridas para la elaboración de un producto como tal con características propias de él. Éstas pueden ser de dos tipos: externas e internas, en las primeras se las pueden realizar con la máquina en funcionamiento o encendida, mientras que las actividades internas requieren que la máquina no esté en funcionamiento. Las actividades internas siempre se buscan eliminar o reducir, para las externas se busca siempre optimizar [23].

Figura 9 *Utilidades de la metodología SMED*



Fuente: Socconini Pérez Gómez, L. V., 2019.

3.3.1 Tiempos rojos y tiempos verdes dentro de un proceso productivo

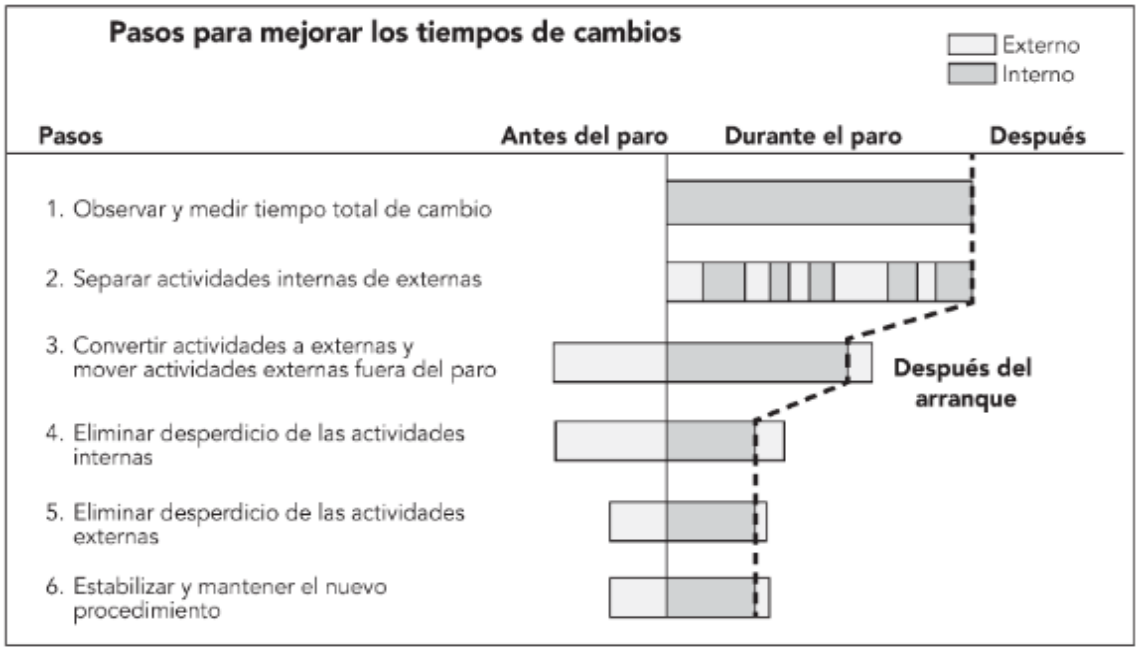
Tiempos rojos se refieren a todos aquellos tiempos de preparación y cambio de máquina, es decir el tiempo de preparación en la empresa es cuando se realizan los ajustes de los herramentales, los ajustes de tintas, entre otros. Mientras que los tiempos de cambio es cuando se este cambio de producto a otro que tenga

diferentes características, y es necesario ajustar las necesidades para el nuevo producto. Tiempos verdes es el tiempo productivo, cuando la máquina ya está corriendo o en marcha, en función a las características del producto [23].

3.3.2 Método para convertir actividades internas en externas para la mejora de procesos

En sí, la metodología SMED se desarrolla en un plazo aproximado de 3 a 5 días y en caso de requerirse más tiempo para profundizar y estudiar el proceso productivo de una maquina puede llegar hasta dos meses. La metodología SMED contribuirá en la observación y medición de tiempos totales de cambios, clasificar las actividades internas como externas para su posterior cambio y conversión de actividades internas a externas. Así mismo, esta identificación y clasificación de actividades permitirá eliminar desperdicios y plantear propuestas de mejora para la ejecución de procedimiento nuevo [24]. Tal como lo describe la siguiente figura.

Figura 10 *Pasos de la metodología SMED*



Fuente: Socconini Pérez Gómez, L. V., 2019.

Para la implementación de SMED se inicia con la etapa preliminar la que requiere un análisis detallado del proceso. En esta etapa se registran los tiempos de cambios, es decir se busca conocer la media y la variabilidad, realizar anotaciones de sus posibles causas. El siguiente paso consiste en estudiar las condiciones de los cambios (de un producto a otro), donde se realiza un acercamiento con los operarios de la máquina y se graba un vídeo y registra el tiempo con cronómetro [24].

Etapa 1: Se enfoca en separar las actividades internas y externas, primero se debe elaborar una lista con todas las actividades que se realizan en máquina cuando se va a realizar un cambio de orden, es una de las etapas más importante de esta herramienta puesto que se deben identificar correctamente las actividades internas y externas, para comenzar bien con la implementación y no retroceder en pasos posteriores [25].

Etapa 2: Está enfocada en convertir las actividades internas en externas, ya que la metodología fue creada con el fin de reducir el tiempo de preparación o cambio de producto, al transferir las actividades internas que se realizan con máquina encendida a actividades externas, se reduce notoriamente el tiempo puesto que existirán mayor cantidad de actividades que se hagan con la máquina en marcha y produciendo. Esto beneficia mucho cuando se trabaja con productos con ordenes pequeñas, y permitirá que la organización pueda ofrecer variedad [25].

Etapa 3: Hace referencia a optimizar tanto las actividades internas restantes y las actividades externas, es decir se busca perfeccionar estas a tareas.

Descrita la herramienta de manera rápida y sencilla, una aplicación observada en el caso de estudio de Pantoja & Castrillón [26] en la empresa de Occidental de

Empaques S.A. dedicada a la fabricación de empaques de multipliego para la industria cementera, y entre otras. Su problemática radicaba en el proceso de impresión, pues existía un elevado tiempo de cambio o ajustes de tintas, como resultado de aplicar la herramienta SMED para mejor y estandarizar el proceso, permitiendo así la reducción de tiempos de cambios y aumento la productividad lograron minimizar los tiempos de cambios en un 20 %, y aumentar en un 10 % la productividad. Es decir, se mejoró la eficiencia de la máquina de impresión.

3.4 OEE

El OEE es una medición sobre la efectividad de máquinas, es así que sus siglas se describen como Overall equipment efficiency, dicha herramienta es requerida para saber a ciencia cierta la capacidad real de producción sin ningún posible defecto. En caso de estudio llevado a cabo por Villamar [27] en la implementación de un método para la medición de OEE en un proceso de impresión de flexográfica, llegaron a diversas conclusiones tales como el implementar este tipo de indicador no se soluciona todas las causas de perdida por tiempos o esperas, pero si es una herramienta muy buena para la toma de decisiones en los diferentes departamentos de la empresa. Este indicador global brinda una visión más amplia de que está pasando en la empresa, lo que permite que se puedan tomas decisiones en busca de mejorar continuamente el proceso productivo. Es así como se describe cada una de las fórmulas para su cálculo, lo que es necesario conocer el tiempo total, tiempo disponible, operativo, muerto y así determinar la disponibilidad, eficiencia y calidad [12].

Tabla 3 *Fórmulas para hallar el OEE*

Fórmula	Variables
Tiempo total	tiempo disponible + tiempo planeado (comida, reuniones, etc.).
Tiempo disponible.	tiempo total — tiempo planeado.
Tiempo operativo	tiempo total — tiempo planeado — tiempo muerto.
Tiempo muerto.	tiempo de descomposturas + tiempo de cambio de producto
Disponibilidad	(tiempo disponible - tiempo muerto) + tiempo disponible.
Eficiencia	producción total + (tiempo operativo x capacidad).
Calidad	(producción total — defectos y repetición de tareas) + producción total.
OEE	disponibilidad >< eficiencia >< calidad

Fuente: Socconini Pérez Gómez, L. V., 2019.

4. Materiales y metodología

4.1 Tipo, diseño y nivel de investigación

El tipo de investigación a usarse durante el desarrollo de esta investigación es de índole retrospectiva y longitudinal porque busca determinar las principales causas de la reducción de la eficiencia operativa en la impresora MPS EF-410 en el comparativo primer semestre del año 2020/2021 que permitan establecer las prioridades para la mejora del proceso.

El diseño de esta investigación es no experimental por cuanto se evalúa la situación actual en base a los datos disponible del sistema ERP CERM que es alimentada durante la preparación o tiempos de cambios por parte del operador de producción luego de forma automática con la impresora a plena velocidad y después por el mismo operador de producción activando una alerta que determina la culminación de la orden. Esta actividad genera una información que es contrastada por el mismo sistema, versus el estándar o receta, permitiendo el registro e identificación de tiempos productivos e improductivos.

Por otro lado, el nivel de esta investigación es práctica o empírica ya que busca la aplicación o utilización de los conocimientos obtenidos cuya aplicación sea inmediata y replicable para el resto de las impresoras que forman parte del parque industrial de la compañía. En cuanto al alcance de la investigación, es de carácter exploratorio ya que busca explicar y dar respuesta al origen de los eventos a los que se hace referencia.

4.2 Método de investigación

Para la presente investigación se realizará un método analítico con un enfoque exploratorio y explicativo porque se analizará la información disponible para encontrar la causa raíz que permita establecer acciones efectivas en la solución del problema, para ello se revisarán los siguientes puntos:

- Se analizará la información disponible en el sistema ERP CERM.
- Se determinará la variación de la eficiencia operativa según datos obtenidos.
- Se identificará las principales causas de la variación de la eficiencia operativa.
- Se interpretará los datos obtenidos generando planes de acción específicos.
- Conclusiones y evaluación de los resultados.

4.3 Población y muestra

En este estudio se considera como población a las órdenes de fabricación realizadas en la impresora flexográfica MPS EF-410 sin ser necesario considerar una muestra, en definitiva, se produjo en el primer semestre del 2020 un total de 8118 órdenes mientras que en el primer semestre del 2021 se desarrolló un total de 4675 órdenes.

4.4 Técnicas e instrumentos de Investigación

Para una mejor estructura, recopilación y revisión del tema de estudio, se optó como recurso de fuentes de información lo siguiente: (a) fuentes primarias: Son aquellos medios de investigación utilizados que permiten obtener de manera directa información de las variables de estudio, por lo cual se empleará la entrevista y documentación propia de la empresa.

Fuentes secundarias: Para llevar a efecto el presente trabajo de investigación, se realizará un análisis o revisión bibliográfica de artículos académicos y libros sobre temas similares, que contribuyan en los resultados y explicación de las variables del presente estudio.

Mientras como parte del análisis de datos de las variables del presente estudio se implementará el análisis y base de datos del sistema ERP llamado CERM.

Sistema ERP CERM: es un programa nativo de la impresora flexográfica, el cual cuenta con un cronómetro para que los operarios ingresan los tiempos de paro o tiempos de preparación en el sistema y luego éste realiza la medición.

Microsoft Excel: Mediante este programa se ejecutará el procesamiento de información del sistema ERP CERM, donde se procede el desarrollo de tablas que contienen los tiempos incurridos por actividad o etapa del proceso de impresión. En sí, se desarrolla un análisis descriptivo de las variables cuantificables.

4.5 Operacionalización de las variables

La operacionalización es un proceso mediante el cual la variable se transforma de un nivel abstracto a un nivel empírico, observable, medible. Consta de la definición conceptual, definición operacional, dimensiones e indicadores. Para el efecto deberá primero identificar las variables independientes y dependientes de cada hipótesis y luego armar la matriz de operacionalización. Para este caso de estudio planteado, que es aumentar la eficiencia operativa de la impresora flexográfica MPS EF-410, siendo la eficiencia de los equipos medida por la métrica OEE (Overall Equipment Effectiveness) a la vez esta métrica tiene tres variables: calidad,

rendimiento y disponibilidad, todas ellas en función del tiempo. Por lo tanto, centrándonos en la variable de disponibilidad tenemos:

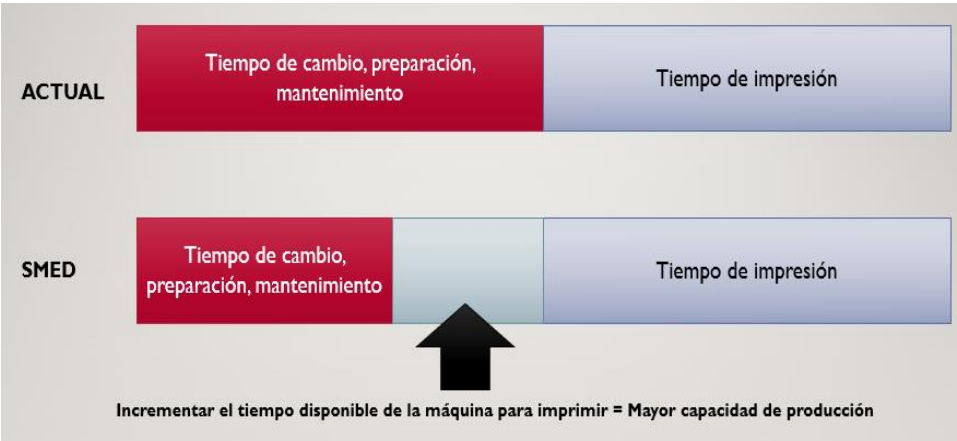
Tabla 4 *Descripción de las Variables*

Variable dependiente	Variable independiente
Propuesta con mejoras de procesos.	Propuesta con mejoras de procesos.
Tiempo de trabajo por máquina.	Tiempo de producción
Tiempo de ajuste o cambio de formato (setup).	Paradas no planificadas.
Plan específico de mejoras.	Propuesta de estandarización de proceso.
Mejoras en el costo de producción.	Eficiencia operativa.
Mejoras en competitividad.	

5. Resultados y discusión

En esta sección, se busca cumplir con los objetivos de la investigación, tanto el general como los específicos, en primera instancia, se analizará la base del sistema ERP CERM, donde se registra los tiempos en horas de cada fase del proceso operativo del centro de costo de impresión, dicha información se clasificará en tablas, de tal manera se pueda agrupar cada actividad por hora y por año, y así efectuar un análisis descriptivo e identificar los tiempos totales incurridos. Posteriormente, mediante la aplicación de la ley de Pareto durante la fase preliminar se definirá con más precisión las actividades que requieren una mayor gestión sobre el tiempo utilizado y así empezar con las próximas etapas de la metodología SMED. Sin embargo, será necesario utilizar una orden como referencia para la toma de tiempos y así redistribuir los tiempos y rediseñar sus actividades a menor tiempo. De manera gráfica a continuación se representa lo que se desea llegar con la metodología SMED.

Figura 11 *Aplicación de la metodología SMED*



Fuente: ERP CERM

Por ende, con la aplicación de la metodología SMED en los tiempos de preparación o setup times, se pretende reducir dichos tiempos y elevar los tiempos de impresión, y por ende elevar la capacidad de producción de la impresora flexográfica. Para lo cual, primero se revisará los tiempos de la impresora durante los 6 primeros meses del año 2020, 2021 y 2022, con la finalidad de analizar los tiempos totales de producción

5.1 Etapa preliminar u observación según metodología SMED

En este apartado se visualiza el funcionamiento de la máquina y las actividades ejecutadas durante el proceso de impresión, donde se incluye la disponibilidad de trabajadores, lugar de los recursos materiales durante los tiempos de preparación de la impresora para el respectivo cambio formato. De tal manera, esta observación permita determinar todas la funciones y actividades o subprocesos que se ejecutan a diario dentro de este centro de costo y a su vez, identificar las actividades o subprocesos que se realizan de manera errónea. Además, se observa que la empresa no lleva un control de calidad que garantice una mayor eficiencia en la operatividad de la empresa en relación con la impresora flexográfica.

Tabla 5 *Subprocesos en el centro de costo de la impresora flexográfica*

Desmontaje	Montaje
Bajar y pesar rollo	Revisar Orden.
Cerrar orden anterior en sistemas y abrir nueva.	Ubicar Bandejas.
Sacar rollo fuera de máquina.	Traer tinta.
Cerrar orden manual.	Colocar tinta.
Limpieza de cireles montados.	Traer anilox de lavadora.
Subir y retirar portaplanchas de cada estación.	Ubicar Anilox.
Llevar los portaplanchas hasta montaje. Abrir	Ubicar Raclas.
Unidad (Aflojar Portaraclas, Sacar Portaraclas).	Cierre de unidad.
Traer carro.	Ubicar Portaplanchas.
Retirar Anilox.	Transmitir datos de máquina.
Llevar anilox a lavadora.	Bajar Portaplanchas.
Retirar bandeja fuera de máquina.	Limpieza de cireles montados.
Bajar tinta.	Traer material de fuera de
Limpieza de bandejas.	máquina.
Limpieza Rodillos.	Colocar material para registros.
Limpieza Anilox (manual).	Cruce de material.
Limpieza Anilox (lavadora).	Registro de cada estación.
Limpieza Portaraclas	Ajuste de color.

5.1.1 Cambios de formato

La impresora entra en funcionamiento a partir de la entrega de una orden de producción, la misma que detalla las especificaciones del producto a imprimir tales como: color, medidas, materiales, herramientas y cantidad requerida. Por lo tanto, una vez que se conozca la orden deberá inmediatamente alistar los implementos requeridos, de igual manera, deberá ser al momento de suscitarse un cambio de formato, aunque en ese proceso se observa un tiempo de desgaste ya que implica quitar, mover y limpiar las herramientas utilizadas del proceso anterior y sobre todo

ejecutar las modificaciones en el sistema de la impresora en base al nuevo lote de producción. Es así que se identifica que el tiempo de desgaste se produce principalmente porque las actividades de los trabajadores operativos de la planta no tienen definidas sus actividades y pues toman su tiempo en la limpieza.

Por consiguiente, se presentará el tiempo en horas sobre cada actividad que interviene en el proceso de impresión durante el primer semestre del año 2020,2021, y 2022.

Tabla 6 *Tiempos totales en horas de las actividades de producción durante el primer semestre del año 2020*

Actividades	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Impresión	291,55	312,5	310,94	298,02	383,59	301,94	1596,6
Preparación	75,24	80,5	52,21	36,99	41,43	57,27	286,37
Limpieza al final de la producción	34,53	44,08	38,39	26,56	32,73	34,08	176,29
Parada	75,03	95,93	75,49	69,97	81,51	96,6	397,93
Mantenimiento	7,58	11,95	12,44	6,93	4,77	3,86	43,67
Total	483,93	544,96	489,47	438,47	544,03	493,75	2500,86

Fuente: ERP CERM

De acuerdo con la tabla 6 se identifica que, durante el primer semestre del año 2020, registra un altibajo en los tiempos totales de producción de la impresora flexográfica, donde al imprimir más horas registra un mayor número de tiempo improductivo cuando a más demanda del producto se debería racionalizar los tiempos de no productivos. Se observa que el mes de mayo se optimizo el tiempo no productivo, lo cual indica que si existe la posibilidad de optimizar el tiempo y ganar una mayor eficiencia en el proceso productivo promoviendo una mayor capacidad de producción.

Tabla 7 *Tiempos totales en horas de las actividades de producción durante el primer semestre del año 2021*

Actividades	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	Total
Impresión	261,46	333,03	350,71	449,78	357,1	380,4	2132,48
Preparación	34,42	36,45	44,76	72,19	51,54	59,03	298,39
Limpieza al final de la producción	30,46	31,25	42,83	51,31	35,46	45,65	236,96
Parada	47,53	72,23	82,56	97,53	101,28	81,37	482,5
Mantenimiento	11,38	9,61	8,67	11,79	6,01	5,14	52,6
Total	385,25	482,57	529,53	682,6	551,39	571,59	3202,93

Fuente: ERP CERM

Mientras que, para el primer semestre del 2021, se observa un mayor volumen en el tiempo de impresión, sin embargo se observa un crecimiento en los tiempos no productivos a medida se incrementa el tiempo de impresión, lo cual puede atribuirse a cambios de formatos frecuentes sin embargo esto no es justificación para que se cree mayor tiempo de preparación, limpieza, paradas o de mantenimiento sino que se empleen estrategias eficientes que agilicen dichos procesos y elevar aún más la capacidad productiva.

Tabla 8 *Tiempos totales en horas de las actividades de producción durante el primer semestre del año 2022*

Actividades	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Impresión	290,86	370,27	349,78	374,66	294,1	357,58	2037,25
Preparación	40,36	74,33	44,1	69,52	64,9	65,8	359,01
Limpieza al final de la producción	39,75	37,13	32,54	55,28	42,95	40,22	247,87
Parada	69,79	75,03	84,57	118,44	88,56	86,77	523,16
Mantenimiento	7,99	13,16	11,83	8,61	11,09	7,4	60,08
Total	448,75	569,92	522,82	626,51	501,6	557,77	3227,37

Fuente: ERP CERM

En la tabla 8 se detalla el primer semestre del año 2022, donde se observa la misma tendencia de años anteriores que se suscita un desgaste de tiempo, tal como lo

manifiesta el mes de Abril, Mayo y Junio que superan las 200 horas de tiempo no productivo.

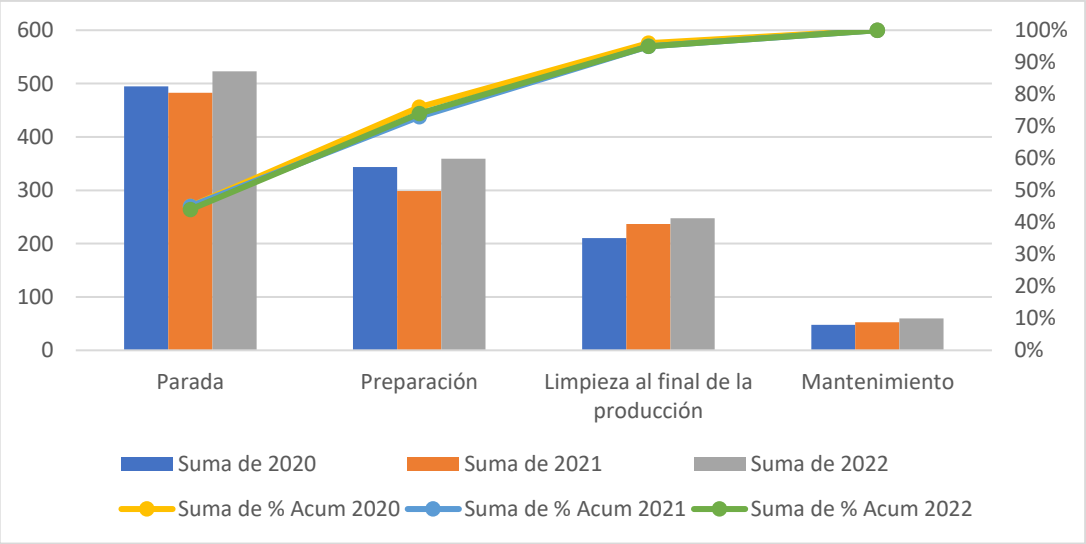
Tabla 9 *Set up de la impresora según Pareto*

Actividades	Horas 2020	% Acum	Horas 2021	% Acum	Horas 2022	% Acum
Parada	494.53	45%	482.5	45%	523.16	44%
Preparación	343.64	76%	298.39	73%	359.01	74%
Limpieza al final de la producción	210.37	96%	236.96	95%	247.87	95%
Mantenimiento	47.53	100%	52.6	100%	60.08	100%

Fuente: ERP CERM

Mediante la tabla 9 y la figura 12, bajo la regla de Pareto, se puede identificar que las actividades dentro del centro de costo de impresión que demandan un mayor tiempo son preparación, parada y limpieza, es decir que en esto procesos se buscará la reducción de tiempo. Sin embargo, se destaca que tanto las actividades de parada y limpieza se encuentran inmersas en la preparación por motivo de los dos procesos principales que se realiza en el centro de costo de impresiones.

Figura 12 *Diagrama de Pareto de los Set up de la impresora durante el primer semestre del periodo 2020-2022*



Fuente: ERP CERM

5.2 Primera etapa: División de actividades internas y externas.

En esta etapa se propone describir las actividades dentro del set up times previamente descritos, de tal manera se pueda identificar las actividades que se ejecutan al momento que la impresora está parada (internas) y aquellas actividades cuando la impresora está funcionando (externas).

Eventualmente, se identifica que ciertas actividades se realizan al finalizar la producción y la impresora queda parada, en vez de ser desarrolladas mientras la impresora está en funcionamiento previo al cambio del formato. Entre las que se destaca: (a) Traer material requerido para el nuevo formato mientras la impresora no está funcionando, (b) Limpieza de utensilios recién al finalizar la producción y la impresora queda parada, (c) No tienen listas las tintas, (d) Espera por montaje de cireles.

Tabla 10 *Definición de las actividades de la etapa de desmontaje*

Actividades Internas	Actividades Externas
1. Limpieza de cireles utilizados 2. Retirar portaplanchas 3. Trasladar las portaplanchas hasta montaje. 4. Corte de orden anterior y la apertura de la nueva orden en el sistema. 5. Se baja y pesa el rollo 6. Retirar rollo de la impresora 7. Se procede a abrir la unidad para aflojar las portaraclas y luego se las retira. 8. Acercar el carro 9. Retiro de anilox y llevarlo a la lavadora	1. Corte manual de la orden anterior

10. Retiro de bandeja y de tinta
11. Limpieza de bandeja, rodillos y portaraclas.
12. Limpieza de anilox a mano o lavadora.

Tabla 11 *Definición de las actividades de la etapa de montaje*

Actividades Internas	Actividades Externas
1. Revisión previa de la orden 2. Colocar bandejas y tintas, pero primero se debe ir a traer las tintas. 3. Trasladar las portaplanchas hasta montaje. 4. Ir a la lavadora a traer el anilox. 5. Colocar el anilox 6. Colocar el portaraclas 7. Se procede a cerrar la unidad 8. Colocar portaplanchas 9. Ingreso de detalles sobre la orden en la impresora 10. Bajar portaplanchas 11. Limpiar los cireles puestos 12. Traer el resto de material desde fuera de la impresora. 13. Ubicar material para registrarlos 14. Cruce de material 15. Realizar registro de cada estación 16. Ejecutar ajustes del color	1. Parada de la impresora por montaje

5.3 Segunda etapa: Conversión de actividades internas a actividades externas.

En esta etapa de la metodología SMED, se realizó un exhaustivo análisis y revisión de cada actividad previamente identificada en la primera etapa, de tal manera que se pueda trasladar ciertas actividades internas a externas con la finalidad de ganar más productividad en el centro de costo. Por lo cual, se pudo identificar actividades internas que ocasionan un desgaste de tiempo y lo cual puede ser aprovechado mientras está funcionando la impresora.

Tabla 12 *Conversión de actividades de la etapa de desmontaje*

Actividades Internas	Actividades Externas
1. Limpieza de cireles utilizados 2. Retirar portaplanchas 3. Corte de orden anterior y la apertura de la nueva orden en el sistema. 4. Se baja y pesa el rollo 5. Se procede a abrir la unidad para aflojar las portaraclas y luego se las retira. 6. Acercar el carro 7. Retiro de anilox y llevarlo a la lavadora 8. Retiro de bandeja 9. Limpieza de anilox a mano o lavadora.	1. Antes que finalice la orden, se debe traer los portaplanchas previo al montaje. 2. Limpieza de bandejas, portaraclas y resto de material utilizado 3. Retirar rollo de la impresora 4. Retirar tinta

Tabla 13 *Conversión de actividades de la etapa de montaje*

Actividades Internas	Actividades Externas
1. Colocar bandejas y tintas	1. Durante el desmontaje y previo a la parada de la máquina, se deberá revisar la orden.
2. Ir a la lavadora a traer el anilox.	2. Traer las tintas requeridas previo al desmontaje.
3. Colocar el anilox	3. Ejecutar ajustes del color
4. Colocar el portaraclas	4. Traer el resto de material desde fuera de la impresora.
5. Se procede a cerrar la unidad	
6. Colocar portaplanchas	
7. Ingreso de detalles sobre la orden en la impresora	
8. Bajar portaplanchas	
9. Limpiar los cireles puestos	
10. Ubicar material para registrarlos	
11. Cruce de material	
12. Realizar registro de cada estación	

5.4 Tercera etapa: Perfección de actividades internas y externas.

En la siguiente etapa, se busca ajustar y determinar las actividades definitivas y vitales a implementar en el proceso de cambio, así mismo se pudo identificar la disminución de setup times. Por lo tanto, para perfeccionar la definición de actividades se considera relevante lo siguiente:

- Estandarización de tiempos en actividades de cambio de formato.
- Implementar un registro más detallado de los procedimientos mejorados para garantizar un eficaz seguimiento y supervisión del tiempo.
- Establecer y estructurar un plan de capacitación al personal operativo sobre la reducción de tiempos.

- Plantear un sistema 5 ´S en el centro de costo principalmente sobre la limpieza y la organización de materiales.

5.5 Análisis de resultados

Luego del análisis preliminar y la etapa uno de la metodología SMED sobre el proceso y actividades del centro de costo de impresión, se pudo identificar que el proceso actual constaba de 28 actividades internas y 2 actividades externas. Por otra parte, también se pudo reestructurar las actividades para elevar el tiempo productivo y reducir el no productivo, donde se definió un total de 21 actividades internas y 8 actividades externas, lo cual representa una reducción del 25% en actividades internas y un aumento del 75% en actividades externas. De igual manera, se recomienda un plan de mejora, el cual se estructura en la tabla 13.

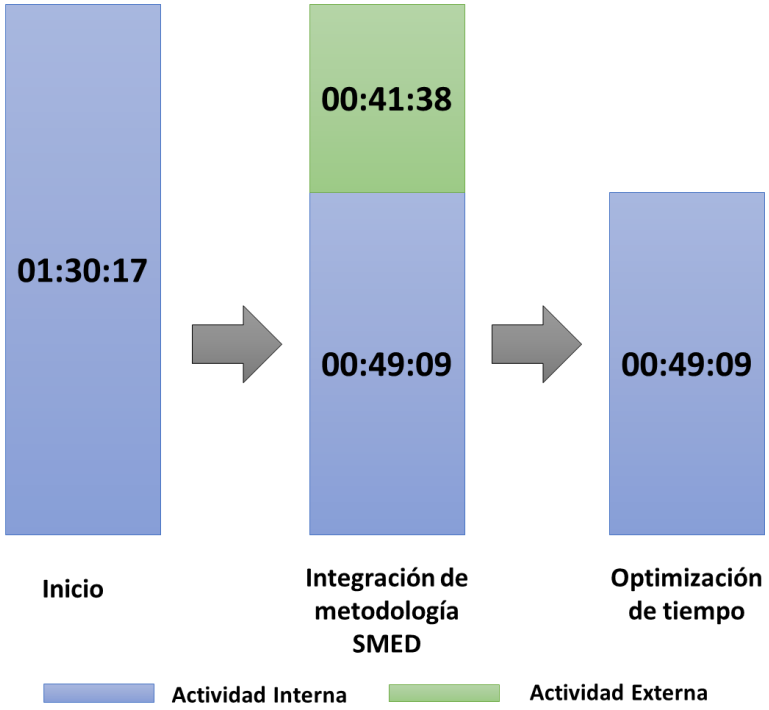
Tabla 14 *Plan de mejora bajo la metodología SMED*

Objetivo	Acciones y tareas
1. Definir los tiempos por actividad en el proceso de cambio de formato.	1. Observar los procesos del centro de costo. 2. Tomar el tiempo a las actividades ejecutadas 3. Efectuar el respectivo análisis y definición de tiempos estándar.
2. Determinar y asignar actividades del personal operativo.	1. Detallar las actividades en internas y externas 2. Incluir las modificaciones realizadas en las actividades. 3. Asignar actividades tanto internas como externas por trabajador.

3. Estructurar un procedimiento de documentación.	1. Definir el objetivo del proceso principal del centro de costo de impresión. 2. Establecer políticas, alcance y metas. 3. Desarrollo de flujogramas.
4. Estructurar un plan de capacitación para el personal operativo.	1. Cambiar la perspectiva del personal. 2. Estructurar un plan específico y sencillo. 3. Ejecución del programa mediante un horario de capacitación 4. Evaluar y analizar resultados.

Por otra parte, se evidenció que los sets up times incurren dentro de una hora y media regularmente, considerando esto como base se pretende determinar una estimación promedio sobre las actividades. Es así que se describe en tiempo lo que equivale la conversión de actividades internas en externas, de acuerdo a la determinación del tiempo del proceso del centro de costo de impresión, donde se identificó un total de 1 hora con 30 minutos y 17 segundos que al convertirlos en externas se evidencia una reducción de 41 minutos con 8 segundos.

Figura 13 *Setup times reducidos*



Fuente: ERP CERM

5.6 Desarrollo del plan de mejora

Durante esta sección se pretende detallar y garantizar el uso efectivo de la metodología SMED para la reducción de horas en el setup times de la impresora flexográfica.

En sí, el desarrollo de la presente propuesta garantiza un incremento en la eficiencia de la impresora, ya que se determinará mayor tiempo para el proceso de impresión y mediante la redistribución de actividades para el personal operativo se reduce el tiempo del resto de actividades ya que no dependerá de una sola persona ejecutar actividades internas como externas y más bien preestablecer un sistema más organizado y estructurado.

5.6.1 Estándar de tiempos

Para la estandarización de tiempos durante el cambio de formato, se calcula lo siguiente:

Tabla 15 *Tiempo de estándar en horas.*

Tiempo optimizado	Valoración por operador	Tiempo Base
00:49:09	0,95	00:46:42
Tiempo Base	Suplementario	Tiempo Estándar
00:46:43	1,0833	00:50:35

Dicho tiempo estándar fue establecido mediante la multiplicación del tiempo promedio ya optimizado por la valoración del operador que dio una puntación del 95%, generando, así como resultado el tiempo base, el cual luego se multiplica con los suplementarios dando como resultado un 0.083%, lo que equivale a una hora sobre un turno de 12 horas. Por ende, se obtiene un tiempo estándar de 50 minutos y 35 segundos.

5.6.2 Definición de actividades del personal operativo

En este apartado se detalla de manera equitativa y productiva las actividades tanto internas como externas para ganar una mayor productividad. Tal como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 16 *Funciones del personal operativo*

Operador		Auxiliar operario	
Desmontaje	Montaje	Desmontaje	Montaje
• Limpiar cireles en portaplanchas montados. • Desmontar portaplanchas • Abrir unidades • Traer carrito para el anilox • Retirar anilox, racla y bandeja de cada unidad	• Colocar bandejas en cada unidad • Colocar el anilox • Colocar el portaplanchas • Limpieza de cireles en portaplanchas • Ajuste de presión • Registro de estación	• Retirar el rollo de la impresora • Pesar el rollo • Corte de la orden anterior y apertura de la nueva orden. • Limpieza de anilox • Limpieza de raclas y bandejas, en caso de requerirse.	• Traer el anilox desde la lavadora • Ubicar el material requerido • Cruce de material • Ingreso de requerimientos a la impresora. • Poner las tintas en las bandejas ubicadas en la impresora. • Colocar raclas • Cierre de estaciones • Retirar portaplanchas • Registro de estación

5.6.3 Definición de procesos

Para definir y redistribuir el tiempo de los setup times o también conocido como tiempo de preparación, donde interviene el proceso de impresión, limpieza, parada y mantenimiento, lo que se deriva para los procesos de montaje y desmontaje. Por consiguiente, considerando las actividades definidas como internas y externas dentro del personal operativo y tomando en referencia el tiempo estándar, se procede a realizar la representación gráfica de dichas actividades.

Figura 14 *Diagrama de flujo del proceso de desmontaje*

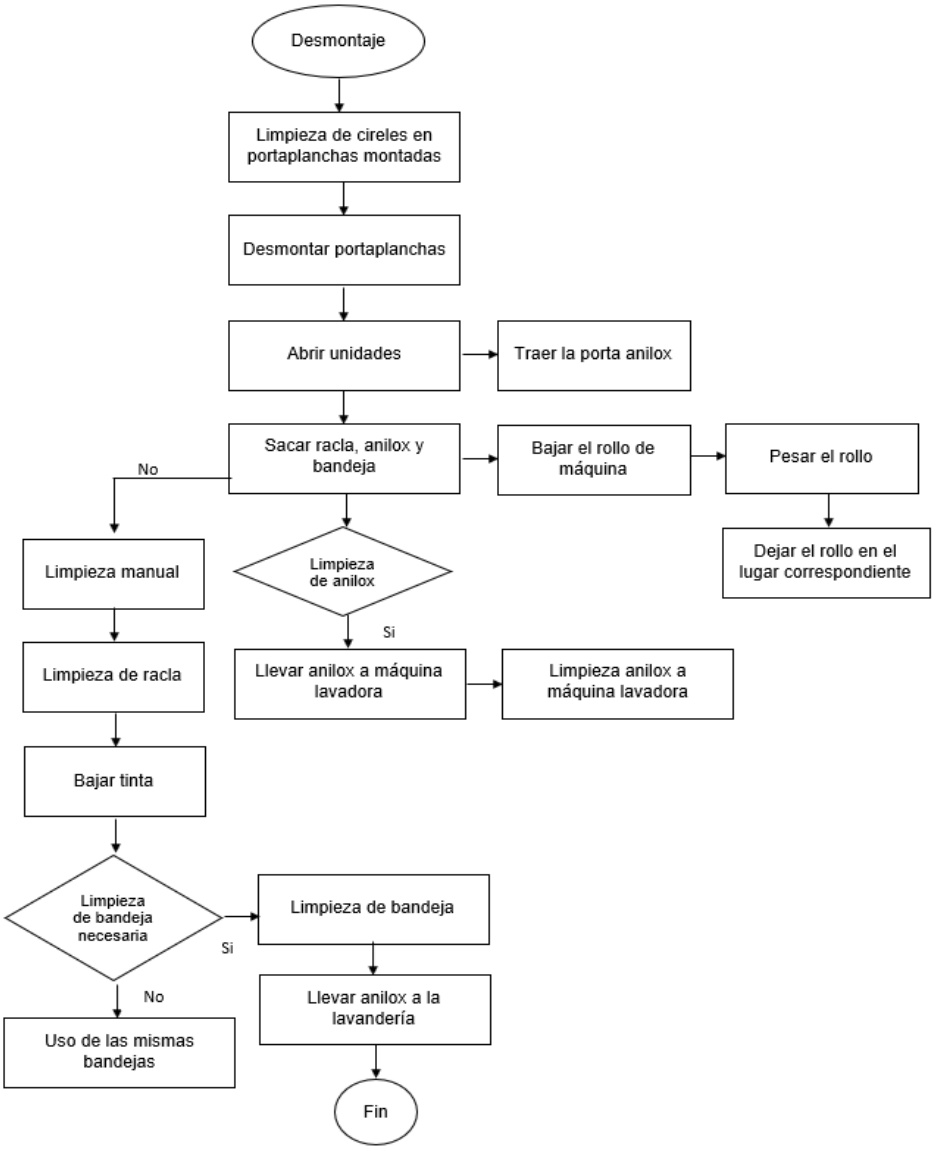
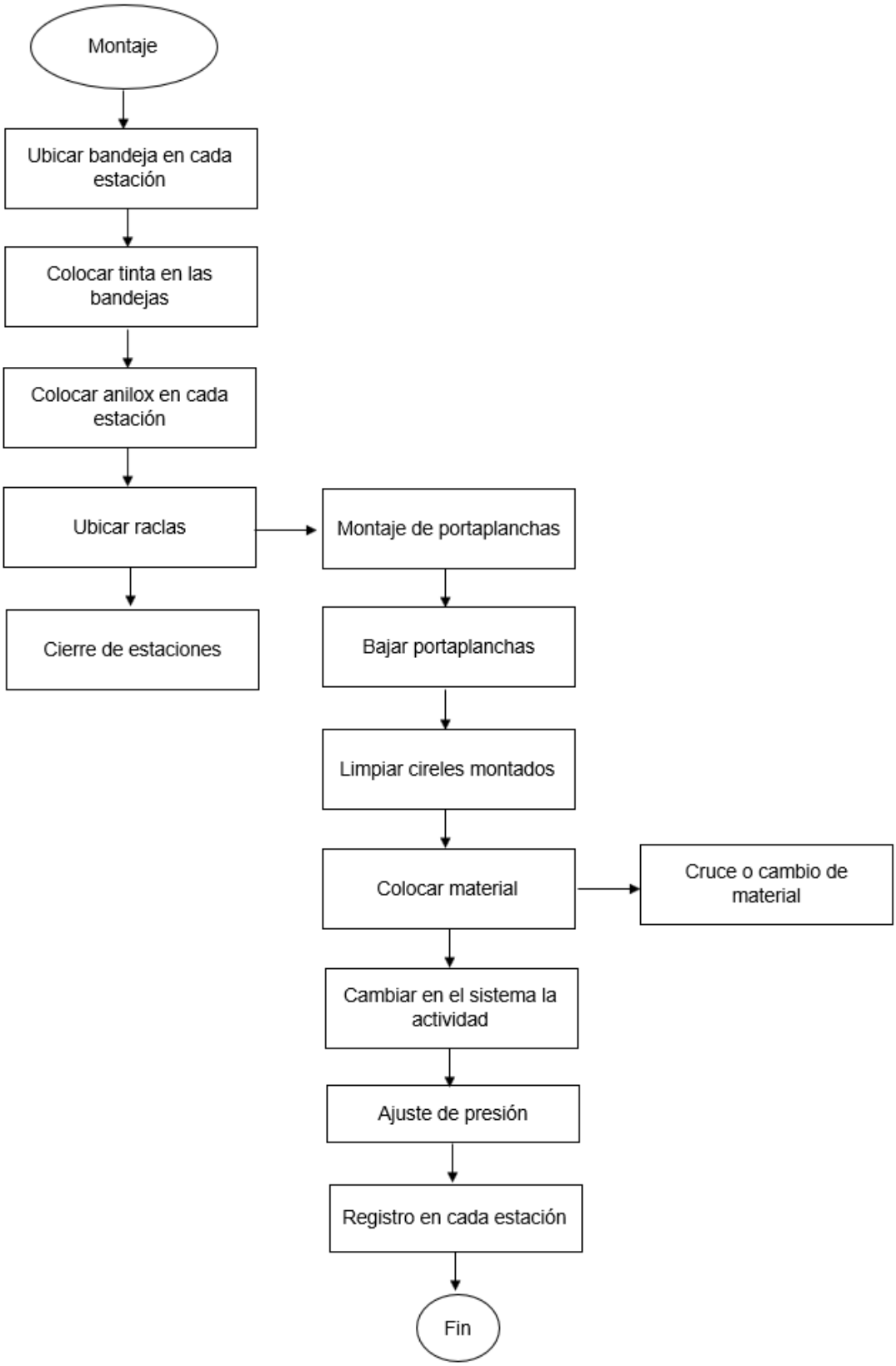


Figura 15 *Diagrama de flujo del proceso de montaje*



5.6.4 Plan de capacitación

De acuerdo con lo descrito previamente, se procede a capacitar al personal operativo del centro de costo de impresión para dar una explicación detallada del nuevo procedimiento y garantizar una distribución eficaz del tiempo en cada actividad sea interna como externa durante el cambio de formato. De igual manera, este plan permitirá desarrollar las habilidades y destrezas del personal sobre los setup times de la impresora flexográfica y así puedan obtener mayor experiencia y dar cumplimiento a los objetivos que busca la entidad.

Tabla 17 *Cronograma de actividades*

Actividades/Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8
Explicación de la metodología SMED	X							
Describir de la etapa 1 de la metodología SMED	x							
Describir de la etapa 2 de la metodología SMED		X						
Describir de la etapa 3 de la metodología SMED		x						
Explicación de preparar y estructurar flujogramas			x					
Inspección de un cambio de formato				x				
Análisis del proceso inspeccionado					x			
Evaluación de lo teórico						x		
Ejecución práctica de lo impartido							x	
Evaluación práctica								x

6. Conclusiones

Mediante un estudio detallado de la problemática, se identificó como vital la implementación de herramientas de calidad como el conocido diagrama de Ishikawa, el cual permite determinar la raíz del problema y cada una de las causas, y posteriormente, ejecutar el diagrama de Pareto para evaluar cada una de las actividades identificadas como problema, de tal manera se defina las actividades más relevantes en solucionar. Por ende, con ambos procedimientos se justifica el objetivo principal del presente estudio, donde se busca generar mayor eficiencia operativa de la impresora flexográfica mediante el estudio de los setup times. Se pudo identificar la falta de seguimiento y control en los tiempos del cambio de formato, no implementan una metodología de control, no existe una estructuración de procesos del centro de costo.

Por otra parte, para garantizar la estandarización de los tiempos y ajustes del proceso de impresión flexográfica se desarrolló la metodología SMED para definir correctamente las actividades internas y externas permitiendo clasificar las actividades entre el personal operativo y así garantizar una ejecución coordinada de las actividades, ya que se identificó una incorrecta distribución de los lugares y herramientas de trabajo. Así mismo, se pudo generar valor al convertir actividades internas en externas, logrando una reducción del 25% de actividades internas y un aumento del 75% de las actividades externas, lo cual garantiza una reducción en el setup times de la impresora flexográfica.

En definitiva, mediante la metodología SMED se pudo evidenciar el cumplimiento de eficiencia operativa, por lo tanto, se torna vital continuar con este sistema y así preservar un efectivo control de calidad complementado con la guía y capacitación al personal operativo permitiendo la actualización de conocimientos sobre el nuevo método de trabajo para garantizar el nivel de efectividad de la propuesta y a la vez, elevar el nivel de productividad de las actividades operativas y la empresa.

Referencias

[1] R. Aguiñaga y A. Alfaro, «Mejora del método de trabajo para el departamento de flexografía en la impresiónde etiquetas. [Tesis de grado. Instituto Politécnico Nacional],» 2016. [En línea]. Available: https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/20355/4.3%20-%20MEJORA%20DEL%20METODO%20DE%20TRABAJO%20PARA%20EL%20DEPARTAMENTO%20DE%20FLEXOGRAFIA%20EN%20LA%20IMPRESION%20DE%20ETIQUETAS%20-%20copia.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

[2] E. Flores y V. Villarreal, «Repositorio de la Univerisdad de Guayaquil,» Mayo 2017. [En línea]. Available: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/32475/1/PLAN_DE_MEJORA_SMED_FLORES_VILLARREAL.pdf. [Último acceso: "PLAN DE MEJORA MEDIANTE SMED EN LOS SETUP TIMES DE UNA MÁQUINA FLEXOGRÁFICA"].

[3] M. Balarezo, «Propuesta de mejora de los tiempos para cambio de formato en el proceso de impresión flexográfica en una empresa que fabrica empaques flexibles en la ciudad de Guayaquil. [Tesis de grado. Universidad de Guayaquil],» Septiembre 2021. [En línea]. Available: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/55874/1/BALAREZO%20SANCHEZ%20MIGUEL%20ANGEL.pdf.

[4] Esagraf, «Conozca las características de la impresión flexográfica,» 30 Marzo 2020. [En línea]. Available: https://www.esagraf.com/caracteristicas-impresion-flexografica/.

[5] E. Scarpeta, pdfcoffe, Bloco Comunicação Ltda., 2008.

[6] E. Yaucan, «Los sistemas de impresión y su importancia en la formación profesional de los estudiantes de la Universidad de Guayaquil, Facultad de Comunicación Social Carrera Diseño Gráfico en el año 2018. [Tesis de grado. Universidad de Guayaquil],» 2018. [En línea]. Available: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/38813/1/Tesis.pdf.

[7] Instituto Esteve Terradas, «Instituto de Educación Superior - SEP ESTEVE TERRADAS I ILLA,» 12 febrero 2004. [En línea]. Available: https://www.geocities.ws/imma_font/m1c8/flexografia.pdf.

[8] F. Sarango y J. Abad, Implantación del sistema SMED en un proceso de impresión flexográfica, Guayaquil: ESPOL, 2009.

[9] W. Del Rosario, «Análisis comparativo entre dos controladores discretos uno PID y otro en variables de estado para un sistema de secado de etiquetas en un equipo flexográfico. [Tesis de maestría. Escuela Superior Poltécnica del Litoral],» 2020. [En línea]. Available: https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/56357/1/T-112737%20Del%20Rosario.pdf.

[10] F. Madariaga, Lean Manufacturing, Madrid: BUBOK, 2019.

[11] F. González, «Manufactura esbelta (Lean Manufacturing) Principales herramientas,» *Revista Panorama Administrativo,* 2007.

[12] L. V. Socconini Pérez Gómez, Lean Manufacturing: paso a paso, Barcelona: Marge Books, 2019.

[13] A. Rojas y V. Gisbert, «Lean manufacturing: herramienta para mejorar la productividad en las empresas,» *3C Empresa, Investigación y pensamiento crítico,* nº 116-124, 2017.

[14] M. Vergara, G. Estupiñán y L. Cañizares, «Desarrollo de las propuestas de solución para el mantenimiento y operación de una imprenta KOPPERS 5,» *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento,* vol. I, nº 4, pp. 60-103, 2017.

[15] J. Yenque, «Kaizen o la mejora continua,» *Industrial Data,* vol. V, nº 1, pp. 62-65, 2014.

[16] A. Obeso, J. Yaya y R. Chucuya, «Implementación del mantenimiento productivo total en la mejora de la productividad y mantenibilidad del proceso de harina de pescado.,» *INGnosis,* vol. 5, nº 2, pp. 126- 138, 2020.

[17] W. Shupingahua y A. Moya, 1.1 Propuesta de mejora de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la aplicación del TPM, para la línea de producción flexográfica de la empresa Amcor, Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2021.

[18] J. Vargas, G. Muratalla y M. Jiménez, «Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción?,» *Ingeniería Industrial Actualidad y Nuevas Tendencias,* vol. V, nº 17, pp. 153-174, 2016.

[19] J. Fory y C. Calderón, Implementación de justo a tiempo en el proceso de abastecimiento de materia prima en una empresa de refrigeradores industrialesº, Cali: Universidad de Santiago de Cali, 2019.

[20] R. Cabrera, Poka Yoke: Magia o Técnicas para evitar errores y defectos., academia.edu, 2016.

[21] M. T. San Antonio, «Cuadernos de Investigación Aplicada,» 2018. [En línea]. Available: https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/741309.pdf.

[22] J. Abril, Implementación de la metodología SMED en el proceso de impresión flexográfico para la reducción de tiempos de setup en una industria productora de envases plásticos flexibles, Guayaquil: Universidad Estatal de Guayaquil, 2019.

[23] J. Herrera, DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA MEDIANTE LAS METODOLOGÍAS 5S Y SMED PARA UNA LÍNEA DE MECANIZADO, 2016.

[24] C. Castañeda, «Metodología SMED para aumentar el nivel de servicio en una empresa envasadora de bidones de agua de mesa- [Tesis de grado. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo],» 2020. [En línea]. Available: https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3127/1/TIB_Casta%c3%b1edaCabreraCamila.pdf.

[25] D. Medina, «Aplicación de la herramienta SMED para la reducción del tiempo de cambio de molde en la línea de inyección de plásticos de la empresa PLASTIMET S.A.C. [Tesis de grado. Universidad Tecnológica del Perú],» 2021. [En línea]. Available: https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/4385/Diego_Medina_Salas_Tesis_Titulo_Profesional_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

[26] F. Pantoja y J. Castrillón, «Aplicación de la técnica smed en el procedimiento de cambio de tintas de la referencia bolsa kraff colanta entera 3c a bolsa kraff amtex tannus 2c,» *Publicaciones e Investigación UNAD,* vol. XI, nº 1, pp. 113-124, 2017.

[27] C. Villamar, Implementación del método de medición de eficiencia general del equipo "Ege" para el mejoramiento de la eficiencia en el proceso de impresión flexográfica en la máquina impresora Comexi Gearless N°9 de la Empresa Plásticos del Litoral, Guayaquil: Universidad Estatal de Guayaquil, 2015.

[28] J. Calles-García y P. González-Pérez, La Biblia del Footprinting, 2011.

[29] M. Velduque, «El origen de la imprenta: la xilografía. La imprenta de Gutenberg,» *Revista de Claseshistoria,* p. 7, 2011.

[30] J. Vilchez y J. Ramón, «Gestión de datos: estudio y resolución de problemas de control de calidad y eficiencia de procesos mediado por software Minitab,» de *IX Congreso Internacional sobre Enseñanza de las Matemáticas*, Huancavelica, 2020.