

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PUESTA A PUNTO DE LAS
MÁQUINAS FLEXOGRÁFICAS EN UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE
ETIQUETAS UBICADA EN EL ESTE DE CARACAS PARA EL AÑO 2018”**

TRABAJO DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO INDUSTRIAL

REALIZADO POR

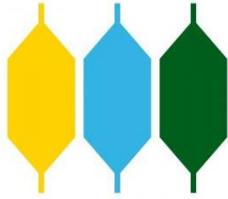
Bruno C, Maurizio

TUTOR

Ing. Dorante, Martín

FECHA

Octubre, 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PUESTA A PUNTO DE LAS MÁQUINAS FLEXOGRÁFICAS EN UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE ETIQUETAS UBICADA EN EL ESTE DE CARACAS PARA EL AÑO 2018”

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado:

JURADO EXAMINADOR

Firma: Firma: Firma:

Nombre: Nombre: Nombre:

REALIZADO POR

Bruno C, Maurizio

TUTOR

Ing. Dorante, Martín

FECHA

Octubre, 2018

“PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PUESTA A PUNTO DE LAS
MÁQUINAS FLEXOGRÁFICAS EN UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE ETIQUETAS
UBICADA EN EL ESTE DE CARACAS PARA EL AÑO 2018”

Realizado por: Maurizio Bruno C.

Tutor Académico: Ing. Martín Dorante

Fecha: Octubre 2018

Resumen

El presente Trabajo de Grado fue desarrollado en una empresa del sector de las Artes Gráfica dedicada a la fabricación de etiquetas autoadhesivas y no autoadhesivas situada en Boleíta Norte, Edo. Miranda. Con la finalidad de aumentar su productividad y consecuentemente competir con los reducidos márgenes comerciales del sector, el objetivo principal de la investigación consistió en proponer mejoras en el proceso de puesta a punto de las máquinas flexográficas, abordando, entre otros elementos, los tiempos de cambio en los productos y los tipos de desperdicio que se generan a partir de él.

Como primera instancia, se acudió a la observación directa de las operaciones llevadas a cabo durante los procesos de puesta a punto de las máquinas flexográficas que son objeto de estudio para la empresa, así como también de las variables de impresión que marcan la pauta en cada uno de los tipos de cambios en los productos. Seguidamente, haciendo uso de las técnicas y herramientas de medición adecuadas, se determinaron los tiempos de ejecución de cada actividad del proceso, pudiendo así calcular su ruta crítica. Una vez recopilada la información anterior, se recurrió entonces, mediante entrevistas y encuestas, a la opinión de los agentes que intervienen propiamente en el proceso de puesta a punto, quienes determinaron las causas principales de los desperdicios por tiempos de esperas y/o defectos, rechazos y reprocesos durante un cambio de producto. Adicionalmente, establecieron el nivel de criticidad que representan cada una de ellas.

Así, a partir del análisis realizado, se desarrollaron propuestas de mejora orientadas a mitigar los efectos de aquellas causas determinadas como “críticas” en las problemáticas planteadas. Finalmente, se establecieron las conclusiones y recomendaciones pertinentes a los resultados alcanzados.

Palabras Clave: flexografía, puesta a punto, preparación de máquina.

Índice de Contenido

Capítulo I. Planteamiento del Problema.....	3
1.1. Descripción de la Empresa	3
1.2. Descripción del problema	4
1.3. Objetivos de la Investigación.....	6
1.4. Alcance	6
1.5. Limitaciones.....	7
Capítulo II. Marco Referencial.....	8
2.1. Antecedentes	8
2.2. Bases Teóricas	9
Capítulo III. Marco Metodológico	18
3.1. Tipo de Investigación.....	18
3.2. Diseño de la Investigación	18
3.3. Enfoque de la Investigación.....	19
3.4. Unidad de Análisis.....	19
3.5. Técnicas de Recolección de Datos.....	20
3.6. Técnicas de Análisis de Datos	21
3.7. Estructura Desagregada del Trabajo	22
Capítulo IV. Caracterización del Proceso Actual	23
4.1. Características de los productos.....	23
4.2. Descripción del proceso de fabricación de etiquetas autoadhesivas y no autoadhesivas.	25
4.3. Máquinas de Impresión de etiquetas autoadhesivas y no autoadhesivas.....	26
4.4. Descripción del Proceso de Puesta a Punto de las Máquinas Flexo 06	27

4.5. Etapas del proceso de puesta a punto de las máquinas Flexo 06.....	29
Capítulo V. Análisis del Proceso Actual	34
5.1. Tiempos Estándares de Ejecución en las Operaciones de Puesta a Punto de las Máquinas Flexo 06.....	34
5.2. Clasificación de las Actividades según su Preparación en el Puesta a Punto de una Máquina Flexo 06.....	40
5.3. Tiempo Total de Puesta a Punto de una Máquina Flexo 06 para un Cambio Completo de Formato.....	42
5.4. Determinación de los factores que afectan las operaciones de puesta a punto de las máquinas Flexo 06 en términos de costos y tiempo.....	46
5.5. Estudio de las causas a los factores que afectan las operaciones de puesta a punto de las máquinas Flexo 06.....	49
5.6. Determinación de la Criticidad de las Causas a las Problemáticas Planteadas	54
Capítulo VI. Propuestas de Mejoras	59
6.1. Propuestas de Mejora Basada en los Tiempos de Espera Durante el Proceso de Puesta a Punto de las Máquinas Flexo 06.	59
6.2. Propuesta de Mejora Basada en los Defectos, Rechazos y Reprocesos	69
Capítulo VII. Conclusiones y Recomendaciones.....	75
7.1. Conclusiones.....	75
7.2. Recomendaciones:	78
Bibliografía.....	79

Índice de Tablas

Tabla 1. Antecedentes de la Investigación	8
Tabla 2 Clasificación de las etiquetas autoadhesivas y no autoadhesivas.	24
Tabla 3 Variables que afectan los tipos de cambios en los productos y sus funciones.	27
Tabla 4 Elementos que requirieron de un mayor número de lecturas.	35
Tabla 5 Suplementos asignados por etapa del proceso.	37
Tabla 6 Suplementos asignados por concepto de levantamiento de peso.	38
Tabla 7 Actividades de preparación interna y sus tiempos estándares de ejecución.	40
Tabla 8 Actividades de preparación externa y sus tiempos estándares de ejecución.	41
Tabla 9 Actividades críticas del proceso de puesta a punto.	45
Tabla 10 Criterio de evaluación para la pregunta 1 de la Encuesta 1.	55
Tabla 11 Criterio de evaluación para la pregunta 2 de la Encuesta 1.	55
Tabla 12 Criterio de evaluación para la pregunta 3 de la Encuesta 1.	56
Tabla 13 Causas críticas de despilfarro por tiempos de espera, defectos, rechazos y reprocesos.	58
Tabla 14 Costos y beneficios asociados a la Propuesta 1.....	69
Tabla 15 Costos y beneficios asociados a la Propuesta 2.....	74

Índice de Ilustraciones

Figura 1. Unidad de impresión flexográfica	14
Figura 2. Etapas del SMED.....	17
Figura 3. Esquema de la estructura desagregada del Trabajo de Grado	22
Figura 4. Diagrama de Flujo de Proceso: Fabricación de etiquetas autoadhesivas y no autoadhesivas.	26
Figura 5. Especificaciones técnicas de una máquina Flexo 06.	26
Figura 6. Matriz Producto-Producto para los diferentes tipos de cambios	27
Figura 7. Matriz Variable-Producto	28
Figura 8. Diagrama de Pareto: Frecuencias por cambio.	28
Figura 9. Etapas del proceso de puesta a punto.	29
Figura 10. Diagrama de Flujo de Proceso: Etapa de Pre-alistamiento.....	30
Figura 11. Diagrama de Flujo de Proceso: Etapa de Alistamiento	31
Figura 12. Diagrama de Flujo de Proceso: Etapa de Registro	32
Figura 13. Diagrama de Flujo de Proceso: Etapa de Inspección-Ajuste.....	33
Figura 14. Diagrama de Flujo de Proceso: Etapa de Aprobación.	33
Figura 15. Tabla de valor resultante para una distribución t Student.....	35
Figura 16. Diagrama de Proceso de Grupo: Puesta a punto de una máquina Flexo 06 para un Cambio Completo de Formato.	43
Figura 17. Diagrama de Proceso de Grupo: Puesta a punto de una máquina Flexo 06 para un Cambio Completo de Formato (continuación).....	44
Figura 18. Porcentaje de tiempo crítico por etapa del proceso	46
Figura 19. Tiempo de puesta a punto fabricante vs tiempo de puesta a punto empresa en estudio.	47
Figura 20. Cantidad de merma promedio consumida por número de ajustes realizados.	48
Figura 21. Diagrama de Ishikawa: Despilfarro por tiempos de espera en la puesta a punto de las maquinas Flexo 06.	49
Figura 22. Diagrama de Ishikawa: Despilfarro por defectos, rechazos y reprocesos en la puesta a punto de las máquinas Flexo 06.	50
Figura 23. Gráfico de Araña: Criticidad de las causas de los tiempos de espera.....	57

Figura 24. Gráfico de Araña: criticidad de las causas de los defectos, rechazos y reprocesos.	57
Figura 25. Diagrama ¿Por qué? de las causas de los tiempos de espera, defectos, rechazos y reprocesos.	58
Figura 26. Estructura desagregada de la propuesta 1 SMED.	59
Figura 27. Diagrama de Flujo de Proceso: Método actual vs método propuesto de traslado de los cilindros porta-clises.	61
Figura 28. Diagrama de Flujo de Proceso: Método actual vs método propuesto de pesaje de tintas.	63
Figura 29. Diagrama de Proceso de Grupo: Distribución propuesta para la puesta a punto de las máquinas Flexo 06.	65
Figura 30. Diagrama de Proceso de Grupo: Distribución propuesta para la puesta a punto de las máquinas Flexo 06 (continuación).	66
Figura 31. Espectrodensitómetro propuesto modelo X-rite	70
Figura 32. Representación gráfica del funcionamiento de un espectrodensitómetro.	71
Figura 33. Diagrama de Flujo de Proceso: metodología propuesta para la inspección y ajuste de la muestra.	72

Introducción

Dentro de la Industria de las Artes Gráficas, la productividad siempre ha sido un elemento de gran preocupación en la búsqueda para poder alcanzar costos más bajos de producción y mejorar, con ello, los márgenes comerciales de un producto en específico. No obstante, si bien ese siempre ha sido un deseo, debido a la situación actual del mercado nacional e internacional concerniente a este rubro la mejora de la productividad se ha convertido en una necesidad, si se quiere, no sólo para poder estar en un nivel adecuado de competitividad, sino, también, para asegurar la estabilidad de la empresa en el porvenir de los años.

Etiflexo, C.A. es una empresa venezolana de fabricación de etiquetas autoadhesivas y no autoadhesivas que cuenta con más de 48 años de trayectoria en el mercado nacional, y que en los últimos años se ha dedicado también a la exportación de etiquetas hacia otros países del continente americano. Con mira a mantenerse en el mercado internacional y poder competir así con los reducidos márgenes comerciales del sector, la empresa busca aumentar su productividad atacando los tiempos de cambios entre las producciones que afectan los porcentajes de disponibilidad de las máquinas.

A partir de lo antes expuesto, el presente Trabajo de Grado surge para ofrecer propuestas de mejoras en el proceso de puesta a punto de las máquinas flexográficas de la empresa Etiflexo, C.A. bajo la siguiente estructura:

El Capítulo I **“Planteamiento del Problema”**, presenta una breve descripción de la empresa, su misión, visión y valores. Adicionalmente, establece el caso de estudio y el objetivo general que rigen el presente Trabajo de Grado, así como también sus objetivos específicos, alcances y limitaciones.

El Capítulo II **“Marco Referencial”**, muestra los antecedentes de investigación y las bases teóricas empleadas como guía para el presente estudio.

El Capítulo III **“Marco Metodológico”**, indica la metodología a seguir para el cumplimiento de los objetivos planteados. En él se refleja el tipo de investigación, el diseño y su enfoque, así como las técnicas e instrumentos de recolección y análisis de los datos.

El Capítulo IV **“Caracterización del Proceso Actual”**, muestra la descripción detallada de las operaciones que intervienen en el proceso de puesta a punto de las máquinas flexográficas,

así como también la clasificación y especificación de los productos, equipos y variables que afectan el tipo de cambio.

El Capítulo V “**Análisis del Proceso Actual**”, presenta los tiempos totales de cambio de producto a partir del estudio completo y estandarizado de los tiempos de ejecución de cada actividad y su ruta crítica. Adicionalmente, se identifican los principales problemas que afectan el proceso de puesta a punto de las máquinas flexográficas en función de los desperdicios que contempla la Manufactura Esbelta. Por último, se explican y ponderan las causas que dan origen a estos problemas.

El Capítulo VI “**Propuestas de Mejora**”, contempla, a partir de la problemática planteada en el Análisis del Proceso Actual, las propuestas de mejora que se deben implementar y los resultados que se esperan obtener de cada una de ellas. Adicionalmente, se da respuesta al último objetivo planteado y se busca medir el impacto de las acciones propuestas para las mejoras en el proceso de puesta a punto de las máquinas flexográficas.

Finalmente, el Capítulo VII “**Conclusiones y Recomendaciones**” presenta, con base a los resultados obtenidos, las conclusiones finales del presente Trabajo de Grado, así como las recomendaciones que se deben tener presentes para futuros estudios.

Capítulo I. Planteamiento del Problema

En el presente capítulo se expone el planteamiento del problema para el caso en estudio, así como sus objetivos, alcances y limitaciones. Adicionalmente, se presenta una breve descripción de la empresa sobre la cual se desarrolla el presente trabajo de investigación.

1.1. Descripción de la Empresa

Etiflexo, C.A., es una empresa dedicada al diseño, impresión y conversión de etiquetas y empaques personalizados para cualquier industria. Con una amplia trayectoria de más de 48 años en el mercado nacional, esta empresa se mantiene al frente de la innovación en el sector de las Artes Gráficas, contando así con la más alta tecnología en pre-prensa e imagen digital, lo que garantiza la calidad en sus productos.

Etiflexo, C.A., nace en 1970 de la mano del Sr. Luis Eduardo Blanco Uribe, quien se caracterizó por ser un venezolano nacionalista, con visión de un país productivo y pujante, lo cual lo llevó a crear esta empresa para darle soluciones efectivas y adecuadas al mercado nacional. Comenzó modestamente, con una sola máquina y un solo trabajador, él mismo, con el sueño de seguir creciendo. A pesar de las vicisitudes que siempre hay a través de los años por los cambios y modernización de un mundo que pasó a ser globalizado, el Sr. Luis Blanco Uribe logró construir una empresa reconocida a nivel nacional, adquiriendo la confianza de las más prestigiosas marcas del momento. Posteriormente, problemas de salud lo separan de su empresa y se la entrega a Kevin Eduardo Blanco Uribe, el menor de sus hijos, quien a pesar de su corta edad y con el apoyo de su padre y relacionados, toma sus riendas, logrando en tan solo once años convertir a Etiflexo, C.A. en una de las más modernas y mejor establecidas empresas, tanto en el mercado venezolano como en el latinoamericano, logrando así continuar consolidando el sueño de su progenitor.

Adicional a las etiquetas autoadhesivas y no autoadhesivas, con mira a satisfacer los requerimientos y necesidades de sus clientes, hoy por hoy esta empresa ofrece entre su gama de productos, etiquetas In Mold, etiquetas termoencogibles, cintas adhesivas, teipes adhesivos y estuches, así como diseño e impresión de empaques.

Etiflexo es hoy la única empresa del área de producción de empaques con la certificación internacional para Mercosur, lo cual le abre una amplia perspectiva de proyectarse

internacionalmente, para ofrecer en otros mercados los mismos servicios y productos que la han destacado en Venezuela.

1.1.1. Filosofía corporativa

Misión: Proveer la mejor calidad de servicio en la producción y diseño de etiquetas

Visión: Ser el líder en la comercialización de etiquetas para las principales empresas en las áreas de Alimentos, Licores, Salud y Belleza

Objetivos Usar las más recientes tecnologías y los mejores materiales para satisfacer las necesidades de los clientes

1.2. Descripción del problema

Al margen de los avances tecnológicos que atraviesa el sector gráfico hoy en día, muchos de los factores que suponían éxito en el pasado, tales como la artesanía o la disponibilidad de maquinaria de mayor tamaño, ya no tiene valor en la actualidad. A raíz de esto, diversas empresas de este sector se han visto en la obligación de implementar métodos más avanzados de producción que les permita obtener una mayor cantidad de productos, en menor tiempo y a bajo coste, siendo la flexografía la técnica de impresión por preferencia.

Consecuentemente, el mercado de hoy se enfrenta a la difícil situación en la que los márgenes comerciales se han reducido, los precios son cada vez más competitivos y se exigen entregas más rápidas y fiables.

Paralelamente, en los últimos años, la industria de las Artes Gráficas se ha visto afectada debido a diversas alteraciones en las tendencias del mercado que marcan el futuro de este sector. Una de ellas es la creciente reducción de la duración del trabajo debido a los rápidos y constantes cambios requeridos por los clientes, haciendo que la disminución del tiempo de inactividad durante el proceso de puesta a punto de las máquinas flexográficas, adquiera más importancia que la velocidad real de impresión de las mismas. Cabe resaltar que: en flexografía el proceso de puesta a punto involucra el conjunto de operaciones que se realizan en una máquina de impresión antes de dar inicio con el tiraje de un trabajo.

Así, a partir de lo antes expuesto surge la preocupación de la empresa Etiflexo, C.A., que si bien durante el primer trimestre del presente año (2018) registró un aumento del 70% en el número de órdenes de producción recibidas con respecto al año anterior, la capacidad real de las máquinas disminuyó un 40% durante este periodo. Esto se debe principalmente al hecho de que el 80% de las producciones actuales de la empresa representan tirajes con tiempos menores a los 15 minutos, lo cual requiere de aproximadamente 32 cambios diarios para poder cubrir la capacidad instalada diaria de alguna de las máquinas flexográficas que son objeto de estudio.

Adicionalmente, el tiempo que involucra la fase de alistamiento de las máquinas durante un cambio de producto supera hasta un 55% el tiempo estándar establecido por la empresa fabricante de los equipos de impresión, causas que se les atribuye a los diferentes tipos de desperdicios que se presentan durante dicho proceso, entre ellos:

Esperas: cerca del 14% de las producciones actuales presentan demoras en su proceso de puesta a punto, bien sea por retrasos en la entrega del material, cambios repentinos en la planificación, falta de insumos para la producción, paradas no programadas, inadecuada distribución del trabajo, etc.

Defectos: otro de los factores que influye notablemente en los tiempos de puesta a punto corresponde al hecho de que cerca del 92% de las muestras sometidas a inspección (previo al proceso de impresión), son rechazadas por el personal de Control de Procesos debido a que no cumplen con los requisitos mínimos exigidos por el cliente para su aprobación. Este escenario implica que el Prensista (persona a cargo de la operatividad de los equipos de impresión) debe realizar tantos ajustes como sean necesarios, hasta conseguir la aceptación de la muestra.

Por otra parte, la empresa se encuentra incursionando en un nuevo proyecto de exportación de etiquetas para clientes internacionales, lo que requiere rapidez en el ciclo de producción, calidad en el producto y precisión en las entregas. Cualquier error o demora en el proceso de puesta a punto traería como consecuencia un aumento significativo en los costos, retrasos en los despachos y desconfianza en los clientes a la hora de seleccionar a Etiflexo como uno de sus proveedores.

A partir de lo antes descrito, surge la siguiente interrogante:

¿Cuáles serían el conjunto de propuestas que una vez implementadas mejorarían eventualmente el proceso de puesta a punto de las máquinas flexográficas que se ubican en el área de producción de la empresa Etiflexo, de manera tal de poder aumentar su productividad, reducir los costos por desperdicios y cubrir con los periodos y cuotas de entrega estipulados?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Proponer mejoras en el proceso de puesta a punto de las máquinas flexográficas de una empresa de fabricación de etiquetas, situada en el Este de Caracas.

1.3.2. Objetivos Específicos

- i. Caracterizar las etiquetas que produce la empresa, en términos de sus materiales, dimensiones y especificaciones.
- ii. Analizar el proceso de puesta a punto de las máquinas flexográficas, en función de las especificaciones del producto a fabricar, los recursos empleados y los tiempos de cambio.
- iii. Detectar los problemas presentes en el proceso de puesta a punto de las máquinas flexográficas, en términos de los desperdicios.
- iv. Explicar los problemas detectados en el proceso de puesta a punto de las máquinas flexográficas, en términos de su impacto y criticidad.
- v. Determinar acciones que den solución a las causas de los problemas identificados o mitiguen sus efectos.
- vi. Evaluar el impacto de las acciones propuestas.

1.4. Alcance

El Trabajo de Grado se centrará principalmente en el diseño de mejoras en el proceso de puesta a punto de las máquinas flexográficas para el área de planta de la empresa Etiflexo, la cual se encuentra ubicada al noreste de la ciudad de Caracas, Venezuela; específicamente en la zona industrial de Boleíta Norte en la parroquia Leoncio Martínez del municipio Sucre.

Adicionalmente, el periodo establecido (por contrato) para la realización del presente proyecto abarca desde abril del 2018, hasta septiembre del 2018. A su vez, el trabajo comprende la elaboración de una propuesta de mejora, más no la implementación de la misma.

A partir de lo expuesto previamente, los resultados esperados de cada uno de los objetivos específicos son los que se enuncian a continuación:

- i. Diagrama de Pareto y cuadro con caracterización de los productos.
- ii. Diagramas de Flujos de Procesos, cálculos de estudio de tiempos y Diagramas de Proceso de Grupo de las operaciones que intervienen en la puesta a punto de las máquinas flexográficas.
- iii. Gráficos y estadísticos relacionados al proceso actual de puesta a punto de las máquinas flexográficas
- iv. Encuestas, Diagramas de Ishikawa y Diagramas ¿Por qué? ¿Por qué? de los problemas detectados en el proceso de puesta a punto de las máquinas flexográficas.
- v. Listado de estrategias y Diagramas de Proceso de Grupo reestructurado para la puesta a punto de las máquinas flexográficas.
- vi. Cuadro de costos y beneficios asociados a las acciones planteadas.

1.5. Limitaciones

A continuación, se describen aquellos aspectos que dificultan el alcance de cada uno de los objetivos planteados para la realización del presente Trabajo de Grado:

- i. Por políticas de confidencialidad de la empresa los datos publicados podrán ser objeto de modificaciones, a fin de proteger los intereses de la misma.
- ii. La información recolectada directamente en la planta de la empresa está sujeta a la demanda de la producción para la fecha del estudio.
- iii. Disponibilidad de los operarios para la recopilación de la información.
- iv. Las acciones planteadas están limitadas por la factibilidad técnica y económica actual de la empresa.

Capítulo II. Marco Referencial

En este capítulo se presentan las bases teóricas, conceptos y herramientas sobre las cuales se fundamenta la presente investigación.

2.1. Antecedentes

A continuación, se muestra un resumen de los trabajos de investigación consultados que sirvieron como guía para el desarrollo del presente Trabajo de Grado.

Tabla 1.

Antecedentes de la Investigación

Título de la Investigación	Área de estudio, autores y tutor	Institución y fecha	Objetivo General	Aporte
Propuesta de mejoras al proceso de impresión flexográfica basada en la metodología de Cambio Rápidos (SMED). Caso de estudio: Empresa fabricante de empaque flexibles para alimentos	Postgrado en Ingeniería Industrial y Productividad Autor: Ing. Massimiliano Scattolini Tutor: Ing. Emmanuel López	UCAB Junio, 2016	Desarrollar propuestas de mejoras en la línea de impresión flexográfica en Alimentos Polar Comercial, C.A. Planta Maracay basadas en la metodología de cambios rápidos (SMED)	Metodología de la investigación, referencias en el estudio de los tiempos y estructuración de las mejoras
Reducción de tiempos de preparación. Un enfoque práctico	Ingeniería Industrial Autores: Ortiz, Floráγγελ	Universidad Carabobo Septiembre, 2010	Presentar una propuesta práctica para reducir los tiempos de preparación de líneas de producción.	Método de la ruta crítica aplicada al estudio de los tiempos de preparación de máquina.
Diseño de un sistema de planificación de compras de inventarios de materiales técnicos y repuestos para una planta de alimentos de consumo masivo	Ingeniería Industrial Autores: Fernández, Ricardo Guerra, Yalibeth Tutor: Ing. Guevara, José	UCAB Octubre, 2017	Diseñar un sistema de planificación de compras de inventarios de materiales técnicos y repuestos para una planta de alimentos de consumo masivo	Método para determinar la criticidad de las causas a las problemáticas planteadas

Fuente: Elaboración Propia

2.2. Bases Teóricas

Con el fin de lograr un mejor entendimiento del texto que seguidamente se presenta, a continuación, se definen aquellos términos de mayor relevancia que tienen lugar en la investigación.

2.2.1. Producción

“Productividad posible obtenible por una máquina o un sistema en pleno funcionamiento durante un periodo de tiempo determinado” (Ricard Casals Consultants S.A., 2003, pág. 207).

2.2.2. Productividad

Según la Real Academia Española (RAE), la productividad se define como: “...la relación entre lo producido y los medios empleados, tales como mano de obra, tiempo, materiales, energía, etc.”. Uno de los recursos más relevantes a tener en cuenta en los indicadores de productividad es el factor tiempo.

2.2.3. Estudio de tiempos

Es una técnica de medición que permite registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida y efectuada bajo condiciones preestablecidas. Algunos de los componentes que lo constituyen son:

2.2.3.1. Elementos

Representa la parte delimitada de una tarea o proceso que se selecciona para facilitar la observación, medición y análisis de los tiempos (Escalante, 2016).

2.2.3.2. Ciclo

Es la sucesión de elementos necesarios que se requieren para efectuarse una tarea o llevar a cabo un proceso (Escalante, 2016).

2.2.3.3. Cronometraje

Medición exacta y precisa a través del uso de un cronómetro, del tiempo que se invierte en la culminación de un tarea o actividad (Escalante, 2016).

2.2.3.4. Determinación de los ciclos de estudio

El número de ciclos o lecturas requeridas para el estudio de tiempos que involucran muestras pequeñas ($n < 30$) de una población, viene determinado por el intervalo de confianza de una distribución t Student con media “ \bar{x} ” y desviación estándar “S” (Niebel & Freivalds, 2004). Ver Ecuación 3 en Anexo I.

2.2.3.5. Valoración del ritmo de trabajo

Consiste en comparar el ritmo real de un trabajador bajo los criterios que considera el especialista de lo que debería ser el ritmo estándar. Por otro lado, el desempeño viene dado por el rendimiento que obtiene un trabajador calificado, como promedio de la jornada o turno de trabajo, siempre que se conozca el método especificado (Niebel & Freivalds, 2004).

2.2.3.6. Calificación objetiva del ritmo de trabajo

Método de calificación desarrollado por Mundel y Danner (1944) que elimina la dificultad de establecer un criterio de paso normal para todo tipo de trabajo. Este procedimiento establece una única asignación del trabajo con la que se compara el paso del resto de las tareas; seguido de un factor secundario que determina la dificultad relativa de la misma. La suma de los valores numéricos para cada uno de los factores secundarios forma el ajuste secundario de valoración del ritmo de trabajo (Niebel & Freivalds, 2004). Ver Ecuación 5 en Anexo I

2.2.3.7. Tiempo normal

Es el producto del ajuste por calificación del tiempo medio observado para cada elemento ejecutado durante el estudio, lo cual determina el tiempo que requeriría un operario calificado para realizar el mismo trabajo y bajo las mismas condiciones (Niebel & Freivalds, 2004, pág. 375). Ver Ecuación 4.

2.2.3.8. Asignación de Suplementos

Debido a que las lecturas del cronómetro en un estudio de tiempo se toman en un período relativamente corto, el tiempo normal no incluye las demoras inevitables, que quizá no fueron observadas durante el estudio. En tal sentido, los suplementos representan ajustes en los datos que buscan compensar esas pérdidas (Niebel & Freivalds, 2004). En la tabla de Anexo VI se encuentran

los suplementos sugeridos por la International Labour Organization (ILO) para el estudio de los tiempos.

2.2.3.9. Tiempo estándar

Niebel (2004), lo define como “...el tiempo requerido para que un operario totalmente calificado y capacitado, trabajando a paso normal y realizando un esfuerzo promedio, lleve a cabo una determinada operación”. Ver Ecuación 6 en Anexo I

2.2.3.10. Ruta crítica

Es la secuencia de actividades que determinan el tiempo más corto en el que es posible terminar un proyecto o proceso. Cualquier retraso en la ejecución de una tarea de la ruta crítica (Actividad Crítica) afecta el plazo estimado de culminación del proyecto o proceso. (Gascón, s.f.).

2.2.4. Proceso de impresión

Método utilizado para reproducir contenidos de texto y de imágenes en las cantidades requeridas. Los procesos convencionales más importantes para la impresión son el offset, la tipografía, el huecogrado, flexografía y la serigrafía. (Ricard Casals Consultants S.A., 2003).

2.2.5. Tiraje

Proceso completo por el cual se realiza la impresión de una cantidad de ejemplares previamente determinada (Ricard Casals Consultants S.A., 2003, pág. 260).

2.2.6. Proceso de puesta a punto

En impresión, la puesta a punto involucra el conjunto de operaciones que se realizan en una máquina de imprimir antes de empezar a tirar un trabajo. Este proceso incluye entre otras actividades: preparación de las planchas, ajuste del alimentador, colocación de las tintas en los tinteros, colocación del troquel, registro y ajuste del resultado impreso (muestra) con respecto a la prueba suministrada. Cuando se trata de tirajes relativamente cortos, el costo de puesta a punto constituye un porcentaje importante del costo total de la impresión de un trabajo. (Ricard Casals Consultants S.A., 2003, pág. 214). A la puesta a punto también se le conoce como preparación de máquina, alistamiento de máquina o cambio de producto.

2.2.7. Tiempo de cambio de producto

Periodo que transcurre desde la fabricación de la última etiqueta válida de una producción, hasta la primera etiqueta correcta del siguiente tiraje (Ricard Casals Consultants S.A., 2003).

2.2.8. Muestra (impresión)

“Número especificado de unidades de prueba seleccionadas de acuerdo con un procedimiento prescrito para representa el lote” (Ricard Casals Consultants S.A., 2003, pág. 170).

2.2.9. Prueba (pre-impresión)

“Prototipo del trabajo impreso que se prepara a partir de películas, planchas o datos electrónicos” (Ricard Casals Consultants S.A., 2003, pág. 208). Su aplicación es tanto para el seguimiento de la calidad en el área de producción, como para la revisión y aprobación del cliente.

2.2.10. Etiqueta autoadhesiva

“Etiqueta que, si bien va impresa por un lado, por la parte posterior lleva un compuesto específico que permite su adherencia sin necesidad de un engomado posterior” (Ricard Casals Consultants S.A., 2003, pág. 101). Para la protección de la zona con adhesivo se utiliza una hoja de papel (también denominado *liner*) fácilmente separable.

2.2.11. Calidad de impresión

Fidelidad con que aparece una imagen impresa con respecto a una original o prueba. Se incluye en este aspecto elementos como la definición del perfil, el contraste, la exactitud de posición (registro), el color, etc. (Ricard Casals Consultants S.A., 2003, pág. 39).

2.2.12. Cuatricromía

Impresión en mediotonos de color creada a través del proceso de separación de color en el que un original se divide en los colores primarios amarillo, cian, magenta y negro para producir mediotonos individuales de cada uno de ellos y combinarlos después en la máquina de imprimir para volver a obtener toda la gama completa de colores del original (Ricard Casals Consultants S.A., 2003, pág. 66).

2.2.13. Colores Pantone

“Es un sistema de comunicación de los colores sólidos basado en la igualación visual de los colores individuales premezclados”. (Pantone LLC, 2018) Así, la Guía Universal Pantone está compuesta por una serie de libros con más de 3000 colores impresos y sus respectivas fórmulas en tinta de impresión.

2.2.14. Colorimetría

Ciencia que estudia objetivamente los colores y su medición, teniendo en cuenta la manera como los percibe el ojo humano (Ricard Casals Consultants S.A., 2003, pág. 73).

2.2.15. Densitometría

Sistema de medición de la densidad óptica para poder utilizar los valores correspondientes en el control de la reproducción gráfica (Ricard Casals Consultants S.A., 2003).

2.2.16. Delta E

Expresión que se utiliza en colorimetría para expresar un cambio determinado de color. La diferencia entre dos colores puede representarse matemáticamente mediante la raíz cuadrada de la suma de cuadrados de la diferencia de los tres parámetros que definen las coordenadas de cada color (Ricard Casals Consultants S.A., 2003, pág. 72).

2.2.17. Espectrodensitómetro

Un densitómetro o espectrodensitómetro es un instrumento que mide la densidad de la tinta en una barra de colores y genera comentarios sobre como ajustar los niveles de tinta si las lecturas de la densidad son muy elevados o bajos. Los valores apropiados de la densidad se verifican en cada zona de tinta con una barra de colores u otras áreas de tinta unicolor sólidas. (X-rite, s.f.)

2.2.18. Flexografía

La flexografía es un proceso de impresión en relieve que emplea planchas (también denominados *clises*) a base de fotopolímeros en las que las zonas de imagen sobresalen de la forma impresora respecto a las zonas con ausencia de imagen. En este tipo de impresión, el entintado se realiza por medio de un rodillo grabado dosificador denominado “anilox”. El exceso de tinta se

elimina del “anilox” por medio de una cuchilla o racla de manera similar a como se hace en el proceso de huecograbado. A continuación, se muestra la unidad típica de impresión flexográfica de cuatro rodillos (Ricard Casals Consultants S.A., 2003, pág. 109).

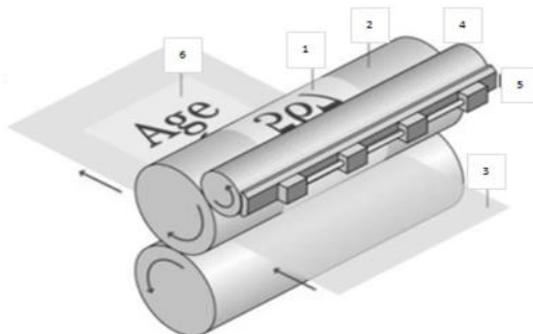


Figura 1. Unidad de impresión flexográfica
Fuente: Imagen Digital. (s.f.). Recuperado de <http://www.gusgsm.com/flexografia>

El clise (1) que posee la imagen a imprimir, es adherido al cilindro porta clises (2) mediante el uso de cintas de montaje de doble faz; la rotación del cilindro porta clises (2) hace que la imagen se imprima continuamente en el sustrato (3), mientras se produce indirectamente el entintado en los clises mediante el uso de un rodillo anilox (4), que se impregna de tinta en la cámara (5) y se obtiene el producto (6). Para una descripción más detallada de las distintas unidades que forman parte del proceso de impresión flexográfica, ver Anexo II.

En cuanto a las máquinas flexográficas se refiere, se pueden distinguir tres tipos de prensa:

2.2.18.1. Máquina flexográfica de tambor central

Tiene todos los grupos impresores alrededor de un mismo cilindro de contrapresión, lo cual le permite mantener un registro “uniforme” de todos los colores independientemente del material (Saavedra, 2017).

2.2.18.2. Máquina flexográfica en línea

Los grupos impresores son unidades independientes, situados horizontalmente uno a continuación de otro. No hay limitaciones en el número de grupos impresores y cada grupo posee su propio cilindro de contrapresión (Saavedra, 2017).

2.2.18.3. Máquina flexográfica en torreta

Los grupos impresores están situados uno encima de otro y en uno de los lados de la estructura de la máquina. Al igual que las máquinas en línea, cada grupo impresor tiene su propio cilindro contrapresión independiente (Saavedra, 2017).

2.2.19. Manufactura Esbelta

El origen de la Manufactura Esbelta se remonta a principios del siglo XX, cuando se transmitió la producción en masa en gran parte de las industrias a nivel mundial, la cual había sido desarrollada y potencializada por el sector automovilístico.

Después de la Segunda Guerra Mundial, se dio una gran expansión de la producción en masa como técnica de manufactura en los diversos sectores de la industria, las cual tenían sustento en políticas exteriores norteamericanas que respondían a estrictas estructuras burocráticas. No obstante, a finales de los años 60 como consecuencia del deterioro de este modelo, el toyotismo¹ focalizó todos sus esfuerzos en la generación de nuevas ideas que le permitiesen resurgir de la crisis en la que se encontraba inmersa, hasta que a finales del siglo XX nace la filosofía la Manufactura Esbelta (o Lean Manufacturing) de la mano de la empresa japonesa Toyota Motor Company. La misma tiene sus fundamentos en la eliminación de todos aquellos elementos que no agregan valor alguno al producto final y que implican costos y esfuerzos.

Hernández & Vizán (2013), la define como:

Una filosofía de trabajo basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. (p.10).

Los Manufactura Esbelta hace referencia a siete tipos de desperdicios, estos son:

- **Exceso de almacenamiento:** es el resultado de tener una mayor cantidad de existencia de la necesaria para satisfacer las necesidades más inmediatas.

¹ **Toyotismo:** Método de producción en cadena que consiste en utilizar una línea de ensamblado o cadena de montaje. De esta manera, cada uno de los trabajadores realiza una sola función sin desplazarse, eliminando los tiempos muertos y favoreciendo la especialización. Fuente: (Pérez & Gardey, 2016)

- **Sobreproducción:** Es el resultado de fabricar más cantidad de la requerida o invertir en equipos con mayor capacidad de la necesaria.
- **Sobreprocesos:** realización de actividades innecesarias que agregan más valor al producto y/o servicio que el requerido por el cliente.
- **Tiempos de espera:** desperdicio asociado al tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o un proceso ineficiente.
- **Transporte** es el resultado de movimientos o manipulaciones de materiales, información o productos que no agregan valor.
- **Movimientos innecesarios:** traslados o movimientos del trabajador durante la realización de una determinada actividad o proceso.
- **Defectos, rechazos y reprocesos:** trabajo extra que debe realizarse como producto de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez.

Es importante acotar que existen actividades que son necesarias en un determinado proceso, aunque estas no tengan un valor añadido. En este caso, estos despilfarros tendrán que ser asumidos (Hernández & Vizán, 2013).

2.2.20. Técnica de cambio rápido de herramienta SMED

El SMED, por sus siglas en inglés “Single-Minute Exchange of Dies”, es una metodología o conjunto de técnicas de origen japonés, desarrollada por Shigeo Shingo e implementada por Toyota, que persiguen la reducción de los tiempos perdidos de preparación de máquina a “un solo dígito”.

El SMED pertenece al conjunto de herramientas que contempla la Manufactura Esbelta para la eliminación de los desperdicios por tiempos de esperas, el cual se logra estudiando a detalle el proceso e incorporando cambios en la máquina, utillaje, herramientas e incluso en el mismo producto, que permitan disminuir los tiempos de preparación y volverlos productivos.

Es importante resaltar que, para llevar a cabo esta técnica de mejora, es necesario la realización de estudios de tiempos y movimientos asociados a las actividades de preparación. Estos estudios suelen estar compuestos en cuatro fases fundamentales del desarrollo, estas son:

2.2.20.1. Etapa 1. Observar y medir

Consiste en realizar un análisis completo y detallado de las operaciones que se realizan durante un cambio de producto, determinando sus tiempos de ejecución y precisando los utillajes o herramientas utilizados.

2.2.20.2. Etapa 2. Separar operaciones internas y externas

Por preparación interna, se entiende todas aquellas actividades que para poder efectuarlas requiere que la máquina se detenga; en tanto que la preparación externa se refiere a las actividades que pueden llevarse a cabo mientras la máquina funciona” (Hernández & Vizán, 2013, pág. 43). El objetivo de esta fase consiste en separar la preparación interna de la preparación externa.

2.2.20.3. Etapa 3. Convertir operaciones internas en externas

Esta etapa consiste en convertir, en la medida de lo posible, la preparación interna en preparación externa. Para ello, se deben hacer modificaciones en las técnicas y/o métodos de trabajos, redistribuciones de las actividades, sincronización de tareas, etc.

2.2.20.4. Etapa 4. Optimizar operaciones internas y externas

El objetivo de esta etapa es perfeccionar, cuanto sea posible, los aspectos elementales del proceso de preparación interna incluyendo todas y cada una de sus operaciones.

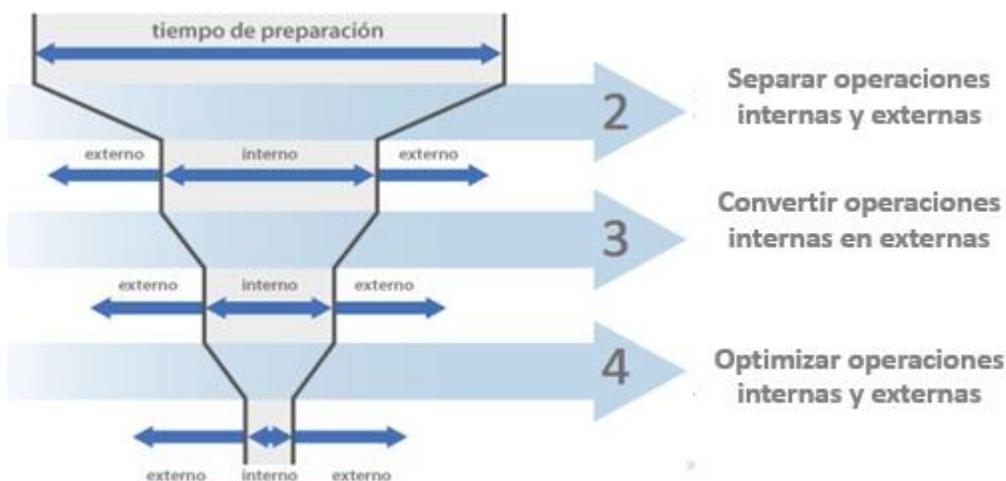


Figura 2 Etapas del SMED
Fuente: Vigo García & Villanueva Castrillón, 2006

Capítulo III. Marco Metodológico

En este capítulo se describen los aspectos metodológicos que dan forma al presente Trabajo de Grado, abordando puntos de interés como el tipo de investigación que se lleva a cabo, su enfoque y diseño. Adicionalmente, se contemplan los métodos, técnicas y herramientas de recolección, procesamiento y análisis de los datos, a fin de alcanzar los objetivos propuestos.

3.1. Tipo de Investigación

La investigación que se utilizará para el desarrollo del presente Trabajo de Grado es de tipo “proyecto factible”, la cual implica un proceso de indagación y análisis, seguido de la elaboración de una propuesta de mejora que busca eliminar desperdicios en la puesta a punto de las máquinas flexográficas de la empresa en estudio.

Según la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL, 1990), se puede definir como proyecto factible a:

“...la elaboración de una propuesta de un modelo operativo viable, o una solución posible a un problema de tipo práctico para satisfacer necesidades de una institución o grupo social. La propuesta debe tener apoyo, bien sea en una investigación de campo o en una investigación documental; y puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos” (pág.46).

3.2. Diseño de la Investigación

Según Arias (2012), el diseño de la investigación no es más que “... la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado”.

El diseño de investigación para el presente Trabajo de Grado es de tipo “campo”, el cual consiste en:

“...en la recolección de los datos directamente en los sujetos investigados, o en la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes” (Arias, 2012, pág.31).

No obstante, la investigación cuenta también con “datos secundarios” proveniente de fuentes bibliográficas, a partir de los cuales se obtuvo las bases teóricas del presente Trabajo de Grado.

Adicionalmente, contempla un diseño de campo de tipo no experimental, el cual se define como "el estudio que se realiza sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlo" (Hernández, Collado, & Lucio, 2014, pág. 152)

3.3. Enfoque de la Investigación

“Los enfoques cuantitativos, cualitativos, y mixtos constituyen posibles elecciones para enfrentar problemas de investigación que resultan igualmente valiosos” (Hernández, Collado, & Lucio, 2014, pág. 5)

Para el presente Trabajo de Grado el enfoque utilizado es de tipo “mixto”, ya que durante el estudio del proceso de puesta a punto se caracterizaron las operaciones de cambio según sus variables de impresión (enfoque cualitativo) y se midieron sus tiempos de ejecución, obteniendo así estadísticos importantes para un posterior análisis de los resultados (enfoque cuantitativo).

3.4. Unidad de Análisis

3.4.1. Población

Arias (2012), define población como “... un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio” (pág.81). En el presente trabajo de grado, la población objeto de estudio son el conjunto de operaciones que se llevan a cabo para la puesta a punto de las máquinas flexográficas modelo Flexo 06, para un cambio completo en sus variables de impresión.

3.4.2. Muestra

“La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (Arias, 2012, pág. 31). Bajo este concepto, la muestra escogida para la presente investigación abarca los tiempos de operación de cada una de las 32 actividades correspondientes al proceso de puesta a punto. Esta última consta de diez (10) lecturas registradas aleatoriamente de acuerdo al calendario de producción entre los meses de abril y junio de 2018.

3.5. Técnicas de Recolección de Datos

Se entiende por técnica de investigación: "...al procedimiento o forma particular de obtener datos o información" (Arias, 2012, pág. 31).

3.5.1. Observación simple

Según Arias (2012), la observación simple "es la que se realiza cuando el investigador observa de manera neutral sin involucrarse en el medio o realidad en la que se realiza el estudio" (pág.69).

Para el caso de estudio, esta técnica de recolección de datos se aplicó para poder detallar cada una de las operaciones que intervienen en el ciclo de cambio de un producto, así como las causas a las problemáticas planteadas que en él se generan en términos de desperdicios.

3.5.2. Entrevista no estructurada

Para Arias (2012), la entrevista "... más que un simple interrogatorio, es una técnica basada en un dialogo o conversación "cara a cara" entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado" (Arias, 2012, pág. 73).

En el presente Trabajo de Grado, las entrevistas tuvieron lugar con la finalidad de identificar las principales causas que afectan las problemáticas planteadas en la puesta a punto de las máquinas flexográficas. A su vez, estas entrevistas fueron de tipo no estructuradas, las cuales se definen como aquellas donde no se dispone de una guía de preguntas previamente elaboradas. Entre el personal entrevistado se encuentran: Prensistas, Ayudantes del Prensista, Coloristas y Montadores de Clises, así como el Jefe de Operaciones y el Jefe de Producción dela empresa en estudio.

3.5.3. Cuestionario

"Es la modalidad de encuesta que se realiza de forma escrita mediante un instrumento o formato en papel contentivo de una serie de preguntas" (Arias, 2012, pág. 31).

En el estudio de las problemáticas actuales del proceso de puesta a punto de las máquinas flexográficas, se aplicaron cuestionarios con preguntas cerradas de selección para la determinación de las criticidades y frecuencias de las causas que originan los tipos de desperdicios identificados.

3.5.4. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos representa: "... una técnica para determinar con la mayor exactitud posible y con base en un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido" (García & Pantoja, 2007). Esta técnica fue aplicada para la obtención de los tiempos de ejecución de las operaciones que se llevan a cabo durante el proceso de puesta a punto de las máquinas flexográficas de la empresa en estudio, en la cual se requirió la utilización de un cronometro digital y un formulario impreso para el registro de la información obtenida.

3.6. Técnicas de Análisis de Datos

3.6.1. Análisis de Pareto

"En el análisis de Pareto, los artículos de interés se identifican y miden en una escala común y después se acomodan en orden ascendente, creando una distribución acumulada. Por lo común, 20% de los artículos clasificados representan 80% o más de la actividad total" (Niegel & Freivalds, 2004, pág. 23).

3.6.2. Diagrama de Ishikawa

Según Niegel & Freivalds (2004), el Diagrama de Ishikawa (o también denominado Diagrama de Pescado) consiste en "...definir la ocurrencia de un evento no deseable o problema, es decir, el efecto, como la "cabeza del pescado" y después identificar los factores que contribuyen, es decir, las causas, como el "esqueleto del pescado" (pag.24).

3.6.3. Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo es una descripción gráfica de un proceso, sistema o algoritmo, que emplea rectángulos, ovalados, diamantes y otras figuras para definir el tipo de paso. Adicionalmente, se emplean flechas conectoras que establecen el flujo y la secuencia (Lucid Software Inc., 2018).

3.6.4. Diagrama de Grupo de Proceso

Es una adaptación del diagrama hombre-máquina que muestra la relación exacta entre los ciclos de operación y ociosos de una máquina, con los tiempos de operación y ociosos por ciclo de los trabajadores que la atienden (Niebel & Freivalds, 2004).

3.7. Estructura Desagregada del Trabajo

La Figura que se muestra a continuación, muestra, de forma estructurada, la información requerida y las herramientas utilizadas con las que se abordaron cada uno de los objetivos planteados en el presente Trabajo de Grado.

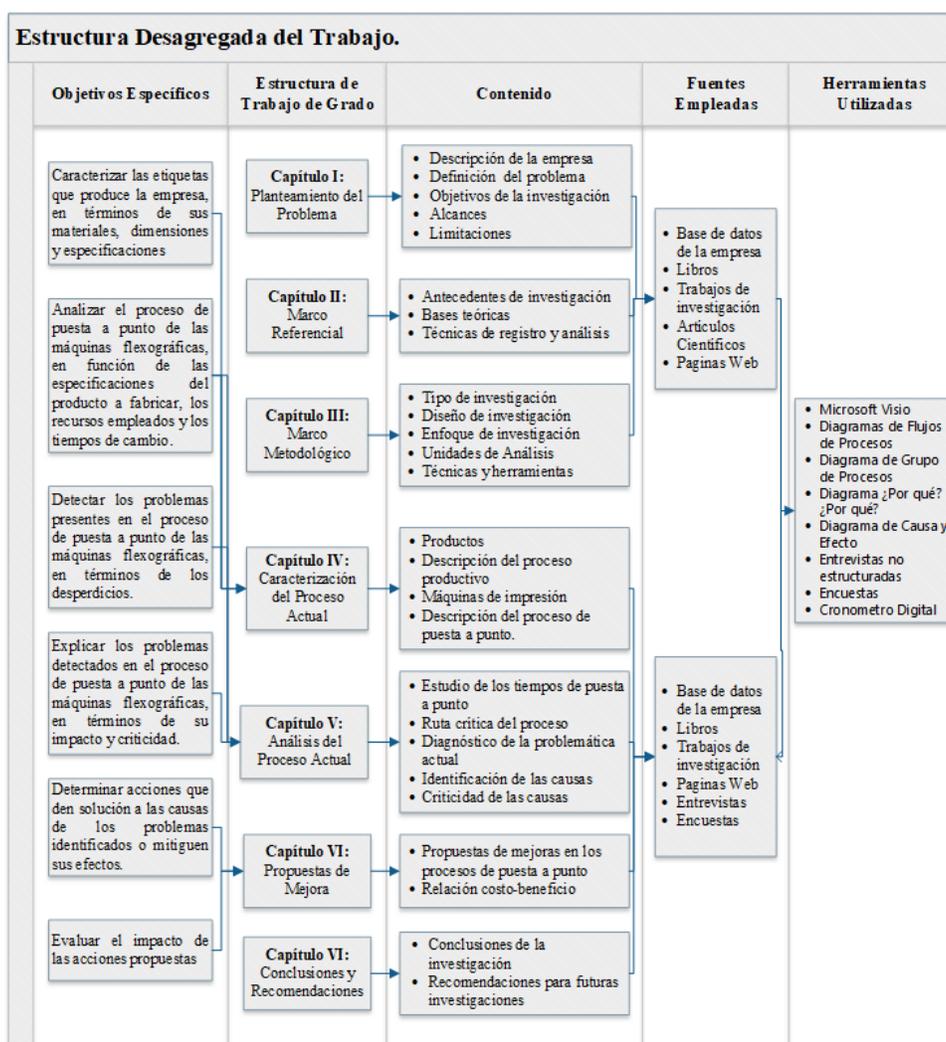


Figura 3. Esquema de la estructura desagregada del Trabajo de Grado

Fuente: Elaboración propia

Capítulo IV. Caracterización del Proceso Actual

En el capítulo que se expone a continuación, se describen las operaciones que se llevan a cabo durante el proceso de puesta a punto de las máquinas flexográficas que son objeto de estudio en el presente Trabajo de Grado, así como también los diferentes tipos de cambio y las variables que afectan su ejecución, de acuerdo a las características que difieren de un producto a otro.

El capítulo inicia con una breve caracterización de los productos en términos de sus especificaciones de fabricación, así como también del proceso productivo en general.

4.1. Características de los productos

Si bien la empresa cuenta con una amplia gama de productos tales como teipes, cintas adhesivas, cintas de embalaje, estuches, empaques, entre otros; el presente Trabajo de Grado focaliza sus esfuerzos en el estudio de las etiquetas autoadhesivas y no autoadhesivas que se fabrican bajo el método de impresión en flexografía.

Existen numerosas formas en las que se pueden caracterizar las etiquetas autoadhesivas y no autoadhesivas que la empresa en cuestión fabrica, sin embargo, para facilitar un posterior análisis del proceso de puesta a punto de las máquinas flexográficas, se decidió clasificarlas según sea el tipo de acabado, el color de las tintas, la forma del troquel y el número de dientes de los cilindros portadores de clises que se empleen para sus elaboraciones. Otras variables de impresión tales como el sustrato, la base de las tintas o el sentido de embobinado, no son influyentes para el estudio de este proceso.

La tabla que se presenta a continuación, muestra la clasificación que se utilizó para diferenciar las distintas etiquetas autoadhesivas y no autoadhesivas que se fabrican bajo el método de impresión en flexografía. Es importante aclarar que, debido a la gran variedad de tintas, troqueles y cilindros que se utilizan para la producción, se emplearan, a modo de ejemplo, nombres genéricos en las variables antes mencionadas para poder diferenciar un producto de otro.

Tabla 2
Clasificación de las etiquetas autoadhesivas y no autoadhesivas.

Producto	Acabado	Tintas Color	Troquel	Dientes cilindro
Etiquetas A	Barniz	1. Cian 2. Magenta 3. Amarillo 4. Negro	Troquel X	110 dientes
Etiquetas B	Barniz	1. Pantone 01 2. Pantone 02 3. Pantone 03 4. Pantone 04	Troquel X	110 dientes
Etiquetas C	Barniz	1. Cian 2. Magenta 3. Amarillo 4. Negro	Troquel Y	110 dientes
Etiquetas D	Barniz	1. Cian 2. Magenta 3. Amarillo 4. Negro	Troquel Z	120 dientes
Etiquetas E	Laminado o Foil	1. Pantone 01 2. Pantone 02 3. Pantone 03 4. Pantone 04	Troquel X	110 dientes

Nota: El número de tintas varía de un producto a otro en un máximo de 6 colores. *Fuente:* Elaboración propia.

A partir de la tabla anterior, y con base en la información suministrada por la empresa, se presentan los estadísticos que tienen lugar en el presente Trabajo de Grado para un posterior análisis de los tiempos de cambio.

- El **40,96%** de los productos son cuatricromías, es decir, con colores de tinta cian, magenta, amarillo, negro o cualquier combinación entre ellas.
- **34,1%** de los productos emplean colores Pantone en cualquiera de sus mezclas.
- El **25,03%** de los productos representan combinaciones de colores Pantone y colores cuatricromías.
- **60%** de los productos contienen barniz (mate o brillante) entre sus acabados.
- El **21%** de los productos contienen laminado o foil entre sus acabados.
- **12%** de los productos contienen barniz y laminado (o foil) entre sus acabados.
- El **7%** de los productos no poseen acabado.
- **78%** de los productos difieren en el tipo de troquel empleado.

4.2. Descripción del proceso de fabricación de etiquetas autoadhesivas y no autoadhesivas

El proceso productivo de fabricación de etiquetas autoadhesivas y no autoadhesivas inicia con la emisión de una “Orden de Producción”¹ por parte del Departamento de Planificación, en donde se ve reflejado el plan de trabajo para toda la organización productiva, desde el proceso de pre-impresión hasta el empaquetado. En la Orden de Producción también se estipula la cantidad de tinta y los metros de sustrato requeridos para la impresión del producto, de forma tal de que el Departamento de Almacén proceda a verificar la disponibilidad de los insumos necesarios que garanticen la continuidad del proceso productivo. En caso de haber algún faltante, este último emite una “Orden de Compra”² destinada a un proveedor externo con las cantidades solicitadas de material.

Si las etiquetas que se desean fabricar son “nuevas” (que no se han realizado en ocasiones anteriores), adicional a la Orden de Producción, el Departamento de Planificación emite una “Orden de Pre-prensa”³ en donde se señalan las especificaciones de montaje del nuevo producto, de forma tal de que un proveedor interno de la empresa proceda con la elaboración de los respectivos clises para la producción.

La “Orden de Producción” que emite el Departamento de Planificación es recibida por el personal de planta (Jefe de Producción, Montador de Clises, Colorista y Prensista), quienes verifican las especificaciones técnicas del producto a fabricar y dan inicio a la puesta a punto de la máquina (proceso que se explica con mayor detenimiento más adelante). Una vez finalizado el paso anterior, el Prensista procede con la impresión del producto en las cantidades que estipula la “Orden de Producción”.

La bobina con el producto semi-terminado es trasladada hasta la zona de Refile, donde la cantidad de pistas impresas son cortadas según las especificaciones del cliente, hasta lograr obtener la distancia solicitada entre el borde de la etiqueta y el borde del papel.

¹ **Orden de Producción:** documento que refleja las especificaciones de fabricación (tintas, sustratos, acabados, troquel, cilindros etc.) del producto a imprimir.

² **Orden de Compra:** documento que estipula la cantidad de materia prima que se le solicita a un proveedor externo para atender una producción.

³ **Orden de Pre-prensa:** documento que refleja el montaje requerido en la elaboración de los clises para la producción.

Seguidamente, el Inspeccionador coloca los rollos del producto terminado en la máquina inspeccionadora y realiza la calibración necesaria en la misma para dar inicio con el proceso de inspección y conteo de etiquetas. En caso de detectarse algún defecto en estas últimas, el Inspeccionador retira el producto defectuoso y lo sustituye por uno sin defectos.

Finalmente, se arman rollos con la cantidad de etiquetas indicada en la “Orden de Producción” y se entregan al Empaquetador para que este proceda con el embalaje e identificación de los bultos (o caja, dependiendo de lo que indique la Orden de Producción) a despachar.



Figura 4. Etapas del proceso de fabricación de etiquetas autoadhesivas y no autoadhesivas.
Fuente: Elaboración propia

4.3. Máquinas de Impresión de etiquetas autoadhesivas y no autoadhesivas.

Entre los diferentes equipos que posee la empresa para la producción de etiquetas autoadhesivas y no autoadhesivas (dependiendo del método que se utilice), en el presente Trabajo de Grado se estudiaron aquellas de impresión en flexografía. Cabe resaltar que, si bien por motivo de confidencialidad no se especifica la cantidad actual disponible de estas máquinas, todas, y cada una de ellas, pertenecen a un mismo fabricante y a una misma línea o modelo, el cual se describe a continuación.

4.3.1. Máquina de impresión Flexo 06.

Equipo de impresión rotativa, en línea, de seis colores, con estaciones separadas y dispuestas horizontalmente; de banda angosta e impulsada por un eje de transmisión común. La Figura que se presenta a continuación muestra algunas de sus especificaciones técnicas.

Atributo	Característica
Número de Estaciones:	6 estaciones
Velocidad de Impresión:	91,5 metros/min.
Ancho del sustrato:	Desde 7", hasta 15"
Rango de sustrato:	12 - 450 micras
Repeticiones al Avance:	140 – 610 mm
Troquelado:	Rotativo en línea
Curado y Secado:	UV simple
Unidad de laminado:	Si
Unidad de Foil:	Si



Fuente: www.empaque.com

Figura 5. Especificaciones técnicas de una máquina Flexo 06.
Fuente: Elaboración propia.

4.4. Descripción del Proceso de Puesta a Punto de las Máquinas Flexo 06

La puesta a punto de las máquinas flexográficas involucra todas aquellas actividades que se desarrollan en el tiempo que transcurre desde el último metro impreso de una producción “A”, hasta el primer metro conforme de una producción “B” que le sigue. A este proceso también se le conoce como preparación de máquina o cambio de producto (ver título 2.2.6).

Así, para el caso particular de las etiquetas autoadhesivas y no autoadhesivas descritas en el título 4.1, se identifican los siguientes tipos de cambio:

Producto	Etiquetas tipo A	Etiquetas tipo B	Etiquetas tipo C	Etiquetas tipo D	Etiquetas tipo D
Etiquetas tipo A	Cambio 1	Cambio 2	Cambio 3	Cambio 4	Cambio 5
Etiquetas tipo B	Cambio 2	Cambio 1	Cambio 6	Cambio 7	Cambio 8
Etiquetas tipo C	Cambio 3	Cambio 6	Cambio 1	Cambio 3	Cambio 9
Etiquetas tipo D	Cambio 4	Cambio 7	Cambio 3	Cambio 1	Cambio 10
Etiquetas tipo D	Cambio 5	Cambio 8	Cambio 9	Cambio 10	Cambio 1

Figura 6. Matriz Producto-Producto para los diferentes tipos de cambios
Fuente: Elaboración propia.

A partir de la figura anterior, dependiendo de las características que difieran de un producto a otro en cuanto a diseño, acabado, tinta, troquel, y cilindro, el tipo de cambio que se lleva a cabo obedece a las siguientes variables:

Tabla 3

Variables que afectan los tipos de cambios en los productos y sus funciones.

Variable	Función
Clises	Suministran el diseño y arte de las etiquetas.
Tintas	Proporcionan los colores en el arte de las etiquetas.
Anilox	Ajustan las tonalidades en los colores de las etiquetas.
Troquel	Genera la forma recortada de las etiquetas.
Laminado	Proporcionan un acabado brillante en las etiquetas.
Foil	Proporcionan un acabado metalizado en las etiquetas.

Porta-troquel	Produce el montaje del troquel.
---------------	---------------------------------

Nota: El cilindro porta-troquel es una variable que depende del número de dientes del cilindro porta-clises, al igual que los cambios en los anilox depende, en la mayoría de los casos, del criterio del Prensista. Las definiciones de cada variable pueden encontrarse en el Anexo II. **Fuente:** Elaboración Propia.

Así, la matriz que se presenta a continuación muestra las variables que afectan cada uno de los tipos de cambios expuestos en Figura 6. Es importante acotar que: debido a que la variable “anilox” depende en gran parte del criterio del Prensista, esta no se tomará en cuenta para la definición de los mismos.

Tipo de Cambio	Variables				
	Clises	Tintas	Troquel	Porta Troquel	Laminado o Foil
Cambio 1	X				
Cambio 2	X	X			
Cambio 3	X		X		
Cambio 4	X		X	X	
Cambio 5	X	X			X
Cambio 6	X	X	X		
Cambio 7	X	X	X	X	
Cambio 8	X				X
Cambio 9	X	X	X		X
Cambio 10	X	X	X	X	X

Figura 7 Matriz Variable-Producto
Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar de la figura anterior, el Cambio 10 involucra la totalidad de las variables previamente descritas, por ende, a partir de la presente se le denominará como “Cambio Completo de Formato”. La Figura 8 que se muestra a continuación, presenta gráficamente el porcentaje de frecuencia que registró cada cambio entre los meses de enero 2018 y junio 2018. Es importante acotar que, por motivos de confidencialidad, los datos que seguidamente se suministran se encuentran en base a cien (100) producciones.

Tipo Cambio	Ocurrencia	% Frecuencia Acumulada
Cambio 6	31	31
Cambio 2	23	54
Cambio 10	19	73
Cambio 4	8	81
Cambio 7	6	87
Cambio 1	5	92
Cambio 3	3	95
Cambio 5	2	97
Cambio 9	2	99
Cambio 8	1	100

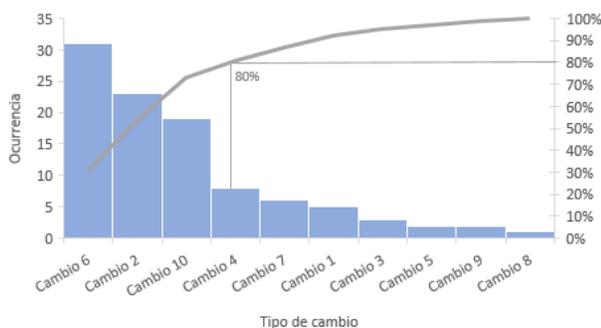


Figura 8. Diagrama de Pareto: Frecuencias por cambio.
Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico anterior se puede observar que los cambios 6, 7 y 10, representan aproximadamente el 80% de los procesos de puesta a punto que se llevan a cabo en las máquinas de impresión Flexo 06 de la empresa en estudio. No obstante, es importante resaltar que el presente Trabajo de Grado se centra en el estudio del Cambio 10 (Cambio Completo de Formato), ya que además de encontrarse dentro del 20% de las causas que originan el 80% de los efectos (Principio de Pareto), este representa el escenario de mayor complejidad posible (aquel con más número de variables involucradas) de los tres antes mencionados.

4.5. Etapas del proceso de puesta a punto de las máquinas Flexo 06

Con motivo de poder agrupar las actividades que se llevan a cabo durante la puesta a punto de las máquinas Flexo 06 según sus objetivos y secuencias dentro de la preparación, se ha decidido clasificarlas por etapas del proceso. Estas son: Pre-Alistamiento, Alistamiento, Registro, Inspección-Ajuste y Aprobación. La siguiente figura muestra la secuencia en las que ocurren cada una de ellas.

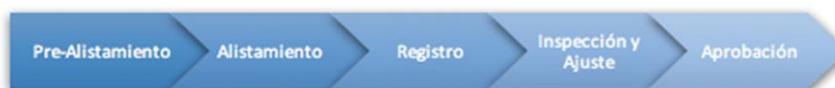


Figura 9. Etapas del proceso de puesta a punto.
Fuente: Elaboración propia.

4.5.1. Etapa de Pre-alistamiento

Debido a que sus actividades se pueden realizar con las máquinas en funcionamiento, el éxito de esta etapa se encuentra en poder ahorrar tiempo durante el proceso de alistamiento (una vez culminado el proceso de impresión del Producto A), la cual dependerá, además, de la puntualidad de entrega de la Orden de Producción, los clises, las tintas y los sustratos requeridos para la producción. Sus actores claves son:

- **Jefe de Producción:** persona responsable de la producción, la calidad y el desempeño general del área de impresión durante cada turno de trabajo.
- **Colorista:** persona responsable de la preparación y administración de las tintas empleadas para la producción.
- **Montador de Clises:** persona a cargo del montaje y administración de los clises empleados para la producción.

A continuación, se presenta el Diagrama de Flujo de Proceso correspondiente a la etapa descrita. Para la descripción detallada de las actividades, ver Anexo III.

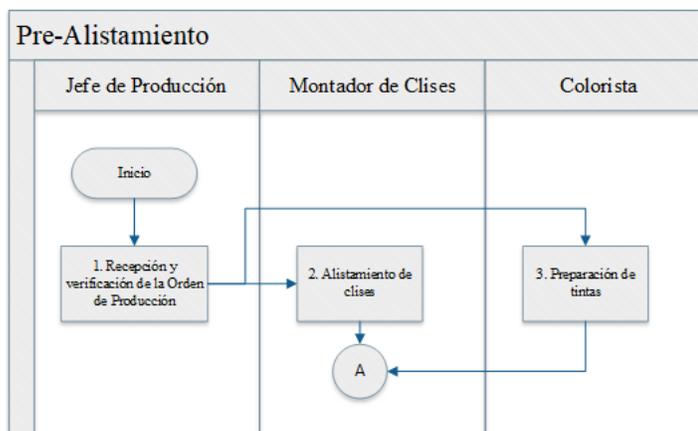


Figura 10. Diagrama de Flujo de Proceso: Etapa de Pre-alistamiento
Fuente: Elaboración propia

4.5.2. Etapa de Alistamiento

La etapa de Alistamiento junta todas aquellas actividades que se deben realizar una vez detenida la máquina, y forman parte de las modificaciones que se requieren para cambiar de la Producción A, a la Producción B, garantizando así las especificaciones del nuevo producto a imprimir (Producto B). Los responsables de llevar a cabo gran parte de las actividades que se exponen en *Figura 11* son:

- **Prensista:** persona responsable de la operatividad de la máquina durante el turno de producción.
- **Ayudante del Prensista:** segunda persona a cargo de la máquina y apoyo del Prensista durante el turno de producción.
- **Ayudante General:** persona encargada del suministro y la limpieza de los insumos necesarios para la operatividad de la máquina durante el turno de producción.

En el Anexo III se encuentra la descripción detallada de cada una de las actividades de Alistamiento.

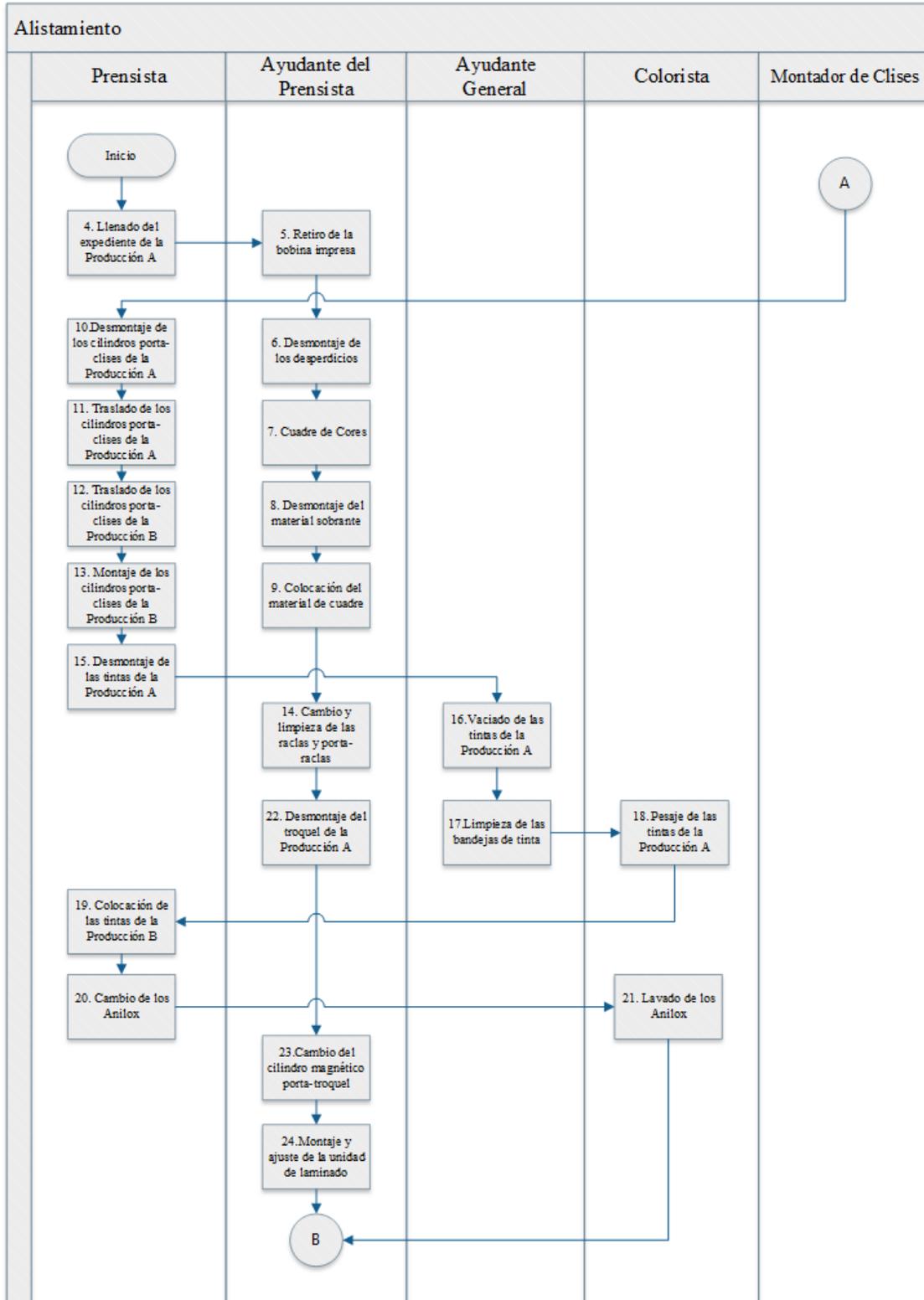


Figura 11. Diagrama de Flujo de Proceso: Etapa de Alistamiento
Fuente: Elaboración propia

4.5.3. Etapa de Registro

Incluye aquellas operaciones que se llevan a cabo directamente en la máquina durante una primera corrida, y que permite alinear distintos parámetros de impresión hasta conseguir que la imagen resultante no presente desfase en su diseño. El siguiente diagrama muestra las actividades que corresponden a esta etapa, las cuales se encuentran descritas en el Anexo III.

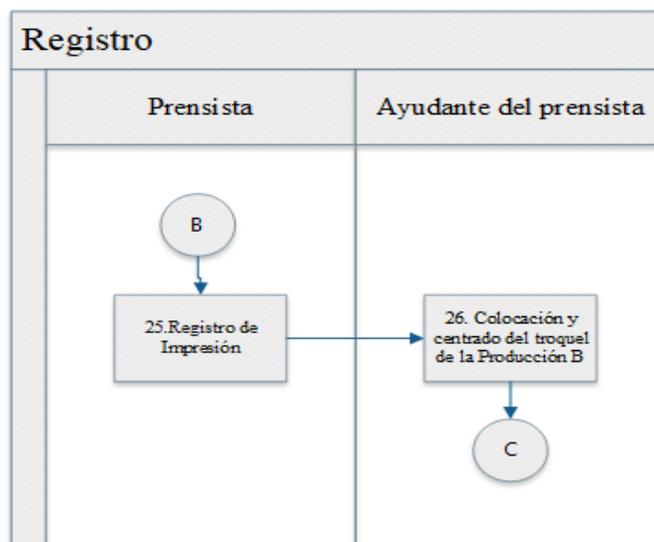


Figura 12. Diagrama de Flujo de Proceso: Etapa de Registro
Fuente: Elaboración propia

4.5.4. Etapa de Inspección -Ajuste

Comprende aquellas actividades que tienen como fin garantizar los requerimientos mínimos necesarios en el producto, previo a su proceso de impresión. Durante esta etapa interactúa, además de los cargos ya antes mencionados, el Supervisor de Control de Procesos.

- **Supervisor de Control de Procesos:** persona a cargo de evaluar el rendimiento futuro del ciclo productivo mediante la optimización de métodos de control estadísticos de la calidad.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo de proceso correspondiente a la presente etapa. En el Anexo III se puede encontrar la descripción detallada de cada operación.

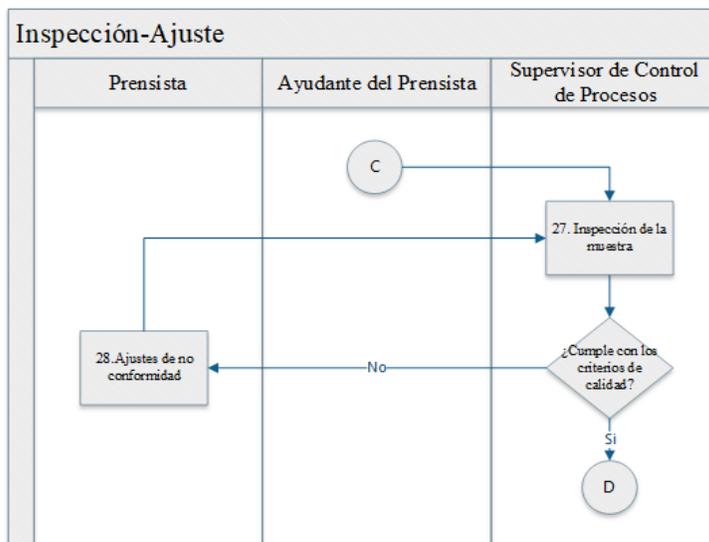


Figura 13. Diagrama de Flujo de Proceso: Etapa de Inspección-Ajuste.
Fuente: Elaboración propia.

4.5.5. Etapa de Aprobación

Es la fase final del proceso de puesta a punto, la cual agrupa el conjunto de actividades cuyos objetivos son afinar los detalles finales de la máquina, y autorizar el inicio del proceso de impresión del nuevo producto (Producto B).

El siguiente diagrama muestra cada una de las actividades que conforman la etapa de Aprobación, las cuales se encuentran descritas a detalle en el Anexo III.

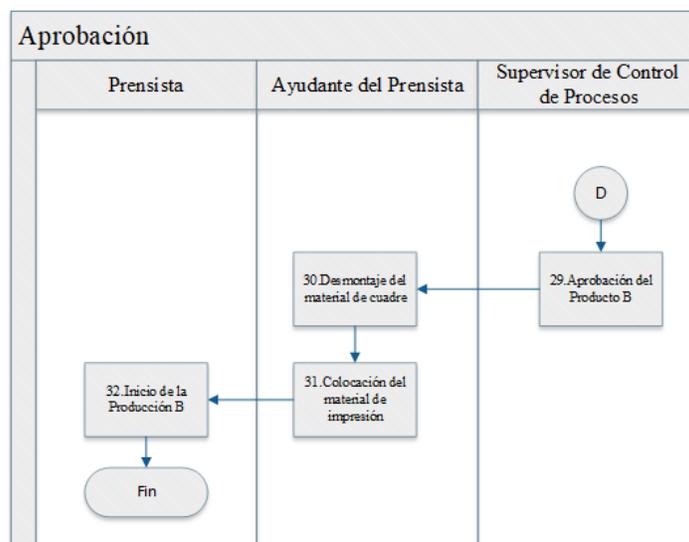


Figura 14. Diagrama de Flujo de Proceso: Etapa de Aprobación.
Fuente: Elaboración propia.

Capítulo V. Análisis del Proceso Actual

El presente capítulo muestra los resultados alcanzados consecuencia del estudio de los tiempos de puesta a punto de las máquinas Flexo 06, así como la identificación y explicación de las problemáticas actuales que afectan el correcto desarrollo de sus actividades y su flujo de proceso.

5.1. Tiempos Estándares de Ejecución en las Operaciones de Puesta a Punto de las Máquinas Flexo 06.

Para llevar a cabo el análisis actual de las operaciones correspondientes al proceso de puesta a punto de las máquinas Flexo 06, es necesario poder contar con un registro confiable y estandarizado sobre el tiempo que estas conllevan y cómo influyen durante un cambio de producto.

Es importante resaltar que tal y como se especificó en el apartado 4.3, cada una de las máquinas flexográficas de la empresa pertenecen a un mismo fabricante y a un mismo modelo de producción (Flexo 06). Adicionalmente, estas cuentan con el mismo número de operarios, mismas herramientas e igual distribución en planta, de forma tal de que los resultados del presente estudio aplican para la totalidad de las máquinas flexográficas ubicadas en la zona de planta de la empresa Etiflexo, C.A.

Una vez aclarado los puntos anteriores, se procedió entonces a realizar una prueba piloto de diez (10) observaciones (aleatorias) para cada una de las actividades en las distintas etapas del proceso. Cabe destacar, que la medición del tiempo se llevó a cabo a través de un cronómetro digital, haciendo uso del método de lectura con retroceso a cero (ver Bases Teóricas).

Adicionalmente, para saber si el número de lecturas iniciales (10 lecturas) representaban un registro confiable para el análisis del proceso actual, se procedió a determinar la cantidad de observaciones necesarias en cada uno de los elementos estudiados. Para ello, debido a que el tamaño de la muestra piloto es menor a treinta ($n < 30$), se hizo uso de una distribución t de Student (ver Bases Teóricas), en la cual el número de lecturas requeridas para cada elemento viene dado por:

$$\text{Ecuación 3: } n = \left(\frac{tS}{k\bar{x}} \right)^2$$

Para el cálculo anterior, el nivel de confianza escogido fue del 90% debido a que la empresa así lo consideró “aceptable” para efectos del presente estudio. Así, con 9 grados de libertad (n-1) y un error del 10% ($\alpha=5\%$), el valor t de Student resultante es el que se muestra en la Figura 15.

n	1- α							
	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169

Figura 15. Tabla de valor resultante para una distribución t Student.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra un ejemplo del cálculo del número de lecturas requeridas para la Actividad 3, la cual corresponde a la preparación de tintas. Los valores de cada parámetro pueden encontrarse en el Anexo VII.

Ejemplo 1: Número de lecturas requeridas para la Actividad 3.

$$n = \left(\frac{1,833 * 0,39}{0,1 * 2,32} \right)^2 = 9,36 \approx 9 \text{ lecturas}$$

A partir del Ejemplo 1, tenemos entonces que el número de lectura requeridas para la Actividad 3 de preparación de tintas es menor al tamaño de la muestra piloto, por ende, no se requirieron de observaciones extras para este elemento.

Del mismo modo que lo antes expuesto se procedió con el resto de las actividades del proceso de puesta a punto (ver Anexo VII). Los elementos que requirieron de un mayor número de lecturas fueron los que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4
Elementos que requirieron de un mayor número de lecturas.

Elemento	Actividad	Nª de Lecturas
Actividad 15	Montaje de los cilindros porta-clises de la Producción B.	12
Actividad 18	Pesaje de las tintas de la Producción A	11
Actividad 20	Cambio de los anilox.	12

Actividad 27	Inspección del producto.	14
Actividad 28	Ajustes de no conformidad	13

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizada la nueva toma de los tiempos de las actividades ya mencionadas en la Tabla 4, se estableció entonces el Tiempo Normal de cada elemento, el cual viene dado por:

$$\text{Ecuación 4: } TN = TO \times \frac{C}{100}$$

El método de calificación empleado para el cálculo anterior es del tipo “objetiva” debido que según Niebel & Freivalds, (2004), “...es el que mejor se ajusta para el estudio de los desempeños individuales de cada elemento” (p.419). Su fórmula viene dada por:

$$\text{Ecuación 5: } C = P \times D$$

Cabe resaltar que, en consenso con el Supervisor de Planta, el factor de ajuste por dificultad de tarea (D) se asignó en un 100% para cada elemento; esto debido a que se consideró un ritmo “normal” de trabajo en cada uno de sus operadores, el cual según la norma británica de valoración describe el desempeño de un trabajador activo, capaz, como de obrero calificado medio, pagado por su esfuerzo y que logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado. (Escalante, 2016, pág. 146). El factor de calificación (P) del elemento viene dado por la tabla de ajuste que se muestra en el Anexo V.

A continuación, se muestra un ejemplo para el cálculo del tiempo normal de la Actividad 3 (Preparación de tintas). En el Anexo VIII se encuentran los resultados obtenidos para el factor de calificación de cada elemento.

Ejemplo 2: Cálculo del tiempo normal de la Actividad 3.

- **Parte del cuerpo usada:** codo muñecas y dedo (+2)
- **Pedales:** sin pedales (+0)
- **Uso de ambas manos:** las manos se ayudan entre sí (+0)
- **Coordinación de ojo y mano:** visión moderada (+2)
- **Requerimientos de manipulación:** puede manipularse burdamente (+0)

Así:

$$C = 100 * 1,04 = 104$$

En consecuencia:

$$TN = 2,32 \frac{\text{minutos}}{\text{tinta}} * \frac{104}{100} = 2,41 \frac{\text{minutos}}{\text{tinta}}$$

Ya establecido el Tiempo Normal para cada elemento (ver Anexo IX), el Tiempo Estándar viene dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 6: } TE = TN * (1 + SUPLEMENTOS)$$

Los suplementos considerados para cada elemento estudiado son los que recomienda la Organización Internacional del Trabajo (ILO) ; agencia de la Naciones Unidas que se ocupa de las normas internacionales, la protección social y las oportunidades de trabajo para todos¹ (ver Anexo IV). La tabla 5, agrupa los suplementos que fueron identificados por fase de preparación.

Tabla 5
Suplementos asignados por etapa del proceso.

Etapa del Proceso	Fatiga Personal	Fatiga Básica	Estar Parado	Atención Cercana	Esfuerzo Mental	Monotonía	Tedio	Total (%)
Pre-Alistamiento	5	4	2	2	1	1	2	15
Alistamiento	5	4	2	0	1	1	5	18
Registro	5	4	2	2	1	0	2	16
Inspección-Ajuste	5	4	2	5	4	0	5	25
Aprobación	5	4	2	0	1	1	2	15

Nota: Los suplementos relacionados con la iluminación, el ruido y las condiciones atmosféricas no fueron consideradas para el presente estudio debido a que no se disponía de los instrumentos necesarios para sus mediciones.

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, a las actividades que se presentan en la Tabla 6 se les aplico una holgura (de forma individual) por uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar) de acuerdo a los pesos que estas implican.

¹ Organización Internacional del Trabajo, s.f.

Tabla 6
Suplementos asignados por concepto de levantamiento de peso.

Elemento	Actividad	Suplemento por peso levantado
Actividad 5	Retiro de la bobina impresa	22
Actividad 6	Desmontaje de los desperdicios	22
Actividad 9	Colocación del material de cuadro	9
Actividad 10	Desmontaje de los cilindros porta-clises de la Producción A	3
Actividad 11	Traslado de los cilindros porta-clises de la producción A	3
Actividad 12	Traslado de los cilindros porta-clises de la Producción B	3
Actividad 13	Montaje de los cilindros porta-clises de la Producción B	3
Actividad 20	Cambio de los Anilox	1
Actividad 21	Lavado de los Anilox	1
Actividad 23	Cambio del cilindro magnético porta-troquel	22
Actividad 24	Montaje y ajuste de la unidad de laminado o foil	9
Actividad 30	Desmontaje material de cuadro	9
Actividad 31	Colocación del material de impresión	22

Nota: Los pesos de cada elemento se obtuvieron de las fichas técnicas respectivas para cada material o herramienta.
Fuente: Elaboración propia.

El ejemplo que se presenta a continuación, muestra los pasos antes descritos para el cálculo del tiempo estándar por actividad.

Ejemplo 3: Cálculo del tiempo estándar de Actividad 3.

Suplementos: fatiga personal (+5), fatiga básica (+4), estar parado (+2), atención cercana (+2), esfuerzo mental (+1), monotonía (+1), tedio (+2).

$$TE = 2,41 \frac{\text{minutos}}{\text{tinta}} * (1 + 0,15) = 2,78 \frac{\text{minutos}}{\text{tinta}}$$

Finalmente, para lograr uniformidad en los datos se procedió a convertir cada uno de los resultados obtenidos a una misma unidad de medición (minutos/cambio), para la cual fue necesario considerar lo siguiente:

- **Consideración 1:** de acuerdo a los parámetros establecidos en el título 4.1, en promedio son dos (2) las tintas que difieren de una producción a otra.
- **Consideración 2:** se contempla el uso de la totalidad de las estaciones de la máquina (6 estaciones), para la cual se requieren seis (6) clises y seis (6) tintas (contando barniz) para el proceso de fabricación del producto B.
- **Consideración 3:** la empresa cuenta con un total de diez (10) bandejas por máquina, cuatro (4) bandejas adicionales al número máximo de estaciones dispuestas en cada una de ellas.
- **Consideración 4:** cada vez que se cambia una tinta, se debe cambiar o lavar el anilox correspondiente a su estación; sin embargo, si la tinta es la misma a la de la producción anterior, el anilox no necesariamente debe permanecer igual. Según los datos que maneja la empresa, son tres (3) el número promedio de anilox que se cambian entre una producción y otra. Adicionalmente, se cuenta con doble juego de anilox para cada medida.
- **Consideración 5:** al momento de calcular el consumo de tinta utilizada durante la producción anterior, independientemente del tipo de cambio, es necesario desmontar, pesar y volver a montar (en caso de que se repita algún color) la totalidad de las unidades de tinta dispuestas en cada máquina.
- **Consideración 6:** en promedio se realiza aproximadamente un (1) ajuste por producción, lo cual implica a su vez, dos (2) inspecciones del producto por cambio de trabajo.

Una vez aclarados los puntos anteriores, podemos determinar entonces el tiempo total de ejecución de cada una de las actividades del proceso de puesta a punto de las máquinas Flexo 06. A continuación, se muestra un ejemplo de ello.

Ejemplo 4: Cálculo del tiempo total de ejecución de la Actividad 3.

$$2,78 \frac{\text{minutos}}{\text{tinta}} * 2 \frac{\text{tintas}}{\text{cambio}} = 5,56 \frac{\text{minutos}}{\text{cambio}}$$

La totalidad de los tiempos de ejecución de cada actividad junto a sus respectivas unidades de medida, operadores y suplementos, pueden encontrarse en el Anexo X.

5.2. Clasificación de las Actividades según su Preparación en el Puesta a Punto de una Máquina Flexo 06

La clasificación de las actividades según su tipo de preparación, se hizo necesaria para la detección de las oportunidades de mejoras presentes en los tipos de cambio que contempla el proceso de puesta a punto de las máquinas Flexo 06. Las tablas que se presentan a continuación, agrupan estas actividades según sean de preparación interna o preparación externa, conceptos que ya fueron definidos en las Bases Teóricas del presente Trabajo de Grado.

Tabla 7

Actividades de preparación interna y sus tiempos estándares de ejecución.

Elemento	Actividad	Tiempo estándar (minutos)	Tipo de Preparación
Actividad 4	Llenado del expediente de la Producción A	9,07	Interna
Actividad 5	Retiro de la bobina impresa	1,26	Interna
Actividad 6	Desmontaje de los desperdicios	1,18	Interna
Actividad 7	Cuadre de cores	0,34	Interna
Actividad 8	Desmontaje del material sobrante	1,31	Interna
Actividad 9	Colocación del material de cuadro	2,98	Interna
Actividad 10	Desmontaje de los cilindros porta-clises de la Producción A	0,97	Interna
Actividad 11	Traslado de los cilindros porta-clises de la Producción A	0,67	Interna
Actividad 12	Traslado de los cilindros porta-clises de la Producción B	1,13	Interna
Actividad 13	Montaje de los cilindros porta-clises de la Producción B	1,42	Interna
Actividad 14	Cambio y limpieza de las raclas y porta-raclas	7,63	Interna
Actividad 15	Desmontaje de las tintas de la Producción A	1,37	Interna
Actividad 16	Vaciado de las tintas de la Producción A	56,27	Interna
Actividad 17	Limpieza de las bandejas de tinta	13,98	Interna
Actividad 18	Pesaje de las tintas de la Producción A	12,27	Interna
Actividad 19	Colocación de las tintas de la Producción B	2,16	Interna
Actividad 20	Cambio de los anilox	1,68	Interna

Actividad 22	Desmontaje del troquel de la Producción A	3,09	Interna
Actividad 23	Cambio del cilindro magnético porta-troquel	12,05	Interna
Actividad 24	Montaje y ajuste de la unidad de laminado o foil	4,10	Interna
Actividad 25	Registro de impresión	23,10	Interna
Actividad 26	Colocación y centrado del troquel de la Producción B	5,96	Interna
Actividad 27	Inspección de la muestra	34,75	Interna
Actividad 28	Ajustes de no conformidad	8,49	Interna
Actividad 29	Aprobación del producto	0,99	Interna
Actividad 30	Desmontaje material de cuadro	0,85	Interna
Actividad 31	Colocación del material de impresión	2,88	Interna
Actividad 32	Inicio de la nueva producción	0,35	Interna

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior, se pudieron identificar un total de 28 actividades de preparación interna, la cuales representan un 75,21 % (212,3 minutos) de la suma de los tiempos estándares totales de cada actividad. Si bien estas operaciones requieren de la parada de la máquina para su realización, la disponibilidad los distintos empleados en sus diferentes áreas permite que muchas de estas tareas se realicen de forma paralela; es por ello que surge la necesidad de un análisis posterior de la ruta crítica del proceso.

Tabla 8

Actividades de preparación externa y sus tiempos estándares de ejecución.

Elemento	Actividad	Tiempo Estándar (minutos)	Tipo de Preparación
Actividad 1	Recepción y verificación de la Orden de Producción	0,46	Externa
Actividad 2	Alistamiento de Clises	28,36	Externa
Actividad 3	Preparación de Tintas	5,56	Externa
Actividad 21	Lavado de los anilox	35,75	Externa

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de las actividades de preparación externa se detectaron un total de 4 operaciones que se pueden realizar durante la operatividad de la máquina sin que estas afecten el tiempo de

cambio de un producto. Estas actividades representan un 24,84% (70,13 minutos) de la suma de los tiempos estándares totales de cada actividad.

5.3. Tiempo Total de Puesta a Punto de una Máquina Flexo 06 para un Cambio Completo de Formato.

Como bien se especificó en el título 4.4, el presente Trabajo de Grado se centra en el estudio del Cambio 10 (Cambio Completo de Formato) ya que este representa el escenario de mayor complejidad posible en una puesta a punto. Así, con base en los tiempos estándares obtenidos en el apartado 5.1, se procedió a determinar la ruta crítica (ver título 2.2.3.10) para el proceso de puesta a punto de las máquinas Flexo 06, la cual permitió calcular entre otras cosas, el tiempo más corto en el que es posible alcanzar un cambio de producto bajo las consideraciones previamente establecidas.

La Figura 16 presenta una adaptación del Diagrama de Proceso de Grupo que permite identificar y analizar la distribución del trabajo que tiene lugar antes y durante un cambio de producto, así como el tiempo de ejecución de sus operaciones, prelación, tipos de preparación y ruta crítica. Cabe destacar a demás, que para la realización de este diagrama se hizo uso de la herramienta informática de gestión de proyectos, Microsoft Project¹, la cual a través de un Diagrama Gantt de Operaciones² (ver Anexo XV) facilitó la determinación de estos elementos.

¹ **Microsoft Project (o MSP)** es un software de planificación de proyectos diseñado, desarrollado y comercializado por Microsoft para desarrollar planes, asignación de recursos a tareas, analizar cargas de trabajo, administrar presupuesto, etc. (Urdaneta, 2016).

² El **Diagrama Gantt de Operaciones** Técnica de planeación que muestra el tiempo de terminación planeado para las distintas actividades de un proyecto como barras graficadas contra el tiempo en un eje horizontal. (Niebel & Freivalds, 2004)

Diagrama de Procesos de Grupo
Puesta a Punto Máquinas Flexográficas

Planta de Etiflexo, C.A. Caracas, Venezuela

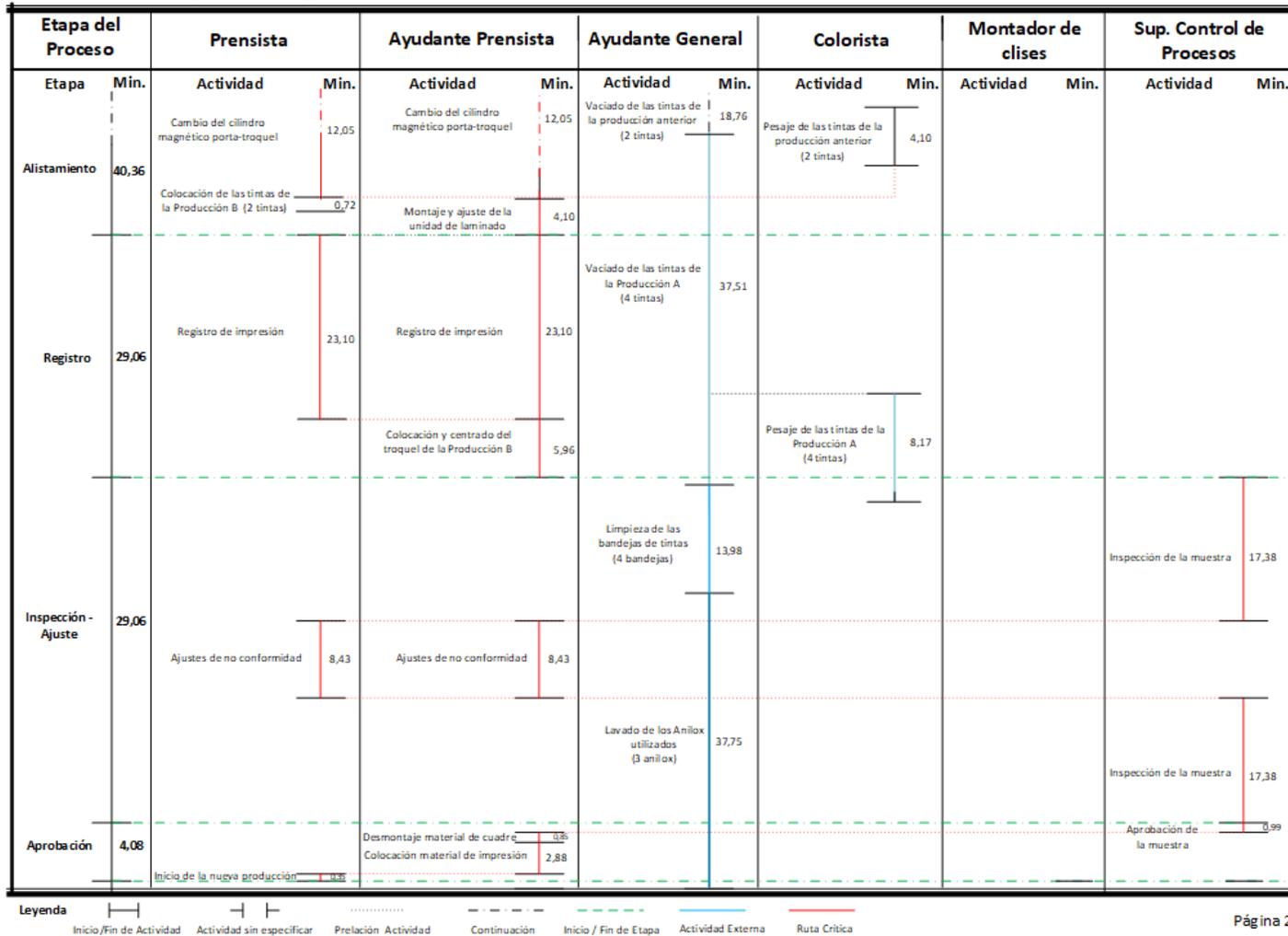


Figura 17. Diagrama de Proceso de Grupo: Puesta a punto de una máquina Flexo 06 para un Cambio Completo de Formato (continuación).
Fuente: Elaboración Propia

A partir de los diagramas anteriores, la Tabla 7 muestra aquellas actividades determinadas como críticas en el proceso de puesta a punto las máquinas Flexo 06.

Tabla 9
Actividades críticas del proceso de puesta a punto.

Elemento	Actividad	Tiempo de ejecución (minutos)
Actividad 4	Llenado del expediente de la Producción A	9,07
Actividad 10	Desmontaje de los cilindros porta-clises de la Producción A	0,97
Actividad 11	Traslado de los cilindros porta-clises de la Producción A	0,67
Actividad 12	Traslado de los cilindros porta-clises de la Producción B	1,13
Actividad 13	Montaje de los cilindros porta-clises de la Producción B	1,42
Actividad 14	Cambio y limpieza de las raclas y porta-raclas	7,63
Actividad 15	Desmontaje de las tintas de la Producción A	1,37
Actividad 22	Desmontaje del troquel de la Producción A	3,09
Actividad 23	Cambio del cilindro magnetico porta-troquel	12,05
Actividad 24	Montaje y ajuste de la unidad de laminado	4,10
Actividad 25	Registro de impresión	23,10
Actividad 26	Colocación y centrado del troquel de la Producción. B	5,96
Actividad 27	Inspección de la muestra	34,75
Actividad 28	Ajustes de no conformidad	8,49
Actividad 29	Aprobación de la muestra	0,99
Actividad 30	Desmontaje material de cuadro	0,85
Actividad 31	Colocación del material de impresión	2,88
Actividad 32	Inicio de la nueva producción	0,35
Total		118,87

Fuente: Elaboración propia.

Así, el tiempo total de cambio de producto para las máquinas Flexo 06, bajo las consideraciones dadas y contemplando un Cambio Completo de Formato (Cambio 10), es de 118,87 minutos.

Es importante resaltar, que estos tiempos suponen que las actividades de Pre-alistamiento (actividades de preparación externas) se encuentran ya realizadas al momento de detenerse la máquina, lo cual ocurre en un 91% de los casos.

A continuación, se muestra la forma de cómo se encuentran distribuidos estos tiempos.

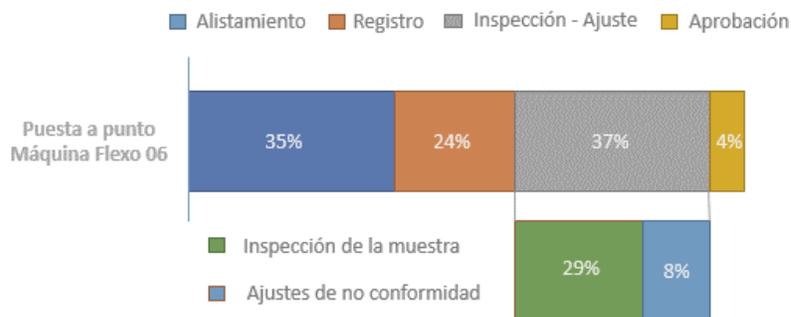


Figura 18. Porcentaje de tiempo crítico por etapa del proceso
Fuente Elaboración propia.

De la Figura anterior se puede apreciar que las fases de Alistamiento, Inspección - Ajuste son las que representan un mayor porcentaje en los tiempos críticos de puesta a punto, sumando entre ambas 72% (85 minutos) del tiempo total de preparación de máquina (118,87 minutos). Adicionalmente, se identificó que la Actividad 27 (Inspección de la muestra) y la Actividad 28 (Ajustes de no conformidad) reflejan el 29% y el 8% respectivamente, del tiempo que lleva cambiar de un producto a otro.

5.4. Determinación de los factores que afectan las operaciones de puesta a punto de las máquinas Flexo 06 en términos de costos y tiempo

Mediante la observación directa del proceso de puesta a punto de las máquinas Flexo 06, se pudieron identificar diversos problemas relacionados con los siete tipos de desperdicios que contempla la Manufactura Esbelta (ver Bases Teóricas), y que no agregan valor alguno al proceso de preparación. Estos son:

5.1.1 Tiempos de espera

Durante el periodo de estudio (desde abril 2018, hasta junio 2018) de las actividades concernientes al proceso de puesta a punto de las máquinas Flexo 06, se pudieron apreciar

intervalos de tiempos “no productivos” en los que uno operarios permanecen sin actividad como producto de secuencias de trabajos o procesos ineficientes. El diagrama de la Figura 16 muestra, por ejemplo, que culminada la Actividad 19 (Cambio de los anilox), el Prensista debe esperar cerca de 7,60 minutos para poder seguir con la actividad sucesiva de cambio en el cilindro magnético porta-troquel. Lo mismo ocurre entre la Actividad 9 (Colocación del material de cuadro) y la Actividad 15 (Cambio y limpieza de las raclas), siendo en este caso el Ayudante del Prensista quien espera 7,56 minutos para poder seguir con sus labores.

Consecuentemente, si se compara el tiempo registrado de preparación de máquina para un Cambio Completo de Formato, versus el tiempo máximo requerido de puesta a punto que estipula la empresa fabricante de los equipos Flexo 06 para un cambio del mismo tipo, tenemos que este último es hasta un 40% inferior a los arrojados por el estudio.

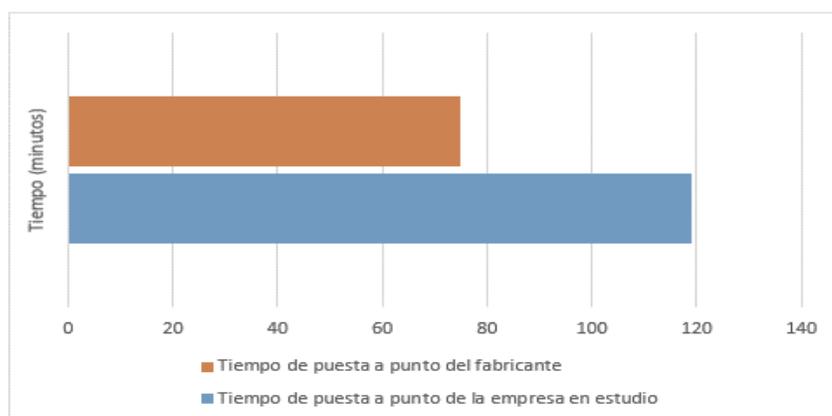


Figura 19. Tiempo de puesta a punto fabricante vs tiempo de puesta a punto empresa en estudio.
Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que, si bien en el capítulo anterior se dividieron las actividades de preparación en 32 elementos, en la práctica existen diversas interferencias de elementos externos que dificultan un ritmo coherente en la ejecución de estas tareas. Algunos de estos factores se explican a detalle más adelante.

5.1.2 Defectos, rechazos y reprocesos

Para el caso en estudio, los desperdicios por defectos o rechazos se encuentran focalizados en la obtención de la muestra del producto deseada y no en el producto terminado como tal. Aclarado el punto anterior, este tipo de despilfarro significa una gran pérdida de la productividad

ya que incluye una serie de trabajos extras (ajustes de no conformidad) que deben llevarse a cabo como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso de preparación la primera vez.

Si bien para los tiempos presentado en la Figura 4 se consideró el promedio de un ajuste por cambio, se pudieron constatar procesos de hasta 3 ajustes antes de la aprobación del producto, lo que representa un aumento del 43% en los tiempos de puesta a punto de las máquinas. A partir de ello, este tipo de desperdicio puede ser considerado como una de las causas del despilfarro por tiempos de espera, sin embargo, para el presente Trabajo de Grado se trataron como dos problemáticas separadas debido a que esta última incurre también en los metros de merma consumidos.

Adicional a los tiempos de puesta a punto, este tipo de desperdicio también genera pérdidas a nivel de material (tintas, sustratos, acabados, etc.), lo cual incide directamente en los costos finales de fabricación. En el caso específico de los sustratos, según los datos que maneja la empresa se pierden aproximadamente 173 metros lineales (4151 etiquetas) por conceptos de defectos, rechazos y reprocesos de las muestras antes de su proceso aprobación.

El siguiente gráfico muestra la cantidad de merma promedio que se consume para un tamaño de muestra de cien (100) producciones aleatorias seleccionadas entre los meses de enero 2018 y junio de 2018, como consecuencia del número de ajustes que se realizan previo a la aprobación del producto.

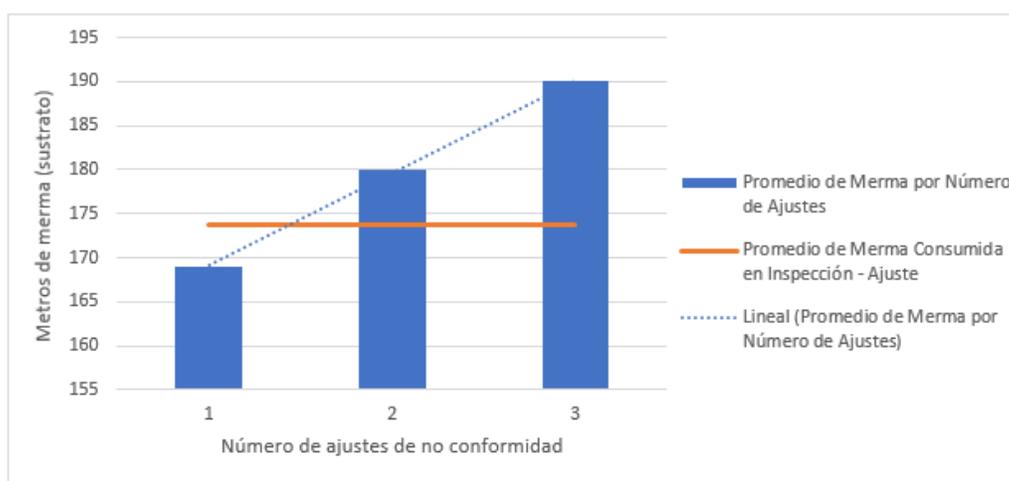


Figura 20. Cantidad de merma promedio consumida por número de ajustes realizados.
Fuente: Elaboración propia.

5.5. Estudio de las causas a los factores que afectan las operaciones de puesta a punto de las máquinas Flexo 06

Para la determinación de las causas a los factores (desperdicios) que afectan las operaciones de puesta a punto de las máquinas Flexo 06 en términos de tiempo y costo, se utilizó la técnica de recolección de datos basado en entrevistas no estructuradas con cada uno de los responsables que intervienen en dicho proceso. Adicionalmente, con el objetivo de corroborar la información antes registrada y generar, a partir de ello, una visión objetiva de los resultados alcanzados, se hizo uso de la observación directa de los cambios que tuvieron lugar durante los meses de junio y julio del 2018 en el área de impresión de la empresa en estudio.

En el diagrama presentado a continuación, se identifican las causas (internas y externas) que originan los tipos de desperdicios por tiempos de espera, de forma tal obtener una panorámica global y estructurado del proceso actual.

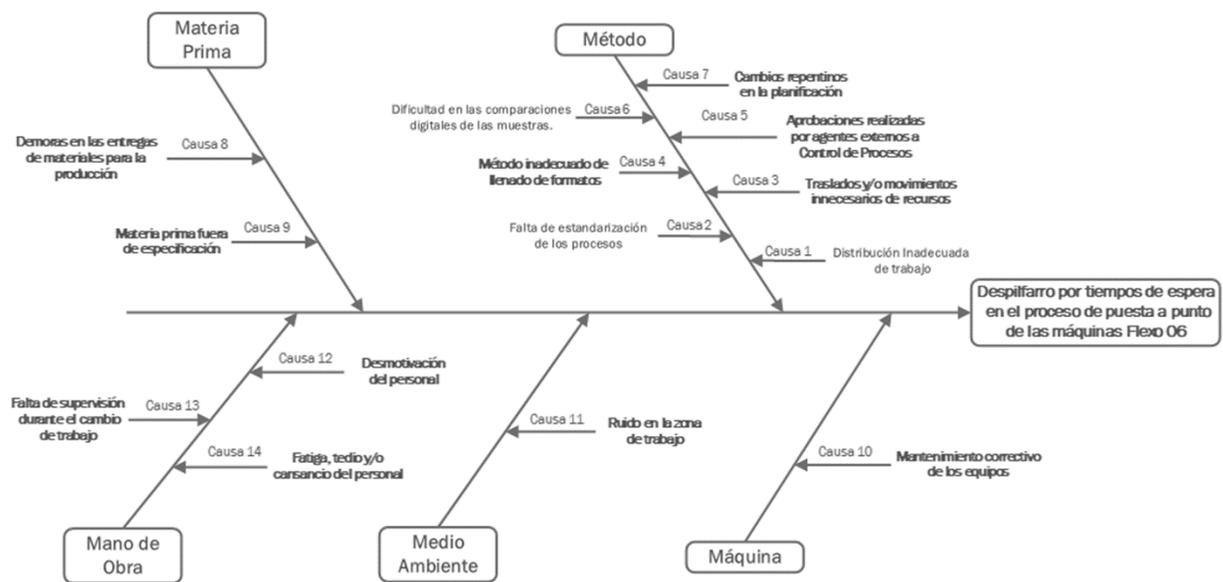


Figura 21. Diagrama de Ishikawa: Despilfarro por tiempos de espera en la puesta a punto de las máquinas Flexo 06. Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo que lo anterior, la Figura 22 muestra las causas de los desperdicios que se originan por concepto de defectos, rechazos y reprocesos.

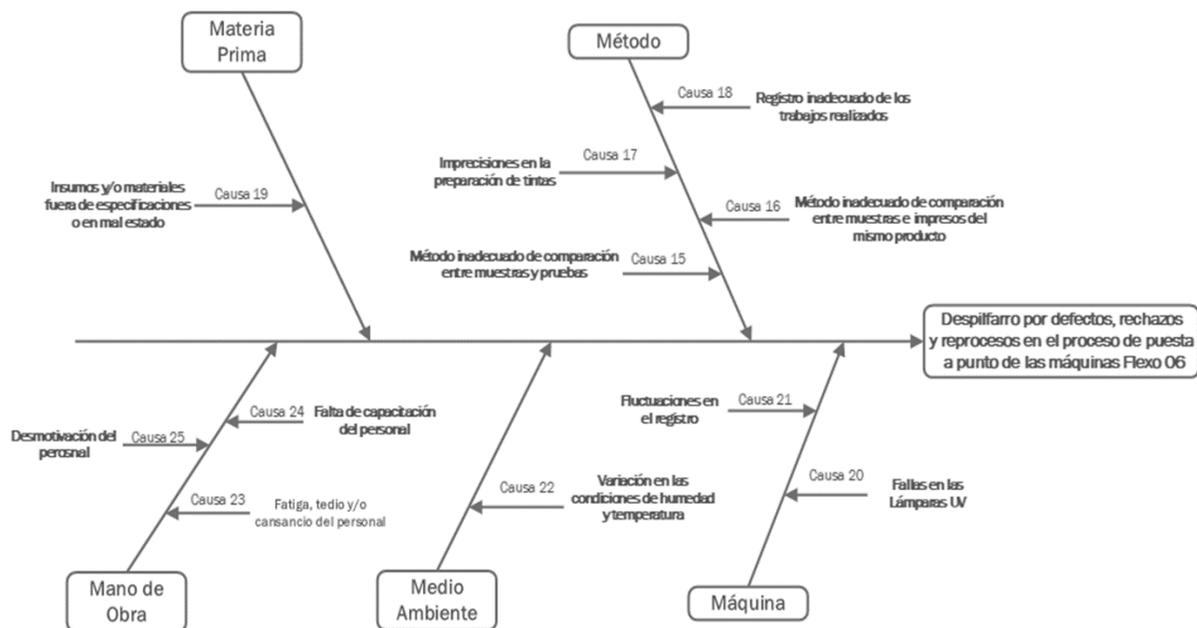


Figura 22. Diagrama de Ishikawa: Despilfarro por defectos, rechazos y reprocesos en la puesta a punto de las máquinas Flexo 06.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, con la finalidad de proporcionar un mejor entendimiento de las diferentes causas expuestas, se procede a mostrar breves observaciones de algunos factores que definen e ilustran las problemáticas planteadas.

5.5.1. Causa 1. Distribución inadecuada del trabajo

Hace referencia a las cargas desiguales de trabajo entre el Prensista y el Ayudante del Prensista durante la realización de las operaciones correspondientes al proceso de puesta a punto de las máquinas Flexo 06, así como a una serie de operaciones que se realizan aun cuando la secuencia de estas no es la más adecuada, incurriendo así en tiempos no productivos de “ocio” por concepto de esperas. De la Figura 16 se extrae que: mientras el Prensista trabaja un total de 62,4 minutos, el Ayudante del Prensista labora un total de 51,59 minutos, 16% menos que el primero.

5.5.2. Causa 3. Traslados y movimientos innecesarios de los recursos

Mediante la observación directa se pudieron identificar ciertas tareas que no agregan valor alguno al proceso de preparación de máquina, ocasionando así esperas por movimientos y/o utilización innecesaria de los recursos (mano de obra, piezas, herramientas, etc.). A continuación, se mencionan algunas de ellas:

- Traslados de los cilindros porta-clises durante la etapa de alistamiento.
- Desmontaje de las tintas que son iguales entre una producción y otra.
- Limpieza de los porta-raclas para tintas de igual color.
- Llenado de formatos y hojas de control durante la preparación
- Llamadas telefónicas no relevantes.
- Ubicación de los anilox para la producción.

5.5.3. Causa 5. Aprobaciones realizadas por agentes externos a Control de Procesos

Se pudo evidenciar en diversas ocasiones que: el Supervisor de Control de Procesos a cargo de inspeccionar la muestra del producto, no es quien termina aprobando esta última, si no que pasa por una serie de consultas y/o revisiones entre los distintos departamentos (Operaciones, Calidad y Negocios) para la autorización definitiva del proceso de impresión, incurriendo así en los tiempos de inspección y ajuste.

5.5.4. Causa 6. Dificultad en las comparaciones digitales de las muestras

Cuando el producto que se quiere fabricar es destinado a la exportación, por motivos de ahorro en los costos de producción, se genera una prueba en formato digital con las especificaciones de calidad requeridas por el cliente y aprobado por este último. Sin embargo, esto representa un obstáculo durante la fase de Inspección de la muestra del producto debido que la prueba digital no mide factores como el comportamiento de las tintas sobre el soporte de impresión, la temperatura, la humedad relativa, etc.

Adicionalmente, la prueba en formato digital implica que el personal de Control de Procesos deba trasladarse hasta la computadora más cercana para realizar la respectiva comparación de la muestra, incurriendo así en un mayor tiempo de aprobación.

5.5.5. Causa 7. Cambios repentinos en la planificación

Durante el estudio de la problemática se evidenciaron en diversas ocasiones cambios repentinos en la planificación, debido a que a ciertos productos (por urgencia en las entregas) poseen prioridad sobre el resto, ocasionando así cuellos de botella en aquellas operaciones críticas del proceso.

5.5.6. Causa 10. Mantenimiento correctivo de los equipos

En una entrevista informal llevada a cabo con el Jefe de Producción de la empresa en estudio, se pudieron identificar aquellas paradas (no planificadas) por fallas o averías en las máquinas que tienen mayor frecuencia durante las fases de Registro y Ajuste. Algunas de ellas son:

- Consumo de la vida útil de las lámparas UV.
- Bajas tensiones del sustrato sobre la máquina
- Desviaciones en el sistema de conteo de las etiquetas.

5.5.7. Causa 15. Método inadecuado de comparación entre muestras y pruebas.

Durante las entrevistas informales realizadas al personal de planta, se pudo identificar la dificultad que tienen los Prensista y Ayudantes del Prensista al momento de comparar, y obtener, las tonalidades exactas que reflejan los colores en la prueba. Esto se debe a que tanto las pruebas, como los impresos, se producen de formas muy distintas.

En la preparación de las pruebas existe muy poca intervención humana y el resultado depende de los factores y las variables preestablecidas, lo cual debería significar un cierto nivel de estabilidad en el color a obtener. Si bien existen algunas variables que podrían influir durante la impresión de una prueba (pigmentación de las tintas, cartuchos, soportes, temperatura, etc.), estas son fácilmente controlables por el operador.

Por otra parte, el proceso de impresión en flexografía contempla numerosas variables que condicionan de forma directa el resultado impreso y, consecuentemente sus colores. En el caso de las muestras, algunos de los factores que afectan los colores de las mismas son:

- Características del sustrato (acabado, opacidad, color, etc.).
- Limpieza de las unidades impresoras (anilox, bandejas, raclas y rodillos).
- Pigmentación de las tintas utilizadas.
- Presión de trabajo aplicada a través de los rodillos anilox.
- Orden de impresión (orden de colores en la superposición).
- Absorbencia del papel.

Adicionalmente, la comparación del color entre pruebas y muestras se realiza de forma visual (con ayuda de un cuentahílos¹), el cual, según los entrevistados, representa un método “subjetivo” de evaluación que depende de:

- Las condiciones de iluminación.
- La sensibilidad del ojo humano.
- El ángulo de apreciación de la muestra.
- El color del soporte sobre el cual se evalúa la muestra.

5.5.8. Causa 16. Método inadecuado de comparación entre muestras e impresos del mismo producto

Al igual que la causa anterior, la comparación visual entre muestras e impresos del mismo producto representa un método “subjetivo” de evaluación, que depende de los múltiples factores ya mencionados previamente. Si bien para los productos por repetición, la comparación se realiza haciendo uso de un estándar de color con el impreso obtenido (y aprobado) durante el último tiraje, factores como el desgaste del papel, el operario, o las condiciones del entorno, pueden dificultar la obtención de muestras de igual color.

Adicionalmente, durante las entrevistas informales realizadas al personal de planta, estos argumentaron que: en diversas oportunidades, a pesar de que los parámetros de la máquina se mantuvieron iguales a la última corrida, las muestras entregadas eran rechazadas por Control de Procesos por “...no ser exactamente iguales al estándar”, desconociendo en muchos casos la causa origen en la diferencia de color.

5.5.9. Causa 18. Registro inadecuado de los trabajos realizados

Una vez aprobada la muestra del producto durante su fase de Inspección, el Colorista y el Prensista anotan, de una forma “rudimentaria”, las tintas, los anilox y la configuración de la máquina para la cual se obtuvo su aprobación. Esto representa una gran ventaja en los productos

¹ **Cuentahílos:** Lente que fija la distancia a la imagen observada y sirve para poder ver con detalle el contenido ampliado de los mediotonos (Ricard Casals Consultants S.A., 2003).

por repetición, ya que esta información refleja los parámetros a seguir para garantizar la calidad deseada en el producto.

Sin embargo, se pudo apreciar que en ocasiones no se registran los cambios en las variables de impresión o la información no se coloca completa en el cuaderno de anotación. Adicionalmente, no existe un procedimiento o documento oficial por parte de la empresa para el registro de estos trabajos.

5.5.10. Causa 22. Variaciones en las condiciones de humedad y temperatura

En el caso del secado de las tintas de impresión, la temperatura juega un papel importante en la forma en la que se fluidifican y penetran las mismas entre las fibras del papel. No obstante, el exceso de temperatura en el papel puede crear ciertos problemas al variar las condiciones en que la tinta adquiere su estado sólido. Por tal motivo, algunos operarios argumentan que durante el proceso de inspección se presentan ciertas dificultades al momento de comparar la muestra de un producto con su respectivo “impreso” realizado un tiempo atrás, donde las condiciones en el ambiente de trabajo posiblemente eran distintas. Lo mismo ocurre con la humedad relativa, la cual, al igual que la temperatura, tiene un efecto sensible sobre el anclaje de las tintas en el sustrato.

5.6. Determinación de la Criticidad de las Causas a las Problemáticas Planteadas

Con motivo de conocer la criticidad de las causas de las problemáticas planteadas, se llevaron a cabo encuestas (ver Anexo XIV) dirigidas a los distintos actores que intervienen en el proceso de puesta a punto de las máquinas Flexo 06, quienes determinaron, además, la frecuencia con las que ocurren cada una de ellas.

Dicha encuesta fue aplicada a un total de quince (15) personas, de las cuales se encuentran: un (1) Jefe de Producción, un (1) Supervisor de la Producción, dos (2) Supervisores de Control de Procesos, un (1) Supervisor de Control de Calidad y diez (10) operarios entre Prensistas, Coloristas, Montadores de Clises y Ayudantes.

A los encuestados se les pidió que contestaran, en un lapso de tiempo no mayor a los quince (15) minutos (por disponibilidad de tiempo), a las siguientes preguntas:

Pregunta 1: Tomando en consideración los tiempos de espera durante el proceso de puesta a punto de las máquinas Flexo 06, evalúe los siguientes elementos según sea:

Tabla 10

Criterio de evaluación para la Pregunta 1 de la Encuesta 1.

Valor	Descripción.
4	Los tiempos de espera por estos elementos son elevados , superiores a los 15 minutos en el desarrollo satisfactorio del proceso de puesta a punto.
3	Los tiempos de esperas por estos elementos son medianamente elevados , varían entre los 10 y 15 minutos en el desarrollo satisfactorio del proceso de puesta a punto, con riesgo en convertirse en “Esperas Prolongadas”.
2	Los tiempos de espera por estos elementos son moderados , varían entre los 5 y 10 minutos en el desarrollo satisfactorio del proceso de puesta a punto, pudiendo ser hasta menores si se toman las medidas adecuadas.
1	Los tiempos de espera por estos elementos son insignificantes o nulos , menores a los 5 minutos en el desarrollo satisfactorio del proceso de puesta a punto.

Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 2: Tomando en consideración los defectos, rechazos y reprocesos de las muestras entregadas durante la puesta a punto de las máquinas Flexo 06, evalúe los siguientes elementos según sea:

Tabla 11

Criterio de evaluación para la Pregunta 2 de la Encuesta 1.

Valor	Descripción
4	La merma que se genera a partir de estos elementos es elevada , se consume más del 75% en las cantidades estimadas de materiales que estipula la Orden de Producción, y se incurren en tiempos de ajuste que superan los 15 minutos.
3	La merma que se genera a partir de estos elementos es medianamente elevada , se consume entre el 50% y 75% (inclusive) de las cantidades estimadas de materiales que estipula la Orden de Producción, y se incurren en tiempos de ajuste que varían entre los 10 y 15 minutos.
2	La merma que se genera a partir de estos elementos es moderada , se consume entre el 25% y 50% (inclusive) de las cantidades estimadas de materiales que estipula la Orden de Producción, y se incurren en tiempos de ajuste que varían entre los 5 y 10 minutos.
1	La merma que se genera a partir de estos elementos es insignificante o nula , se consume menos del 25% en las cantidades estimadas de materiales que estipula la Orden de Producción, y se incurren en tiempos de ajuste por debajo de los 5 minutos.

Pregunta 3: ¿Con que frecuencia considera que ocurren los siguientes elementos dentro del proceso de puesta a punto de las máquinas Flexo 06? Indique según:

Tabla 12

Criterio de evaluación para la Pregunta 3 de la Encuesta 1.

Valor	Descripción
4	Los elementos ocurren frecuentemente , en al menos 8 de cada 10 cambios.
3	Los elementos ocurren regularmente , entre 5, y hasta 8 veces cada 10 cambios.
2	Los elementos ocurren esporádicamente , entre 2 y hasta 5 veces cada 10 cambios.
1	Los elementos ocurren poco , como máximo 2 veces cada 10 cambios.

Fuente: Elaboración propia.

Es importante destacar que, los criterios de evaluación antes descritos fueron establecidos mediante previo acuerdo con el Jefe de Operaciones de la empresa en estudio en una entrevista informal llevada a cabo con este último, quien procedió además con la validación de dicha encuesta.

A partir de lo antes expuesto, el cálculo del puntaje final de criticidad para cada causa o elemento se determinó de la siguiente forma:

- El resultado obtenido de cada elemento para una determinada pregunta viene dado por el valor promedio de las respuestas de los encuestados.
- El puntaje final de criticidad para los elementos del 1 al 10 (correspondientes a las causas de los tiempos de espera) se encuentra definido por el promedio de los puntajes obtenidos en las preguntas 1 y 3.
- El puntaje final de criticidad para los elementos del 11 al 17 (correspondientes a las causas de los defectos, rechazos y reprocesos) se encuentra definido por el promedio de los puntajes obtenidos en las preguntas 2 y 3.

Los Gráficos de Araña que se presentan a continuación, muestran los resultados obtenidos para el puntaje final de criticidad de cada elemento. Para un mayor detalle de los valores alcanzados por la encuesta, ver Anexo XIII.



Figura 23. Gráfico de Araña: Criticidad de las causas de los tiempos de espera.
Fuente: Elaboración propia.

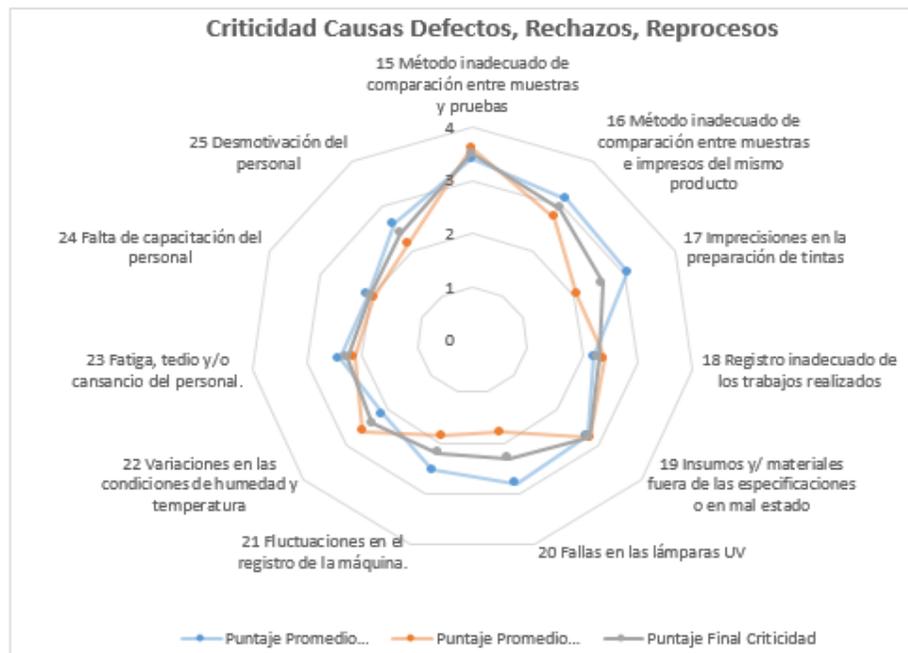


Figura 24. Gráfico de Araña: criticidad de las causas de los defectos, rechazos y reprocesos.
Fuente: Elaboración propia.

A partir de los gráficos anteriores, se clasificaron como “Causas Críticas”, aquellas cuyo puntaje final de criticidad sea mayor o igual a 3. Estas son:

Tabla 13

Causas críticas de despilfarro por tiempos de espera, defectos, rechazos y reprocesos.

Desperdicio	Causa Crítica	Puntaje Final Criticidad
Defectos, Rechazos y Reprocesos	Método inadecuado de comparación entre muestras y pruebas.	3,50
Tiempos de Espera	Distribución Inadecuada de trabajo	3,40
	Traslados y movimientos innecesarios de los recurso	3,00

. Fuente: Elaboración propia.

Con el objetivo de poder ofrecer mejoras que permitan mitigar los efectos de aquellas causas determinadas como críticas en la tabla anterior, se procedió a la realización de un Diagrama ¿Por qué? ¿Por qué?, la cual permitió un análisis más detallado de los factores que originan los tipos de desperdicios en el proceso de puesta a punto de las máquinas Flexo 06, y que son objeto de estudio en el presente Trabajo de Grado.

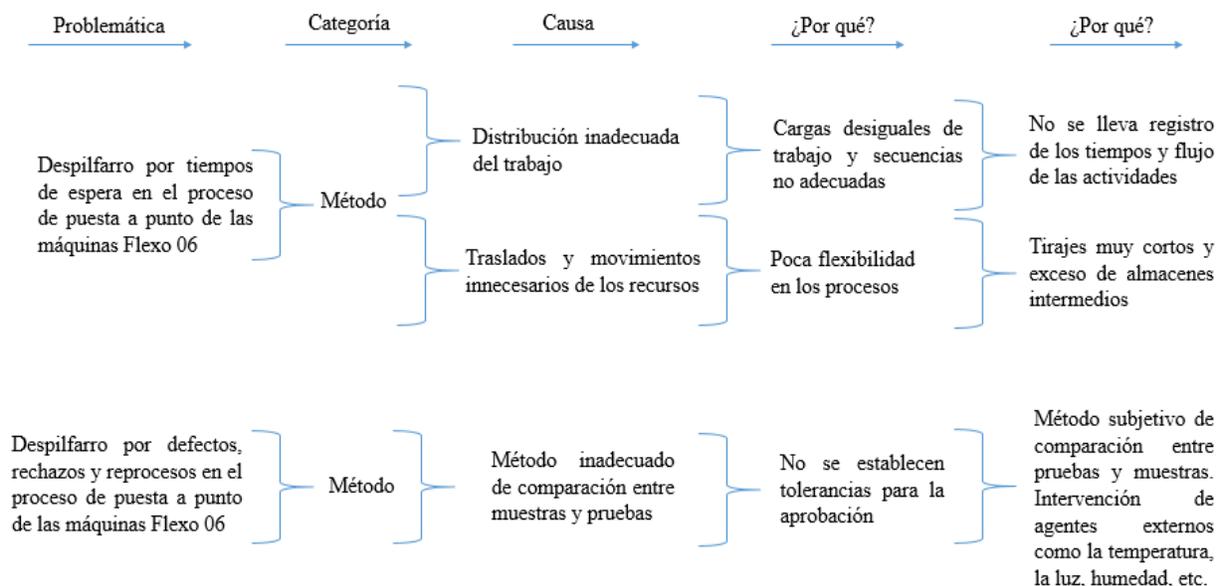


Figura 25. Diagrama ¿Por qué? de las causas de los tiempos de espera, defectos, rechazos y reprocesos.

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo VI. Propuestas de Mejoras

A partir del análisis del proceso actual de puesta a punto de las máquinas Flexo 06, así como de la detección de sus actividades críticas, y la explicación de los problemas presentes en el mismo en términos de los principales desperdicios que contempla la Manufactura Esbelta; se han desarrollado las siguientes propuestas con el objeto de solucionar las problemáticas planteadas, o bien, mitigar sus efectos.

6.1. Propuestas de Mejora Basada en los Tiempos de Espera Durante el Proceso de Puesta a Punto de las Máquinas Flexo 06.

A continuación, se presentan el conjunto de acciones a ejecutar, con la finalidad de mantener un flujo continuo en las operaciones que se llevan a cabo durante el proceso de puesta a punto de las máquinas Flexo 06, y mejorar, con ello, los tiempos de cambio de los productos.

6.1.1. Propuesta 1. Aplicación de la técnica de cambio rápido de herramienta SMED

Como bien se explicó en las Bases Teóricas, el SMED es una metodología o conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de máquina, a través de la incorporación de cambios tanto en los procesos, como en los equipos, utillajes y herramientas.

Es importante destacar que: la presente metodología se encuentra definida en cuatro (4) etapas de desarrollo, cada etapa tiene un objetivo particular para lograr alcanzar el fin último de acortamiento en los ciclos de cambios en los productos. El siguiente diagrama ilustra la forma en la que se encuentra estructurada la presente propuesta.

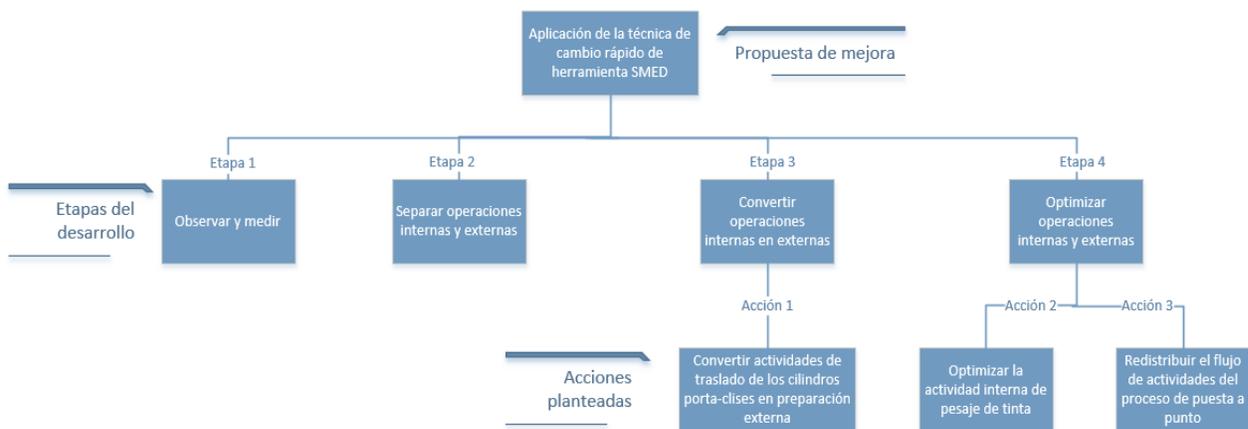


Figura 26. Estructura desagregada de la propuesta 1 SMED

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, cabe acotar que las dos primeras etapas del SMED ya han sido ejecutadas a lo largo del presente Trabajo de Grado y corresponden al análisis y separación de las actividades concernientes a la puesta a punto de las máquinas Flexo 06, así como de su flujo de proceso. Para mayor detalle, ver Anexo XI.

A continuación, con base en lo antes expuesto, se presentan el conjunto de acciones propuestas que responden a las Etapas 3 y 4 de la técnica de cambio rápido de herramienta SMED, las cuales persiguen una mejora en los tiempos de espera por cambio en las producciones.

6.1.1.1. Acción 1. Convertir actividades de traslado de los cilindros porta-clises en preparación externa.

Con la finalidad de reducir el número de actividades que se realizan con la máquina parada (tercera etapa del SMED), se propone convertir las operaciones de traslado de los cilindros porta-clises en actividades de preparación externas. Para ello, se plantea la siguiente metodología de trabajo:

- i. El Montador de Clises, inmediatamente después de haber finalizado con la actividad de alistamiento de los clises (la cual es de preparación externa), debe proceder con el traslado de los cilindros porta-clises (ya alistados) hasta las adyacencias de la máquina que corresponda para su montaje.
- ii. Seguidamente, el Montador de Clises sitúa ordenadamente los cilindros porta-clises en el carro dispensador de herramientas más cercano a la máquina donde serán colocados. Esto, preferiblemente durante el tiraje del producto anterior.
- iii. Una vez parada la máquina, el Prensista desmonta los cilindros porta-clises de la producción anterior y los sitúa en el carro dispensador de herramientas más cercano.
- iv. En simultaneo con el paso anterior, el Ayudante del Prensista va colocando en la máquina, los cilindros porta-clises de la nueva producción.
- v. Una vez culminadas las actividades de preparación de máquina, el Montador de Clises procede con el traslado de los cilindros porta-clises correspondientes a la producción anterior, desde el carro dispensador de herramientas, hasta la zona de almacenaje de los mismos.

De los pasos anteriores es importante resaltar que: los cilindros porta-clises son utensilios de gran cuidado que requieren ser ubicados en lugares resguardados, frescos, donde no causen accidentes, y no estorbe con el libre tránsito de los operadores, en tal sentido, los mismos no pueden ser situados en otro lugar que no sea el carro dispensador de herramientas propuesto.

Ahora bien, debido a que los carros dispensadores de herramientas con los que cuenta la empresa no fueron diseñados (en un principio) para tales propósitos, con la finalidad de garantizar que la totalidad de los cilindros porta-clises quepan en el espacio propuesto, se determinaron sus dimensiones y se compararon con las de estos últimos, obteniendo los resultados que se muestran en el Anexo XVI.

La Figura que se presenta a continuación, muestra, a través de diagramas de flujos de procesos, la metodología propuesta versus la metodología actual de traslado, montaje y desmontaje de los cilindros porta-clises para la producción.

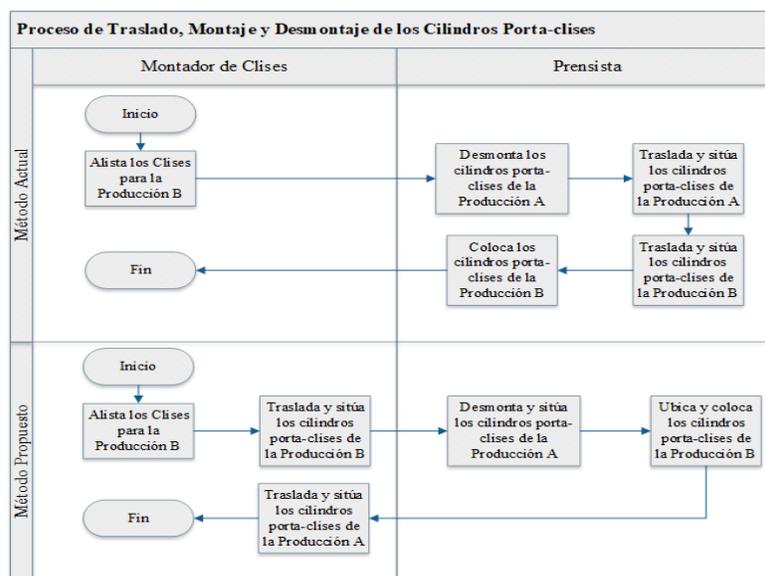


Figura 27 Método actual vs método propuesto de traslado de los cilindros porta-clises.
Fuente: Elaboración propia

Al pasar las actividades de traslado de los cilindros porta-clises a preparación externa, se busca mitigar la causa a la problemática de los tiempos de espera por conceptos de traslados y movimientos innecesarios de los recursos (Causa 3). Adicionalmente, se esperaría obtener un

ahorro considerable de los tiempos de preparación y una reducción en el número de actividades que rigen la ruta crítica del proceso de puesta a punto actual de las máquinas Flexo 06.

Acción 2. Optimizar la actividad interna de pesaje de tinta

Como tercera y última fase de la técnica de cambio rápido de herramienta (SMED), se propone agilizar el proceso de pesaje de las tintas durante un cambio de producto de colores iguales, haciendo uso de metodología de trabajo que se plantea a continuación:

- i. Cada vez que una o varias tintas son preparadas durante la etapa de Pre-alistamiento, el Colorista debe pesar los respectivos recipientes o envases sobre las cuales se encuentra contenidas. De igual forma debe proceder cuando estas últimas hayan sido vaciadas en sus bandejas correspondientes para la producción.
- ii. Culminado el proceso de impresión de un producto, si una de las tintas de la producción A (anterior), es igual a una de las tintas que requiere la producción B (siguiente), el Prensista le hace entrega de la bandeja con dicha tinta al Colorista encargado de su preparación.
- iii. El Colorista pesa la bandeja (con la tinta) directamente en la balanza y calcula su consumo como sigue:
 - El peso inicial del envase (en kilogramos), menos el peso final del envase (en kilogramos), da como resultado la cantidad de tinta entregada (en kilogramos)
 - El peso de la bandeja con tinta (en kilogramos), menos el peso de la bandeja sin tinta (en kilogramos), da como resultado la cantidad de tinta sobre la bandeja (en kilogramos)
 - El consumo de tinta final viene dado por la resta entre la cantidad de tinta entregada (en kilogramos), menos la cantidad de tinta sobre la bandeja (en kilogramos).
- iv. El Colorista registra el consumo de tinta final y nuevamente le hace entrega de la bandeja con tinta al Prensista encargado de su montaje.
- v. Una vez que la tinta no requiera ser más utilizada, se procede con la metodología actual de vaciado y pesaje de las mismas. Los excedentes de tinta restantes sobre algunos utillajes de impresión (anilox, raclas y rodillos) son pesados y promediados entre el número de producciones para la cual fue empleada dicha tinta.

La figura que se presenta a continuación, muestra, a través de diagramas de flujos diferentes, la metodología propuesta versus la metodología actual de pesaje de las tintas.

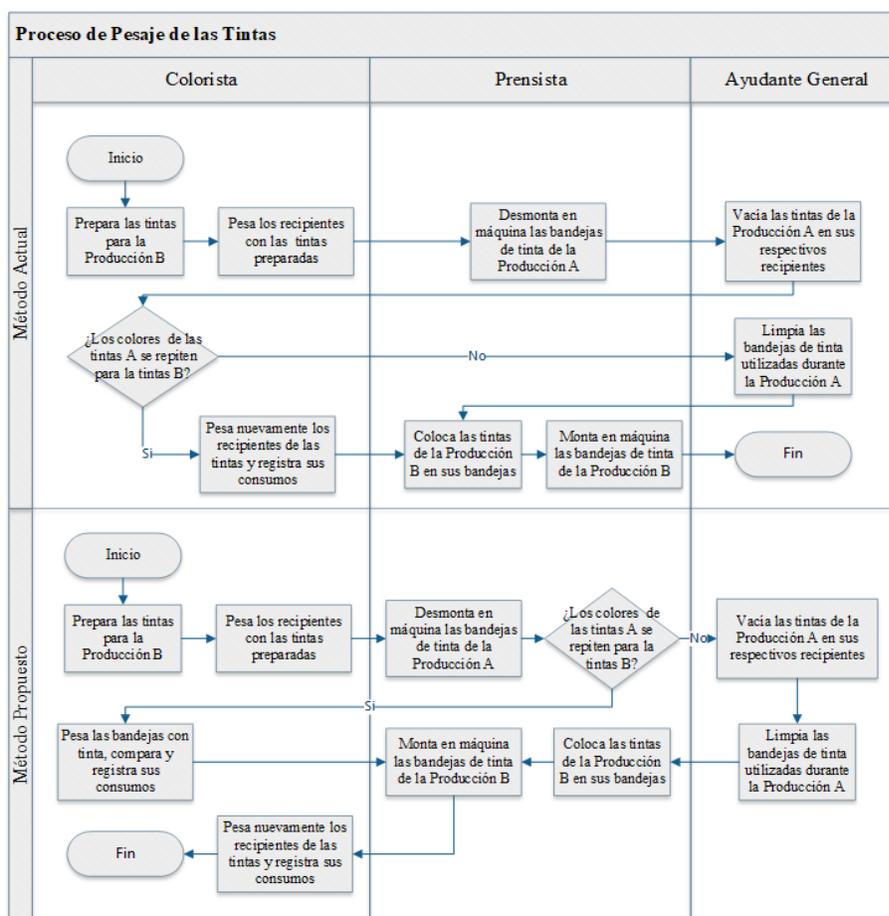


Figura 28 Método actual vs método propuesto de pesaje de tintas.
Fuente: Elaboración propia

Al optimizar la operación interna de pesaje de las tintas, se busca mitigar la causa a la problemática de los tiempos de espera por conceptos de tareas que no agregan valor al proceso (Causa 3), específicamente por movimientos innecesarios de los recursos. Adicionalmente, se esperaría obtener un ahorro en los tiempos de preparación de los tipos de cambios que requieren de al menos una tinta de igual color a las que se encuentran en máquina, los cuales según los datos que maneja la empresa representan el 68,7% de las producciones actuales.

A partir de lo antes expuesto, dependiendo del número de colores que difieren de una producción a otra, la actividad de vaciado de las tintas podría convertirse incluso en preparación externa.

6.1.1.2. Acción 3. Redistribuir el flujo de actividades del proceso de puesta a punto.

A partir de las dos metodologías anteriores, y como parte de la última fase de la aplicación de la herramienta SMED, se plantea una reasignación en las cargas laborales de los operarios a cargo del proceso de puesta a punto de las máquinas Flexo 06, así como una redistribución en el flujo de las operaciones concernientes al ciclo de alistamiento de los equipos.

En la Figura 14 se muestra la distribución sugerida para la realización de las actividades del proceso de puesta a punto de las máquinas Flexo 06, la cual tiene sus fundamentos en lo siguiente.

- Actividades con mayor número de prelación durante la etapa de alistamiento, son ubicadas entre las primeras dentro del flujo de operaciones propuesto, seguidas de aquellas denominadas como “críticas” en el proceso actual de puesta a punto.
- Actividades que requieren de la intervención de los dos operarios de la máquina (Prensista y Ayudante del Prensista), se sitúan juntas en un lapso de tiempo en la que ambos hayan culminado con alguna de sus tareas.
- Actividades internas con holguras en sus tiempos de ejecución se ubican entre las últimas dentro del flujo de operaciones propuesto, seguidas de aquellas de preparación externa que no tengan prelación alguna en el proceso actual de puesta a punto.

Diagrama de Procesos de Grupo
Puesta a Punto Máquinas Flexográficas

Planta de Etiflexo, C.A. Caracas, Venezuela

Etapa del Proceso		Prensista		Ayudante Prensista		Ayudante General		Colorista		Montador de clises		Sup. Control de Procesos			
Etapa	Min.	Actividad	Min.	Actividad	Min.	Actividad	Min.	Actividad	Min.	Actividad	Min.	Actividad	Min.		
Pre Alistamiento	28,82	Recepción y verificación de la Orden de Producción	0,46					Preparación de las tintas (2 tintas)	5,56			Alistamiento de clises (6 clises)	28,36		
Alistamiento	34,61	Llenado del expediente de la Producción A	9,07	Retiro de la bobina impresa	1,26							Trabajo cilindros porta-clises Producción B (3 traslados)	1,13		
					Desmontaje de desperdicios	1,18									
					Desmontaje material sobrante	1,31									
					Cuadre de Cores	0,34									
					Colocación material de cuadro	2,98									
					Montaje y ajuste de la unidad de laminado	4,10									
				Desmontaje de las tintas Producción A (6 tintas)	1,37										
				Cambio de los Anilox (3 anilox)	1,68	Cambio y limpieza de raclas y port-raclas (6 raclas)	7,63					Pesaje de las tintas de la producción anterior (2 tintas)	4,10		
				Colocación de las tintas de la Producción B (4 tintas)	2,16										
				Desmontaje cilindros porta-clises Producción A (6 cilindros)	0,97										
		Montaje cilindros porta-clises Producción B (6 cilindros)	1,42												
				Desmontaje del troquel de la Producción A	3,09										
		Cambio del cilindro magnético porta-troquel	12,05	Cambio del cilindro magnético porta-troquel	12,05	Vaciado de las tintas de la Producción A (2 tintas)	18,76								

Leyenda: Inicio/Fin de Actividad, Actividad sin especificar, Prelación de Actividad, Continuación, Inicio / Fin de Etapa, Actividad Externa, Ruta Crítica

Figura 29. Diagrama de Proceso de Grupo: Distribución propuesta para la puesta a punto de las máquinas Flexo 06. Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de Procesos de Grupo
Puesta a Punto Máquinas Flexográficas

Planta de Etiflexo, C.A. Caracas, Venezuela

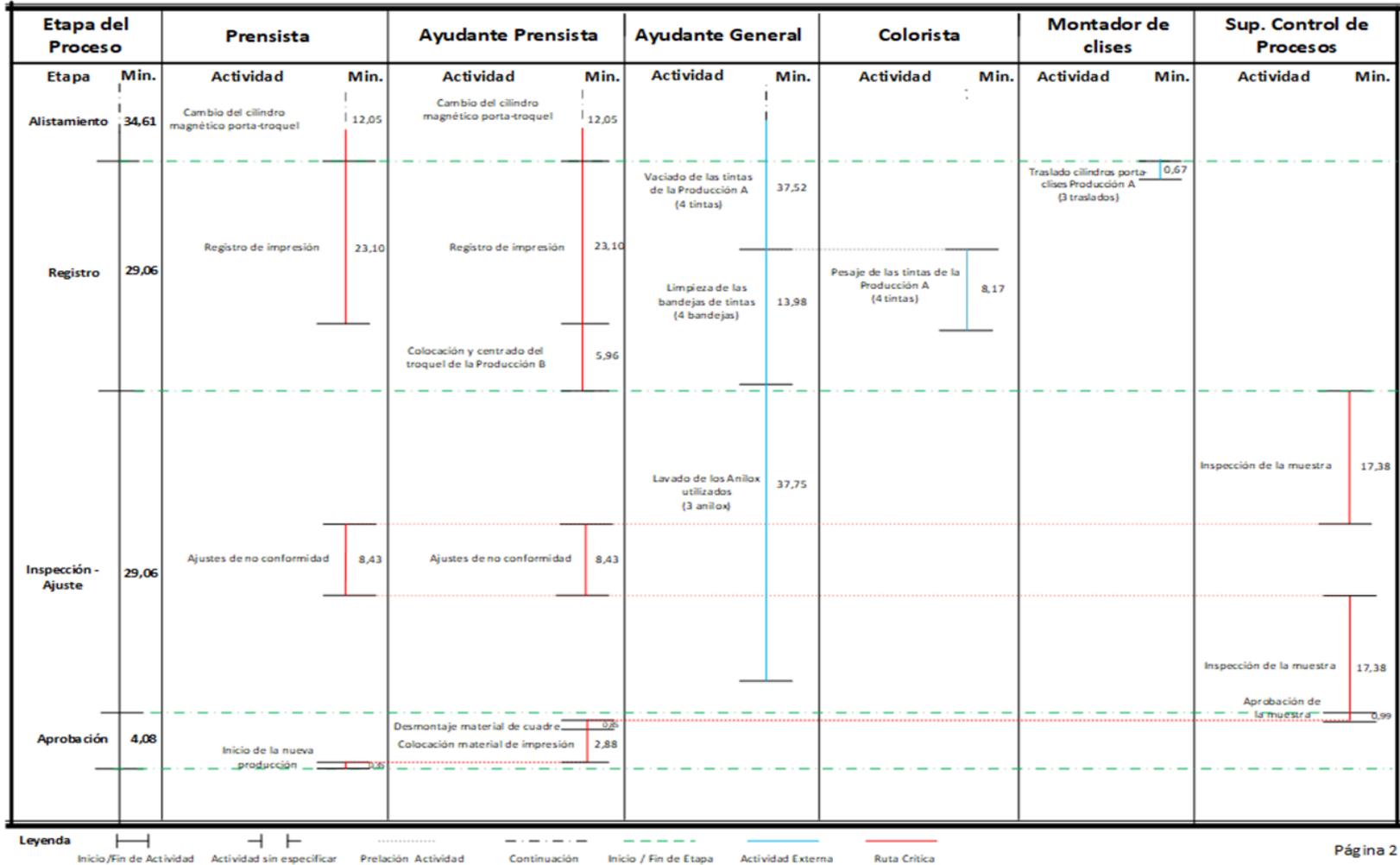


Figura 30. Diagrama de Proceso de Grupo: Distribución propuesta para la puesta a punto de las máquinas Flexo 06 (continuación).
Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar de la Figura anterior, la ruta crítica de la distribución propuesta del proceso de puesta a punto de las máquinas Flexo 06 determinaría un tiempo de cambio de producto de 111,26 minutos; 6,44 % menos que la distribución actual.

6.1.2. Requisitos para la aplicación de la Propuesta 1.

- Limpiar y organizar los carros dispensadores de herramienta en las adyacencias de cada máquina. Reubicar aquellas herramientas o materiales que no agregan valor al proceso productivo y disponer del espacio libre suficiente para la colocación de los cilindros porta-clises.
- Mantener el orden y la limpieza en la zona dispuesta para la colocación de los cilindros porta – clises en cada carro dispensador de herramientas.
- Revisar los clises antes de sus traslados para no incurrir en tiempos de espera por conceptos de dobles traslados o reprocesos.
- Tener los clises alistados antes de que los operadores de las máquinas tengan que disponer de los mismos durante un cambio de trabajo.
- Disponer de una balanza electrónica de precisión que pueda determinar el peso en miligramos con una capacidad máxima de hasta 10.200 gramos y una resolución desde 0,001gramos, hasta 0,1 gramos. Adicionalmente, la misma debe ser resistente a cualquier tipo de líquido.
- Pesar, estandarizar e identificar, cada una de las 10 bandejas con las que dispone cada máquina para llevar a cabo el proceso de impresión del producto. La identificación se debe hacer mediante mecanismos de grabado en acero.
- Instruir a todo el personal de planta involucrado en el proceso de puesta a punto las máquinas Flexo 06, sobre la distribución propuesta del flujo de las operaciones de alistamiento de los equipos, y de las nuevas metodologías de trabajo planteadas.

6.1.3. Ventajas de la aplicación de la Propuesta 1.

- Incrementa la disponibilidad de máquina.
- Disminuye los desplazamientos.
- Reduce el porcentaje de desperdicio de tinta de cada producción por concepto de vaciado de las bandejas.

- Facilita las labores del Prensista cuyas cargas de trabajo actual son mayores a las del resto de los operadores.
- Propicia un ambiente ordenado y limpio de trabajo.

6.1.4. Desventajas de la aplicación de la Propuesta 1.

- Costo asociado a la compra de una balanza electrónica de precisión para el área de impresión.
- Está sujeta a los tiempos de los tirajes anteriores al cambio.
- Disminución en la flexibilidad de ejecución de algunas de sus actividades.
- Menor capacidad de respuesta ante posibles eventualidades.

6.1.5. Resultados esperados de la aplicación de la Propuesta 1

- Reducción de los tiempos de cambio de producto en un 6,44% (7,65 min).
- Atenuación de la Causa Crítica 1 (Distribución inadecuada del trabajo) con tiempos de espera entre 10 y 15 minutos, y ocurrencia en más de 8 de cada 10 producciones.
- Atenuación de la Causa Crítica 3 por conceptos de movimientos y traslados innecesarios de los recursos, con tiempos de espera de entre 5 y 10 minutos, y ocurrencia en más de 8 de cada 10 producciones.

6.1.6. Relación costos – beneficios de la aplicación de la Propuesta 1

La Tabla 14 muestra el efecto de reducir en un 6,44% los tiempos de puesta a punto de una máquina Flexo 06, bajo las siguientes consideraciones:

- Costo Balanza de Precisión CENT¹: 640 \$
- Costo / hora máquina: 180 \$

¹ <http://www.boustens.com/balanza-electronica-precision-cent/>

Tabla 14
Costos y beneficios asociados a la Propuesta 1

Horas netas disponibles al año	
Horas de presencias al año en 1 turno	1.750
Reducción por tiempo no productivo (20%)	-350
Total	1.400
Tiempo para la realización de un trabajo	
Puesta a punto	118,87 minutos
Tiraje	15 minutos
Total	133,87 minutos
Número de trabajos al año consecuentes	
(1400 h * 60 min/h) /133,87 min/trabajos = 627 trabajos.	
Con un ahorro de 7,65 min por trabajo (627 trabajos * 7,65 min/trabajo) /60 min /h = 79,94 h	
Costo/ hora máquina	180 \$
Valor de Ahorro: 79,94 h *180 \$ /h	14.389,2 \$
Menos Costo Balanza	-640 \$
Valor neto de ahorro obtenible:	13.749,2 \$

Fuente: Elaboración propia.

6.2. Propuesta de Mejora Basada en los Defectos, Rechazos y Reprocesos

A continuación, se presenta la acción a ejecutar, con la finalidad de obtener una reducción en la cantidad de merma y tiempo consumido por conceptos de defectos, rechazos y reprocesos durante las actividades de inspección y ajuste de las muestras del producto entregadas para sus aprobaciones.

6.2.1. Propuesta 2. Aplicación de un método objetivo de evaluación entre muestras, pruebas e impresos, haciendo uso de un espectrodensitómetro como instrumento de medición.

Como bien se pudo evidenciar en el gráfico de la Figura 24, las causas con mayor criticidad en los problemas de despilfarros por defectos, rechazos y reprocesos, corresponden a los métodos inadecuados de evaluación entre muestras y pruebas, o bien entre muestras e impresos del mismo producto.

En una explicación posterior de las Causas 10 y 11 mediante el uso de un Diagrama ¿Por qué? ¿Por qué? (Figura 25), se hizo referencia a la forma “subjetiva” con la que se comparan, o se miden, los colores sobre una muestra impresa o prueba; la cual se realiza al “ojo por ciento”, con ayuda de cuentahílos. Sin embargo, como bien se especificó anteriormente, este método de evaluación depende de múltiples factores que van desde las condiciones del entorno en donde se lleva a cabo la inspección, hasta la sensibilidad del ojo humano, o el ángulo de apreciación de la misma.

A partir de lo ya mencionado, se propone disponer de un espectrodensitómetro (como el mostrado en la Figura 31), con funciones colorimétricas y densitométricas de medición, que permita evaluar con la certeza que requiere, las diferencias de color entre muestra y pruebas, o muestras e impresos de un producto.



Figura 31. Espectrodensitómetro propuesto modelo X-rite
Fuente: X-rite, s.f.

La valoración colorimétrica de una determinada zona de la etiqueta permitiría obtener sus coordenadas CIE Lab y compararlas con las mediciones de una zona equivalente de otra etiqueta,

muestra, prueba e incluso, con las de una Pantonera. Las coordenadas CIE Lab representan una forma “objetiva” de evaluación que determinan con exactitud, y de forma numérica, dentro de un espacio o modelo de color, las características de pigmentación de la tinta a evaluar.

Dado que las coordenadas CIE Lab sitúan el color en un punto situado en un espacio de pigmentación virtual en la que la distribución del color se comporta de forma progresiva (puntos muy cercanos representan colores muy parecidos y viceversa), la distancia entre la situación de las coordenadas de los colores medidos en dicho espacio, determinará un nivel de diferencia entre ellos. A esta diferencia de color se le denomina “Delta Eab” (DEab).

En este sentido, se plantea establecer tolerancias para la comparación de colores entre muestras y pruebas, o bien entre muestras e impresos del mismo producto. Según la empresa consultora RCC Casals Consultants, S.A., en la comparación de colores se acepta hasta un Delta Eab = 3 como nivel máximo de diferencia para que sean aceptados como equivalentes.

Adicional a lo expuesto hasta ahora, el espectrodensitómetro propuesto, a través de sus funciones de densitometría, permitiría determinar cuál ha sido el comportamiento del proceso de impresión de la muestra y, consecuentemente, si ha habido causas que puedan llevar a una reproducción del color diferente a las del estándar, o prueba; indicando así las medidas que se deberán tomar para corregir dichas diferencias. A continuación, se muestra un ejemplo relacionado a lo expuesto hasta ahora.



Figura 32. Representación gráfica del funcionamiento de un espectrodensitómetro.
Fuente: Elaboración propia.

Junto con la implementación del presente instrumento de medición, se plantea hacer uso de la metodología de trabajo que se muestra en la Figura 5, la cual propone, entre otros factores, registrar los valores alcanzados para la cual se obtuvo la aprobación de una determinada muestra.

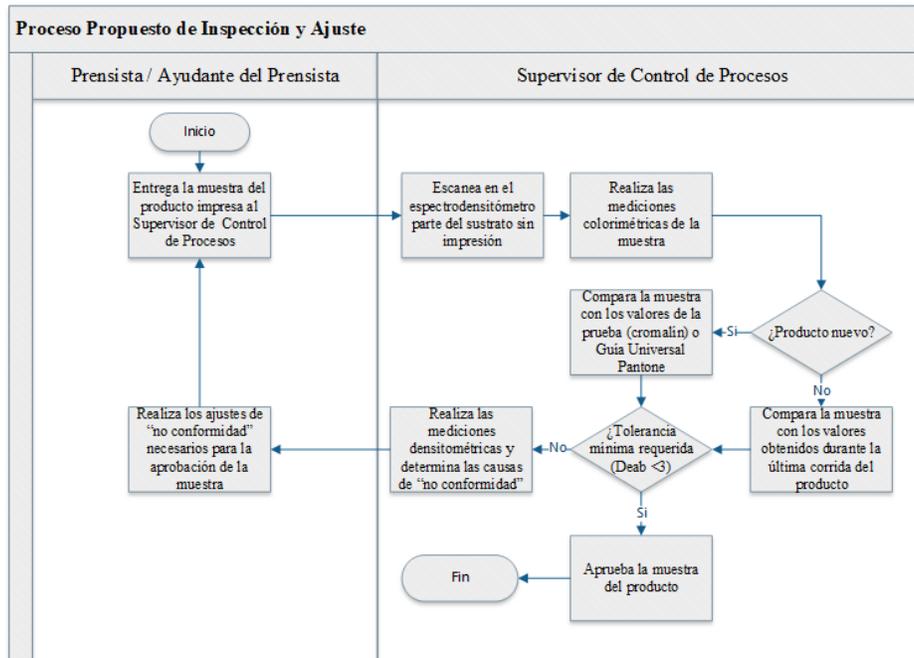


Figura 33. Diagrama de Flujo de Proceso: metodología propuesta para la inspección y el ajuste de la muestra.
Fuente: Elaboración propia.

6.2.2. Requisitos para la aplicación de la Propuesta 2

- Disponer de un espectrodensitómetro digital X-rite versión Standard, junto con su respectivo software de instalación y su kit de uso (manual, cargador, cable USB, protector de pantalla, etc.).
- Instruir a Supervisores, Prensistas y Coloristas, en el uso de estos dispositivos de medición y capacitarlos para el análisis de los resultados alcanzados de él.
- Establecer dentro de las políticas de Control de Calidad de la empresa un rango de tolerancia permisible en el DEab para la aprobación de un producto.
- Disponer de zonas con características de luz normalizadas para llevar a cabo las mediciones.
- Calibrar el instrumento periódicamente.

6.2.3. Ventajas de la aplicación de la Propuesta 2

- Elimina los conflictos que pueda haber entre los Departamentos de Producción y Calidad, debido a diferencias en los criterios de aprobación de las muestras impresas.
- Posibilidad de guardar y archivar trabajos realizados.
- Permite comparar tintas entre distintos proveedores.
- Sirve como sustento ante posibles rechazos de los clientes.

6.2.4. Desventajas de la aplicación de la Propuesta 2

- Costo asociado a la compra del equipo e instalación del software.
- Costo asociado a los cursos de capacitación para el uso de los equipos.
- Dificultad en la medición de zonas de una imagen donde existe poca consistencia en los tonos que refleja más de un color.
- Costo asociado a la calibración periódica del dispositivo.

6.2.5. Resultados esperados de la aplicación de la Propuesta 2

- Atenuación de la Causa Crítica 11 (método inadecuado de comparación entre muestras y pruebas), la cual según los encuestados ocurre en 8 de cada 10 cambios y trae como consecuencia un consumo más del 75% en las cantidades estimadas de materiales que estipula la Orden de Producción. Adicionalmente, se incurren en tiempos de ajuste que superan los 15 minutos.
- Atenuación de la Causa 12 (método inadecuado de comparación entre muestras e impresos del mismo producto), la cual según los encuestados ocurre de 5 a 8 veces cada 10 cambios y trae como consecuencia un consumo del 50% al 75% en las cantidades estimadas de materiales que estipula la Orden de Producción. Adicionalmente, se incurren en tiempos de ajuste que van entre los 10 y 15 minutos.
- Reducción en el número de ajustes de “no conformidad” durante la fase de inspección de la muestra.
- Reducción de costos de hasta un 6% en preparación¹

¹Fuente: (Ricard Casals Consultants S.A., 2003)

6.1.1 Relación costo-beneficio de la aplicación de la Propuesta 2

La Tabla 13 muestra el efecto de reducir los costos de puesta a punto de una máquina Flexo 06 en un 6%, bajo las siguientes consideraciones:

- Costo Espectrodensitómetro X-rite: 3970 \$ ¹
- Costo Curso de Capacitación X-rite: 400 \$
- Costo de instalación de programa X-rite para PC: 320 \$
- Costo / hora máquina: 180 \$.

Tabla 15

Costos y beneficios asociados a la Propuesta 2.

Horas netas disponibles al año	
Horas de presencias al año en 1 turno	1.750
Reducción por tiempo no productivo (20%)	-350
Total	1.400
Tiempo para la realización de un trabajo	
Puesta a punto	118,87 minutos
Tiraje	15 minutos
Total	133,87
Número de trabajos al año consecuentes	
(1400 h * 60 min/h) /133,87 min/trabajos = 627 trabajos.	
Costo / hora máquina	
Con un costo/hora máquina de 180\$ y un tiempo de puesta a punto de 118,87 min. (180 \$/h *118,87 min)/60 min./h = 356,61 \$	
Valor de ahorro obtenible	
Con un ahorro del 6% en los costos de puesta a punto por trabajo. 627 trabajos * 356,61 \$ * (0,06) = 13.415,67 \$ 13.415,67 \$ - (3.970 \$ + 400 \$+ 320 \$) = 8.725,67 \$	

Fuente: Elaboración propia

¹ **Fuente:** <https://www.todoparaimpresas.com>

Capítulo VII. Conclusiones y Recomendaciones

A continuación, se presentan el conjunto de conclusiones y recomendaciones que tienen lugar en el presente Trabajo de Grado.

7.1. Conclusiones

Con base en los resultados alcanzados en el desarrollo de cada uno de los capítulos anteriores, a partir de los objetivos planteados en el presente Trabajo de Grado, se concluye que:

- La caracterización de las distintas etiquetas autoadhesivas y no autoadhesivas que se fabrican bajo la técnica de impresión en flexografía, permitió obtener una descripción detallada de los tipos de cambios que rigen el proceso de puesta a punto de una máquina flexográfica. Dicha clasificación de los productos fue diseñada con la finalidad de asociar cada una las variables que difieren de una etiqueta a otra (acabado, color, troquel, cilindro), con los respectivos utensilios o materiales (clises, tintas, troquel, laminado, foil y cilindro porta-troquel) que deberán ser, o no, cambiados entre una producción y otra, obteniendo un total de diez (10) tipos de cambios diferentes entre veinticinco (25) posibles combinaciones para los distintos productos.
- Del Diagrama de Pareto se obtuvo que: tres (3) son los cambios que involucran aproximadamente el 80% de las producciones actuales de la empresa. Adicionalmente, se identificó que el Cambio Completo de Formato (Cambio 10) representa el 20% de las frecuencias obtenidas durante los meses de enero 2018 y junio 2018, lo que implica una gran variabilidad en los productos. Este último, es el tipo de cambio que mayor tiempo conlleva.
- A partir del estudio en los tiempos de ejecución de cada una de las actividades del proceso de puesta a punto, así como el análisis de su flujo de proceso y la determinación de su ruta crítica, se determinó que el tiempo estándar establecido para un cambio Completo de Formato, es de 118,88 minutos. Este tiempo se encuentra sujeto a una serie de supuestos establecidos a partir de los datos estadísticos que maneja la empresa en estudio.

- Para el tipo de cambio completo se detectaron oportunidades respecto a las actividades interna, ya que las mismas no se realizan de forma paralela, incrementan así el tiempo total de cambio.
- Realizar las actividades externas de forma paralela al proceso de cambio de producto puede representar una disminución del 24,84% del tiempo total de un Cambio Completo de Formato.
- Mediante la realización de entrevista informales al personal involucrado en el proceso de preparación, así como de la observación directa obtenida de cada una de sus actividades; se pudo determinar que los principales problemas que afectan la puesta a punto de las máquinas Flexo 06 se encuentran vinculados a los desperdicios por tiempos de esperas, defectos, rechazos y reprocesos que se generan a partir de este último, e impiden el desarrollo satisfactorio de sus operaciones.
- A través de la realización de encuestas, se identificaron y evaluaron las causas que da origen a las problemáticas planteadas en cuanto a frecuencia e impacto (tiempo y costo) se refieren. Aquellas causas determinadas como críticas (de acuerdo al criterio de evaluación seleccionado) de los tiempos de espera, se encuentran relacionadas a una inadecuada distribución del trabajo y a traslados y/o movimientos innecesarios de recursos.
- Para el caso de los defectos, rechazos y reprocesos, la causa crítica viene dada por el método inadecuado de comparación que se lleva a cabo entre muestras y pruebas, la cual obtuvo mayor puntaje de criticidad que las dos antes mencionadas.
- La Propuesta 1 de aplicación de la técnica de cambio rápido de herramienta SMED, plantea, en sus cuatro (4) fases de desarrollo, convertir las actividades de traslados de los cilindros porta-clises en preparación externa, optimizar la actividad interna de pesaje de tinta y redistribuir el flujo de actividades del proceso de puesta a punto.
- La acción propuesta de convertir los traslados de los cilindros porta-clises en preparación externa permitiría mitigar las causas la problemática de los tiempos de espera por conceptos

- de traslados y movimiento innecesario de los recursos. Adicionalmente, se estima obtener de ella una reducción de 1,8 minutos en los tiempos totales de cambio de producto.
- Se estima que la optimización de la actividad interna de pesaje de tinta como parte del conjunto de acciones propuestas para la aplicación del SMED, permitiría una atenuación de la causa a la problemática de los tiempos de espera basada en los traslados y movimientos innecesarios de los recursos. Adicionalmente, llevando a cabo esta acción se pudiese obtener un ahorro en los tiempos de preparación para los tipos de cambios que requieren de al menos una tinta de igual color a las que se encuentran en máquina, los cuales según los datos que maneja la empresa representan el 68,7% de las producciones actuales.
 - Las acciones planteadas en la propuesta de mejora de la aplicación de la técnica de cambio rápido SMED se basan, en su mayoría, en la redistribución de las tareas y de los recursos en el área de impresión, de la cual se esperaría una reducción de 7,65 minutos en los tiempos de puesta a punto. El valor neto de ahorro obtenible para la Propuesta 1 se estima en 13.749\$ anuales.
 - La Propuesta 2 basada en la aplicación de un método objetivo de evaluación entre muestras, pruebas e impresos, haciendo uso de un espectrodensitómetro como instrumento de medición; plantea la determinación calorimétrica de las muestras entregadas para la obtención de un DEab como parámetro de comparación entre colores, de forma tal de poder establecer a partir de ello, rangos tolerables de aceptación en las muestras. Así mismo, este instrumento de medición propone el uso de las funciones densitométricas para la identificación de la causa raíz en la diferencia de colores.
 - De la Propuesta 2 se esperaría una reducción del 6% en los costos de preparación de máquina, así como también la atenuación en los efectos de las causas correspondientes a los métodos inadecuados de comparación entre muestras, pruebas e impresos.
 - Si bien es cierto que la adquisición de un espectrodensitómetro representa un costo significativo para la empresa, su correcta utilización implica un valor neto de ahorro estimado de 8.725,67\$ anuales.

7.2. Recomendaciones

- Disponer de los materiales y ordenes de trabajo, si puede ser, con una anterioridad de dos trabajos, para que los operadores puedan preparar adecuadamente todo aquello que se precisará cuando se dé inicio con el nuevo trabajo en máquina y se tenga, todavía, tiempo para atender cualquier faltante, eventualidad o duda. Con ello, se recomienda la elaboración de una lista de acciones previsibles que se podrían realizar antes de la entrada del trabajo en máquina para evitar posibles esperas en ese momento.
- Progresar en el sistema de estandarización y definir los parámetros a controlar en cada fase de la producción, de manera tal de que los resultados de cada etapa, dependa menos de las acciones subjetivas e individuales de cada operario, y se basen más en información fundamentada. El análisis de las pérdidas excesivas de tiempo, los comentarios de las dificultades procedentes de los operarios y el correcto registro de los trabajos aprobados, pueden ser elementos que contribuyan a tomar decisiones de estandarización generando una documentación que sirva de pauta para unificar criterios entre operarios que lleven a cabo el mismo tipo de actividad.
- Informar a todos los empleados sobre el proceso que se va a seguir, publicando indicadores que puedan servir de referencia a medida que se vaya mejorando la productividad gracias a las acciones propuestas. Paralelamente, trazar un plan de formación a todos los empleados especificando, para cada uno de ellos, aspectos que puedan tener incidencia positiva en los puntos de progreso que se precisan para aumentar la productividad.
- Mediante la evolución de los indicadores relacionados a la puesta a punto de las máquinas Flexo 06, medir los rendimientos que se van obteniendo y establecer objetivos para los periodos siguientes.
- En caso de implementarse la Propuesta 2, para obtener una correspondencia global entre muestras e impresos, se recomienda cumplir con lo establecido en la Norma ISO 12647-2, de forma tal de alcanzar ciertas garantías de equivalencia en la reproducción de impresos tanto propios como de terceros.

Bibliografía

- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica*. Caracas: Editorial Episteme.
- DFTA, & Prof.Karl-Heinz, M. (2000). *Flexo Printing Technology*. St. Gallen.: Verlag Coating Thomas % Co.
- Escalante, A. (2016). *Ingeniería Industrial. Métodos y tiempos con manufactura ágil*. Ciudad de Mexico: Alfaomega Grupo Editor.
- Fernández, R., & Guerra, Y. (2017). *Diseño de un Sistema de Planificación de Compras de inventarios de Materiales Técnicos y Repuestos para una Planta de Alimentos de Consumo Masivo*. Universidad Católica Andrés Bello, Escuela de Ingeniería Industrial, Caracas.
- García, C., & Pantoja, M. (2007). *Estudio del Trabajo*. Ciudad de México: Mc Graw Hill.
- Gascón, O. (s.f.). *PMBOK 6ta Edición. Método de la ruta Crítica*. Obtenido de Todo PMP: <https://todopmp.com/metodo-de-la-ruta-critica/>
- Hernández, M., & Vizan, I. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implementación*. Madrid: Fundación EOI.
- Hernández, S., Collado, F., & Lucio, B. (2014). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de Mexico: Mc Graw Hill Education.
- Imagen Digital*. (s.f.). Recuperado el 12 de Agosto de 2018, de <http://www.gusgsm.com/flexografia>
- Lucid Software Inc. (2018). *Lucid chart*. Recuperado el 29 de Agosto de 2018, de <https://www.lucidchart.com/es/users/registerLevel?referer=https%3A%2F%2Fwww.lucidchart.com%2Fpages%2Fes>
- Niebel, & Freivalds. (2004). *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*. (11ª edición ed.). Clombia: Alfaomega Frupo Editor.
- Organización Internacional del Trabajo. (s.f.). *Misión e impacto de la OIT*. Recuperado el 16 de Agosto de 2018, de <https://www.ilo.org>

- Pantone LLC. (11 de Agosto de 2018). *Pantone*. Obtenido de <https://store.pantone.com/es/es/definicion-del-color>
- Pérez, J., & Gardey, A. (2016). *Definición.de*. Recuperado el 2018, de <https://definicion.de/toyotismo/>
- RCC Casals Consultants, S.A. (2010). *La Productividad en la Industria Gráfica*. Barcelona.
- RCC Casals Consultants. S.A. (2013). *Lean Printing en la Empresa Gráfica*. Barcelona.
- Ricard Casals Consultants S.A. (2003). *Diccionario Técnico del Sector Gráfico*. Madrid: Federación Empresarial de Industrias Gráficas de España (FEIGRAF).
- Saavedra, W. (23 de Mayo de 2017). *Empaque y Conversión*. Obtenido de <http://www.elempaque.com/blogs/Conceptos-basicos-en-rotograbado-y-flexografia+119731>
- Scattolini, M. (2016). *Propuestas de Mejoras al Proceso de Impresión Flexográfica Basada en la Metodología de "Cambios Rápidos" (SMED)*. Universidad Católica Andrés Bello, Postgrado Ingeniería Industrial y Productividad, Caracas.
- Urdaneta, M. G. (12 de Abril de 2016). *WordPress.org*. Obtenido de <https://netcurso.net/blog/microsoft-project/>
- Vigo García, I., & Villanueva Castrillón, J. (2006). *Reducción de tiempos de fabricación con el sistema SMED*. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Gijón, Madrid.
- X-rite. (s.f.). *Densitómetros y espectrodensitómetros*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2018, de X-rite Pantone: <https://www.xrite.com/es/learning/other-resources/densitometers-spectrodensitometers>