



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ESTANDARIZACIÓN DE PARÁMETROS DE LA RELACIÓN TEMPERATURA
VERSUS VISCOSIDAD EN IMPRESIÓN DE EMPAQUES FLEXIBLES**

Madelyn Mayarí Paredes Sol

Asesorado por el Inga. Karla Lizbeth Martínez Vargas

Guatemala, marzo de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTANDARIZACIÓN DE PARÁMETROS DE LA RELACIÓN TEMPERATURA
VERSUS VISCOSIDAD EN IMPRESIÓN DE EMPAQUES FLEXIBLES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MADLYN MAYARÍ PAREDES SOL

ASESORADO POR LA INGA. KARLA LIZBETH MARTÍNEZ VARGAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|--|
| DECANO | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| VOCAL I | Ing. Angel Roberto Sic García |
| VOCAL II | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III | Ing. José Milton de León Bran |
| VOCAL IV | Br. Oscar Humberto Galicia Núñez |
| VOCAL V | Br. Carlos Enrique Gómez Donis |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------|--------------------------------------|
| DECANO | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| EXAMINADORA | Inga. Mayra Saadeth Arreaza Martínez |
| EXAMINADOR | Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes |
| EXAMINADOR | Ing. Erwin Danilo González Trejo |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTANDARIZACIÓN DE PARÁMETROS DE LA RELACIÓN TEMPERATURA VERSUS VISCOSIDAD EN IMPRESIÓN DE EMPAQUES FLEXIBLES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha de marzo de 2016.



Madelyn Mayarí Paredes Sol

Guatemala, 28 de abril de 2017.

Ingeniero:

José Francisco Gómez Rivera

Director de la Escuela de Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero Gómez:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para manifestarle que he asesorado el trabajo de graduación titulado ESTANDARIZACIÓN DE PARÁMETROS DE LA RELACIÓN TEMPERATURA VERSUS VISCOSIDAD EN IMPRESIÓN DE EMPAQUES FLEXIBLES. elaborado por la estudiante universitaria Madelyn Mayari Paredes Sol con número de carné 2012-12748, de la Carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL, el cual considero cumple con los requisitos para su aprobación.

Sin otro particular, me suscribo,

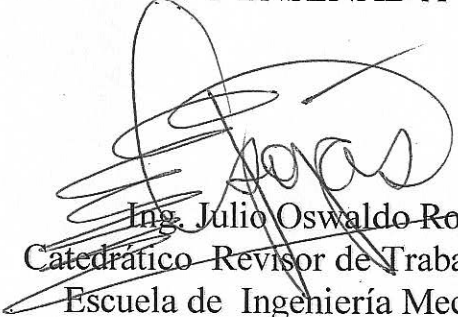

Inga. Karla Lizbeth Martínez Vargas
Asesora de trabajo de graduación
Ingeniera Industrial
Colegiada No. 5,706



REF.REV.EMI.011.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTANDARIZACIÓN DE PARÁMETROS DE LA RELACIÓN TEMPERATURA VERSUS VISCOSIDAD EN IMPRESIÓN DE EMPAQUES FLEXIBLES**, presentado por la estudiante universitaria **Madelyn Mayari Paredes Sol**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Julio O. Rojas Argueta
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado 10,870
~~Ing. Julio Oswaldo Rojas Argueta~~
~~Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación~~
~~Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial~~

Guatemala, febrero de 2018.

/mgp



REF.DIR.EMI.037.018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ESTANDARIZACIÓN DE PARÁMETROS DE LA RELACIÓN TEMPERATURA VERSUS VISCOSIDAD EN IMPRESIÓN DE EMPAQUES FLEXIBLES**, presentado por el estudiante universitario **Madelyn Mayarí Paredes Sol**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2018.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

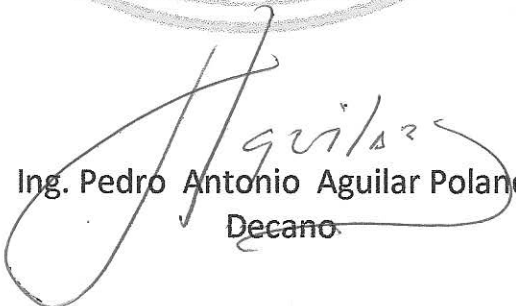


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 088.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **ESTANDARIZACIÓN DE PARÁMETROS DE LA RELACIÓN TEMPERATURA VERSUS VISCOSIDAD EN IMPRESIÓN DE EMPAQUES FLEXIBLES**, presentado por la estudiante universitaria: **Madelyn Mayari Paredes Sol**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, marzo de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

| | |
|---------------------|--|
| Dios | Por darme la salud y la fuerza para culminar mi carrera. |
| Mi madre | Feliciana Sol, porque me enseñó que se tiene que luchar a pesar de las adversidades. |
| Mis tíos | Por darme su apoyo incondicional para terminar la carrera. |
| Mis hermanos | Josué y Carlos, por alentarme cuando más lo necesitaba. |

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|---|---|
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por ser mi casa de estudios y en donde formé mi carrera profesional. |
| Facultad de Ingeniería | Por ser la que me enseñó lo necesario para obtener el título de ingeniera industrial. |
| Mi familia | Por darme un apoyo incondicional y alentarme a no rendirme y alcanzar mis metas. |
| Empresa | Por abrir las puertas para desarrollar mi trabajo de graduación. |
| Mis amigos en la Facultad | Por apoyarme y hacer muy amena la estadía en la Facultad de Ingeniería. |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS | IX |
| GLOSARIO | XI |
| RESUMEN..... | XIII |
| OBJETIVOS..... | XV |
| INTRODUCCIÓN..... | XVII |
| | |
| 1. MARCO TEÓRICO..... | 1 |
| 1.1. Proceso de flexografía..... | 1 |
| 1.1.1. Factores que alteran el proceso de impresión flexográfica | 1 |
| 1.1.2. Tintas bases solventes | 5 |
| 1.1.3. Materia prima que se utiliza en impresión de empaques flexibles | 8 |
| 1.2. Relación temperatura y viscosidad en tintas base solvente | 11 |
| 1.2.1. Efectos que tiene la temperatura ambiente en el proceso de impresión | 12 |
| 1.2.2. Métodos para medir la viscosidad en tinta..... | 14 |
| 1.3. Diagnóstico..... | 16 |
| 1.3.1. Situación actual | 16 |
| 1.3.2. Propuesta | 17 |
| 1.4. Impresora flexográfica con y sin bomba de enfriamiento..... | 17 |
| | |
| 2. PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE TEMPERATURA EN IMPRESORA..... | 21 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.1. | Procedimiento medición de temperatura y viscosidad | 26 |
| 2.1.1. | Tabla de recolección de datos..... | 26 |
| 2.1.2. | Aprobación de formato de recolección de datos | 29 |
| 2.1.3. | Toma de tiempo de medición | 29 |
| 2.1.4. | Medición de viscosidad | 29 |
| 2.2. | Medición de la eficiencia actual en impresora sin bomba de enfriamiento | 29 |
| 2.2.1. | Análisis de costos de tiempos muertos | 35 |
| 2.2.2. | Análisis de costo de inversión de sistema de enfriamiento..... | 43 |
| 2.2.3. | Comparación de costos de tiempos muertos e inversión de sistema de enfriamiento | 45 |
| 3. | ESTANDARIZACIÓN DE PARÁMETROS DE RELACIÓN TEMPERATURA-VISCOSIDAD..... | 49 |
| 3.1. | Estadísticas..... | 49 |
| 3.1.1. | Análisis de muestra de temperaturas, viscosidad y tiempo de medición | 49 |
| 3.1.2. | Promedio de datos registrados del proceso de impresión..... | 55 |
| 3.1.3. | Desviación de datos analizados de la relación temperatura y viscosidad..... | 61 |
| 3.2. | Tipos de gráfico de control | 71 |
| 3.2.1. | Variable de control en el proceso de impresión..... | 73 |
| 3.2.2. | Límite de control de temperatura según variación tonalidad de tinta | 76 |
| 3.3. | Clasificación de viscosidad según tonalidades requeridas por el cliente..... | 77 |

| | | |
|--------|---|----|
| 4. | DETERMINACIÓN DE PARAMETROS DE RELACIÓN TEMPERATURA VISCOSIDAD | 79 |
| 4.1. | Hipótesis..... | 79 |
| 4.1.1. | Aceptabilidad o rechazo de la hipótesis de relación de temperatura y viscosidad en impresión flexográfica..... | 79 |
| 4.2. | Parámetro de relación de temperatura viscosidad de impresora con bomba de enfriamiento | 79 |
| 4.3. | Parámetro de relación de temperatura viscosidad de impresora sin en bomba de enfriamiento..... | 81 |
| 4.4. | Parámetro de tiempo para realizar mediciones de viscosidad en impresora sin bomba | 83 |
| 4.5. | Comparación de temperatura entre impresora con y sin bomba de enfriamiento | 85 |
| 4.5.1. | Parámetro de temperatura de impresora con bomba de enfriamiento | 85 |
| 4.5.2. | Parámetro de temperatura de impresora sin bomba de enfriamiento | 86 |
| 4.6. | Comparación de eficiencia entre impresora con bomba de enfriamiento y sin bomba de enfriamiento | 88 |
| 4.7. | Velocidad de impresora flexografica con y sin bomba de enfriamiento utilizando el parámetro de relación temperatura versus viscosidad | 91 |
| 4.8. | Cálculo de desperdicio en impresora con y sin bomba de enfriamiento..... | 93 |
| 5. | APLICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS | 97 |

| | | |
|-----------------------|---|-----|
| 5.1. | Aprobación de procedimientos para registrar temperatura y viscosidad | 97 |
| 5.2. | Capacitación del personal de impresión..... | 98 |
| 5.2.1. | Capacitación sobre factores que afectan a la pérdida de intensidad de color | 99 |
| 5.2.2. | Capacitación para obtener el parámetro de relación temperatura-viscosidad..... | 100 |
| 5.2.3. | Capacitación de cómo llevar el control de registro de temperatura | 101 |
| 5.3. | Implementación de copias controladas del procedimiento de aplicación de parámetros de relación temperatura versus viscosidad..... | 102 |
| CONCLUSIONES..... | | 105 |
| RECOMENDACIONES | | 107 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | | 109 |
| APÉNDICES..... | | 111 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Tipos de tramado | 2 |
| 2. | Cámara cerrada | 4 |
| 3. | Comportamiento de las tintas debido a su molienda de pigmentos. | 7 |
| 4. | Comportamiento de las temperaturas en grados centígrado | 11 |
| 5. | Copa Zanh. | 15 |
| 6. | Manual de calidad | 22 |
| 7. | Sistema de enfriamiento..... | 43 |
| 8. | Intercambiador | 44 |
| 9. | Proceso de secado de tinta por oxidación..... | 50 |
| 10. | Proceso de secado de tinta por absorción | 51 |
| 11. | Proceso de secado por filtración selectiva | 51 |
| 12. | Calificación por nivelación Sistema Westinghouse | 60 |
| 13. | Desviación estándar viscosidad impresora sin bomba de enfriamiento | 63 |
| 14. | Desviación estándar temperatura impresora sin bomba de enfriamiento | 64 |
| 15. | Desviación estándar viscosidad impresora sin bomba de enfriamiento | 66 |
| 16. | Desviación estándar temperatura de tinta en la máquina sin bomba de enfriamiento | 67 |
| 17. | Desviación estándar viscosidad impresora con bomba de enfriamiento | 69 |

| | | |
|-----|---|----|
| 18. | Desviación estándar temperatura impresora con bomba de enfriamiento | 70 |
| 19. | Gráfico X-R proceso de medición de viscosidad..... | 75 |
| 20. | Gráfico X-S temperatura impresora sin bomba de enfriamiento | 76 |
| 21. | Relación de temperatura-viscosidad utilizando una impresora con bomba de enfriamiento | 81 |
| 22. | Relación de temperatura-viscosidad sin utilizar una impresora con bomba de enfriamiento | 83 |
| 23. | Gráfico X-S temperatura impresora con bomba de enfriamiento..... | 86 |
| 24. | Gráfico X-S temperatura impresora sin bomba de enfriamiento | 87 |
| 25. | Tiempo de cambio | 89 |
| 26. | Tiempo de cambio hora | 90 |
| 27. | Fotografía de comparación de lienzo impreso con la cartilla de color... | 91 |
| 28. | Porcentaje de desperdicio | 94 |
| 29. | Identificación del documento | 98 |

TABLAS

| | | |
|------|---|----|
| I. | Según su densidad y micraje usos del polietileno..... | 10 |
| II. | Especificaciones técnicas para las distintas copas Zanh según norma AST..... | 14 |
| III. | Toma de datos de temperatura y viscosidad impresora con bomba de enfriamiento automático..... | 27 |
| IV. | Toma de datos de temperatura y viscosidad impresora sin bomba de enfriamiento automático..... | 28 |
| V. | Tabla de eficiencia impresora con bomba de enfriamiento y máquina sin bomba de enfriamiento | 30 |
| VI. | Tabla de cálculo de costo hora muerta en impresora con bomba e impresora sin bomba | 33 |

| | | |
|--------|---|----|
| VII. | Tabla de razones horas muertas por problemas de tinta impresora con bomba e impresora sin bomba. | 33 |
| VIII. | Tabla de cálculo de costo hora de razón más frecuente de paro en impresora con bomba e impresora sin bomba de enfriamiento en el mes de septiembre..... | 36 |
| IX. | Tabla de resumen horas muertas anual en la impresora con bomba e impresora sin bomba de enfriamiento. | 37 |
| X. | Tabla de límites de gráfico de control de horas muertas de impresora con bomba y sin bomba de enfriamiento..... | 38 |
| XI. | Tabla de resumen horas muertas anual en la impresora con bomba e impresora sin bomba de enfriamiento. | 41 |
| XII. | Tabla de porcentaje de tiempo muerto versus tiempo disponible de la impresora con bomba e impresora sin bomba de enfriamiento. | 42 |
| XIII. | Tabla del costo de inversión para colocar un sistema de enfriamiento | 44 |
| XIV. | Metros producidos..... | 45 |
| XV. | Costos mensuales..... | 46 |
| XVI. | Toma de datos de temperatura y viscosidad impresora con bomba de enfriamiento automático | 53 |
| XVII. | Toma de datos de temperatura y viscosidad impresora sin bomba de enfriamiento automático | 54 |
| XVIII. | Tiempo de operación..... | 58 |
| XIX. | Tabla Westinghouse..... | 59 |
| XX. | Tiempo de operación en base al método Westinghouse..... | 60 |
| XXI. | Tolerancias o concesiones para determinar tiempos estándares | 61 |
| XXII. | Temperatura termómetro de mercurio vs. viscosidad impresora sin bomba de enfriamiento..... | 62 |
| XXIII. | Datos para gráfica de desviación estándar en viscosidad..... | 63 |
| XXIV. | Datos para gráfica de desviación estándar temperatura..... | 64 |

| | | |
|----------|---|-----|
| XXV. | Temperatura de tinta en máquina vs. viscosidad impresora sin bomba | 65 |
| XXVI. | Datos para gráfica de desviación estándar en viscosidad | 66 |
| XXVII. | Datos para gráfica de desviación estándar temperatura de tinta en la máquina | 67 |
| XXVIII. | Temperatura termómetro de mercurio vs. viscosidad impresora con bomba de enfriamiento | 68 |
| XXIX. | Datos para gráfica de desviación estándar en viscosidad | 69 |
| XXX. | Datos para gráfica de desviación estándar temperatura impresora con bomba de enfriamiento | 70 |
| XXXI. | Datos para el análisis del proceso de impresión..... | 74 |
| XXXII. | Tonalidad y viscosidad..... | 77 |
| XXXIII. | Rango de viscosidad..... | 78 |
| XXXIV. | Datos para relación de temperatura-viscosidad utilizando una impresora con bomba de enfriamiento..... | 80 |
| XXXV. | Datos para relación de temperatura-viscosidad sin utilizar una impresora con bomba de enfriamiento..... | 82 |
| XXXVI. | Tabla Westinghouse | 84 |
| XXXVII. | Tiempo de cambio en impresora sin bomba de enfriamiento | 88 |
| XXXVIII. | Tiempo de cambio en impresora con bomba de enfriamiento | 90 |
| XXXIX. | Comparación de desperdicio | 94 |
| XL. | Capacitación para preparación de impresión..... | 99 |
| XLI. | Capacitación para impresión | 100 |
| XLII. | Capacitación para registro de temperatura..... | 101 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|----------------|--------------------|
| °C | Grado centígrado |
| m | Metro |
| % | Porcentaje |

GLOSARIO

| | |
|--------------------|---|
| Calidad | Es el grado en que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos. |
| Eficiencia | Grado en que se realiza las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados. |
| Eficacia | Relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados. |
| ISO | Organización Internacional para la Estandarización |
| Temperatura | La temperatura es una propiedad de la materia que está relacionada con la sensación de calor o frío que se siente en contacto con ella. |
| Viscosidad | La viscosidad es una característica de los fluidos en movimiento, que muestra una tendencia de oposición hacia su flujo ante la aplicación de una fuerza. |

RESUMEN

Las impresoras flexográficas se utilizan para realizar impresiones de alto relieve, que se aplican en empaques en material flexible, como el polietileno, polyester y polipropileno. Estas impresiones se realizan con tinta base solvente en planchas de alta definición para obtener una fotografía del diseño del empaque con una mejor resolución.

En este proceso la temperatura de las tintas base solvente debe ser regulada para mantener la estabilidad del color en la impresión. Por ello, se estudia el comportamiento de las viscosidades a diferentes temperaturas y se crea un nuevo procedimiento para obtener información del comportamiento de las variables antes mencionadas.

Se realiza la tabulación de datos, como la velocidad de máquina, viscosidad de la tinta, temperatura de la tinta, temperatura ambiente debido que estas que deben controlarse para mantener más estable el proceso de impresión. Por ello, se realizan gráficos de control para estandarizar la viscosidad en relación con la temperatura.

Se debe encontrar el parámetro según el promedio de la temperatura ambiente de las tintas haciendo una comparación con la temperatura ambiente y viscosidad que mantiene la impresora con bomba de enfriamiento. Una vez obtenido este parámetro, se calcula la viscosidad promedio a la que se debe mantener la tinta en el proceso, con estos datos se realiza el procedimiento para llevar el control del proceso

OBJETIVOS

General

Determinar un parámetro de relación de temperatura y viscosidad analizando datos en impresora flexográfica con termómetro digital y viscosímetro para aplicarlos en impresoras que no poseen esta tecnología para aumentar su eficiencia y eficacia.

Específicos

1. Establecer un procedimiento para realizar medición de temperatura y llevar control de registros en impresoras flexográfica sin bomba de enfriamiento que regula la temperatura y viscosidad
2. Establecer un parámetro de tiempo para realizar la medición de temperatura y viscosidad estándar para regular la intensidad de color en impresora sin bomba de enfriamiento.
3. Determinar el parámetro de temperatura vs. viscosidad en impresora flexográfica sin bomba de enfriamiento.
4. Analizar la relación de temperatura vs. viscosidad mediante la comparación del parámetro de impresoras flexográficas con y sin bomba de enfriamiento.

5. Establecer el procedimiento con utilización del parámetro de temperatura para aumentar la eficiencia aumentando la velocidad de la máquina y eficacia reduciendo el desperdicio por pérdida de tonalidad en el filme.

INTRODUCCIÓN

En la industria de plástico flexible es uno de los procesos que adquiere mayor auge en la industria en Guatemala debido a la innovación de empaques para que sea más fácil el consumo de los alimentos y lograr que se prolongue el tiempo de vida del producto. Por ello, estas industrias buscan como mantener más estables sus procesos para reducir costos y aumentar la producción.

Las impresiones flexográficas se llevan a cabo en este tipo de empaques y es uno de los procesos primordiales, ya que son la imagen del producto, en este tipo de empaques se trabaja con tintas bases solventes.

En la impresión con tintas base solvente se tienen variables que deben estar controladas para mantener el proceso estable. Entre ellas se encuentran la temperatura y la viscosidad de la tinta. Las variables antes mencionadas tienen una relación inversamente proporcional por lo que se realiza una comparación de una impresora con bomba de enfriamiento y otra sin bomba de enfriamiento para obtener los parámetros de la temperatura y viscosidad en los que se mantiene constante la tonalidad del color.

Al obtener estos parámetros de temperatura y viscosidad en la tinta se puede mantener un mayor control de la tonalidad del color en los distintos productos, lo que deja subir velocidades durante la producción y que el producto final cumpla con los requisitos del cliente en cuanto a tonalidad del color.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Proceso de flexografía

El proceso de flexografía es un sistema de impresión en relieve. Se realiza por el reverso de la plancha flexible. Las planchas flexibles pueden ser de polietileno, polipropileno y poliéster.

Para realizar este proceso se trabaja con bobinas de material flexible y con múltiples rodillos rotativos. En este sistema se utilizan tintas bases solventes, estas pueden mezclar hasta ocho colores por impresión y son de secado rápido.

La plancha se engancha mediante adhesivo de doble cara a un cilindro llamado camisa porta cliché. Esta plancha recibe la tinta mediante el cilindro anilox el cual está formado con múltiples celdas que se encargan de transportar la tinta hacia la plancha y está por contacto descarga la tinta al material a imprimir

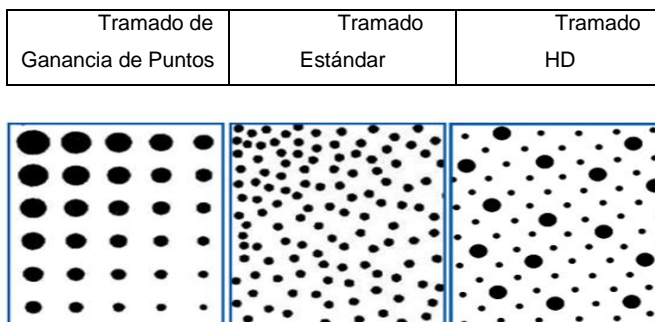
1.1.1. Factores que alteran el proceso de impresión flexográfica

Los factores que influyen a la calidad del proceso de impresión son:

La técnica de tramado se refiere a la cantidad de puntos colocados por pulgada cuadrada, utilizando una gama de colores básicos, para lograr una impresión de tipo fotográfica.

- Existen tres tipos de tramados:
 - Tramado Por ganancia de puntos (El tamaño de tramado de los puntos varía, pero la cantidad de puntos permanece constante, esto se debe que se aumenta los valores tonales desde el punto de trama.
 - Tramado Estándar (El tamaño de los puntos permanece constante, pero la cantidad de puntos varía.)
 - Tramado HD (Es un tramado de ganancia de puntos que utiliza el apoyo de tramado estándar.) Esta última técnica tiene la mejor resolución para realizar impresiones de flexografía, pero esta tecnología aún es muy poco utilizada.

Figura 1. **Tipos de tramado**



Fuente:http://www.gallus-group.com/es/desktopdefault.aspx/tabid366/547_read-1417/. Consulta
15 de enero de 2016.

Otro factor que influye es la interacción de la cinta adhesiva y la plancha de impresión. Este proceso se llama montaje. Es donde se coloca el adhesivo sobre el fotopolímero para completar el último proceso antes de la impresión.

El control de la presión en el proceso de impresión es un factor importante. La presión debe ser relativamente baja, ya que en el proceso flexográfico el exceso de presión puede mermar la calidad de impresión. Puede generar bordes con aplastamiento, ganancia de puntos muy elevada, vibraciones y planchas de impresión con excesiva tinta.

El rodillo de anilox y las rasquetas son partes mecánicas que desempeñan un papel esencial en el proceso de impresión flexográfica. El anilox tiene como transferir la tinta a las planchas de impresión y dosificarla. La precisión en la colocación de rasquetas evita los goteos constantes en las cubetas, el riesgo de retenciones en las mismas y el exceso de tinta en las planchas.

El proceso de impresión flexográfica implica aspectos que influyen en el logro de una impresión que cumpla con los requerimientos de los clientes. La impresión sobre plástico flexible debe tomar en cuenta un mayor número de factores debido a las propiedades físicas y mecánicas de la materia prima.

Grupo Impresor: el cuerpo que conforma la impresión flexográfica posee tres elementos básicos.

- Cámara cerrada: transfiere la tinta del cilindro anilox, la cámara cerrada recibe la tinta por medio de una bomba y hace llegar la tinta al rodillo anilox.

Las cámaras están compuesta por dos flejes (positivo y negativo). El fleje positivo mantiene llena la cámara y el negativo dosifica la tinta.

Figura 2. **Cámara cerrada**



Fuente: Technological center of flexible packaging. Consulta 15 de enero de 2016.

- Anilox. Raciona la cantidad de tinta que se transfiera a las planchas para realizar la impresión.
El anilox puede ser sustituido en cada tipo de trabajo en la impresora, tomando en cuenta la cantidad de tinta que se requiera en el trabajo establecido. Los diámetros de los anilox están en función del modelo de la máquina impresora
- Camis portaclichés: transfiere al material las características que conlleva el diseño de ese color.

1.1.2. Tintas bases solventes

En la impresión flexográfica sobre plástico flexible (polietileno, polipropileno y polyester) se utiliza como materia prima las tintas que utilizan solvente en lugar de las tintas a base de agua.

El solvente transporta los pigmentos. Se utiliza en impresiones que necesitan resistencia a la luz solar. Regularmente, las tintas base solventes son utilizadas para señalización exterior. Estas tintas son altamente compatibles con el plástico debido a que le confieren mayor vida útil a la impresión.

Durante el secado, de esta tinta emana un olor fuerte, por eso se recomienda utilizarla en exteriores, sobre cortinas y vehículos. En este caso, la impresión flexográfica se realiza en el lado interno del plástico, pero debido a la laminación de la materia este factor no afecta en la impresión que se realiza para los distintos empaques.

Las tintas que usualmente se utilizan en flexografía son las siguientes combinaciones: tintas uretano elastómero, Nitro/Uretano o Nitro modificada y las Poliamida de última generación.

Se le denomina base tinta a la cantidad de pigmento. El pigmento es el color propiamente dicho y necesita diluirse debido a que la tinta viene en pequeños fragmentos que necesitan un vehículo que los haga transportarse en partículas, por lo que para este tipo de tintas se utiliza el solvente para que ayude a diluirlas y transportar de una forma efectiva las partículas de pigmentos.

En la empresa de empaques flexibles se trabaja con dos tipos de solventes para diluir las tintas: el Solvente 80-20 y Solvente 40-40-20.

El solvente 80-20 está compuesto de alcohol y acetato. Este solvente se utiliza para diluir la tinta cuando se necesita obtener un secado rápido de la tinta sobre el sustrato.

El solvente 40-40-20 mezcla de alcoholes y esterres, este solvente se utiliza cuando las tintas necesitan un secado más lento.

Los tipos de solvente se utilizan según los tipos de tintas que se estén utilizando, según los requerimientos de los clientes.

Las tintas poseen una característica muy importante que es el grado de molienda de sus pigmentos (son polvos finos coloreados que imparten ciertas propiedades a las tintas, como el tono o matiz que es el color de una tinta). Una molienda ideal en los pigmentos influye en el brillo de la impresión además de la intensidad del color. La disolución de la tinta debe ser óptima para obtener una buena utilización de esta. Una mala molienda de pigmentos genera problemas en el proceso de impresión, como variaciones en la viscosidad, mayor tendencia a sedimentar, menor transparencia y aumento del uso de acetatos, variación en la intensidad del color y disminución de brillo.

Cuando la dilución de la tinta es ideal, sus moléculas quedan en forma conjunta y distribuida de forma uniforme. En caso contrario la tinta tiene la tendencia de agrupar las moléculas por un lado y el solvente queda por otro lado, la densidad de una tinta mal diluida es menor.

Figura 3. **Comportamiento de las tintas debido a su molienda de pigmentos**



Fuente: Manual Comexi.

Para controlar las diferencias de temperatura, la maquina debe poseer con dos termómetros, en las siguientes ubicaciones: uno encima de los grupos impresores, y el otro encima del puente de secado.

Respecto a la dilución de la tinta, hay que destacar que la variable temperatura es fundamental en el proceso, por varios motivos.

- Porque afecta la viscosidad de manera inversamente proporcional. Es decir a mayor temperatura menor viscosidad, (esto varía la tensión superficial o energía superficial de los materiales).
- Porque afecta al color, dado que, si disminuye la viscosidad varía el color.
- Porque al trabajar con solventes que tienen diferentes puntos de presión, es decir evaporan a diferentes ratios, afecta indefectiblemente las proporciones en la mezcla.

La viscosidad es otro factor importante en el condicionamiento de entintado. La viscosidad es una característica de los fluidos en movimiento que se considera como la oposición al flujo cuando se aplica una fuerza.

La viscosidad es un factor que permite regular la velocidad de impresión. La viscosidad no será un parámetro que se puede determinar para todas las tintas debido a que la calidad de las mismas varía de acuerdo al tipo de pigmentación que poseen.

La viscosidad tiene una relación directamente proporcional con el pH. El pH tiene gran valor en la impresión flexográfica debido que, además de afectar la viscosidad de la tinta, afecta su brillo y el tiempo de secado. Esto se utiliza solamente cuando se trabaja con tintas a base de agua. A menor viscosidad se obtiene menor pH lo cual genera pérdida en la intensidad de la tonalidad de la tinta. Una viscosidad por debajo del estándar 22 segundos en la tinta medido con una copa Zahn 2, puede ocasionar que la tinta se seque en los calefactores de las impresoras y que la tinta se adhieran a los anilox y portacliches.

1.1.3. Materia prima que se utiliza en impresión de empaques flexibles

La empresa realiza empaques flexibles por lo que imprime en distintos sustratos de plástico flexible, como el polietileno, el polipropileno y el polyester.

BOPP y polipropileno. El polipropileno se obtiene del propileno mediante el método de *cracking* (descomposición térmica) del petróleo, tiene un punto alto de fusión.

El material bopp o propileno biorientado fue fabricado para mejorar las propiedades ópticas del sustrato, propiedades mecánicas y resistencia al vapor de agua. Por lo que es una excelente materia prima para elaborar empaques alimenticios, en donde el cliente externo requiera de una alta barrera al vapor de agua.

El film o sustrato de polipropileno y bopp son realizados mediante el proceso de extrusión, donde se funde el material a través de una matriz tubular o burbuja como es llamada comúnmente.

Polietileno. El polietileno es uno de los plásticos utilizados en la industria. Está compuesto de carbono e hidrogeno y se emplea para embalajes, bolsas, etc. También se utiliza en la fabricación de empaques alimenticios por sus propiedades mecánicas.

El polietileno se combina con el polyester y polipropileno mediante el proceso de laminación donde se juntan dos o más sustratos mediante el uso de adhesivos, así se forma la bolsa para el empaque.

El polietileno puede ser de baja o alta densidad. El polietileno de alta tiene una densidad que sobrepasa los $0,941 \text{ g/cm}^3$ y posee una alta resistencia a la tracción. Esta clase de polietileno se utiliza comúnmente para realizar bolsas.

El polietileno de baja densidad posee un intervalo de densidad de $0,910$ - $0,940 \text{ g/cm}^3$, posee una baja resistencia a la tracción y un aumento a su ductilidad.

Esta clase de polietileno se utiliza para reforzar los empaques alimenticios, para ello, se lamina con polipropileno o poliéster.

Tabla I. **Según su densidad y micraje usos del polietileno**

| Empleo | Densidad | Micras |
|---------------------------------|-------------------------------|--------------|
| Bolsas para supermercado | Alta densidad HDPE | 15-120 μ |
| Envolturas de capas sellantes | Baja densidad LDPE | 25-120 μ |
| Bolsas para productos agrícolas | Lineal baja densidad LLDPE | 20-100 μ |

Fuente: elaboración propia.

El polyester también se utiliza para fabricar empaques alimenticios porque que tiene una baja absorción de humedad, tiene una resistencia de tracción elevada y tenacidad elevadas. Su resistencia a la humedad es la misma que la resistencia a lo seco, cuando se crea alguna arruga es fácil de que vuelva a su forma original y se puede mezclar con otras fibras.

El polyester es muy flexible a altas temperaturas, por lo que es resistente al calor, se utiliza para empaques en los que el cliente requiere una alta resistencia a temperaturas o a los rayos solares. El polyester también tiene como característica ser un material muy brillante por lo que llama la atención del consumidor. Otra característica del poliéster es su resistencia a las manchas y su bajo costo.

Entre las desventajas de utilizar polyester está solo se pueden utilizar tintas a base solvente, debido a que este material no puede ser teñido con colorantes a base de agua.

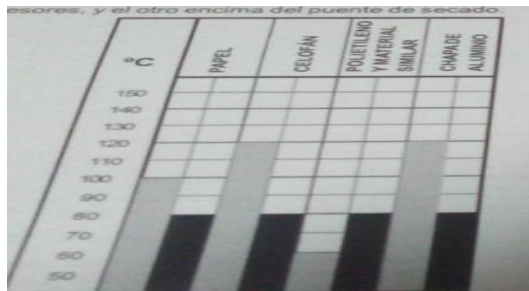
Los materiales antes mencionados tienen distintas funciones por lo que se utiliza cualquiera de los sustratos para realizar la impresión flexográfica, debido a que son materiales aptos para dicho proceso.



1.2. Relación temperatura y viscosidad en tintas base solvente

La temperatura es un factor importante en la impresión debido a que en los distintos materiales que se pueden utilizar para el proceso, las temperaturas de secado también serán distintas.

La figura que se muestra a continuación es un diagrama que muestra el comportamiento de las temperaturas en grados centígrados máximas de los dispositivos que se mencionan a continuación.

Figura 4. Comportamiento de las temperaturas en grados centígrado



Salida de aire, de los ventiladores 
 Toberas del túnel de secado del puente 

Fuente: Manual Comexi.

Para controlar las diferencias de temperatura, la maquina debe poseer dos termómetros, uno encima de los grupos impresores, y el otro encima del puente de secado.

La variable temperatura es fundamental en el proceso de dilución de la tinta por varios motivos.

- Porque afecta la viscosidad de manera inversamente proporcional. Es decir a mayor temperatura menor viscosidad, (lo que adicionalmente varia la tensión superficial o energía superficial de los materiales)
- Porque afecta al color porque si disminuye la viscosidad, varía el color.
- Porque al trabajar con solventes que tienen diferentes puntos de presión, es decir evaporan a diferentes ratios, afecta indefectiblemente las proporciones en la mezcla.

La viscosidad es otro factor importante en el condicionamiento de entintado. La viscosidad es una característica de los fluidos en movimiento que se considera como la oposición al flujo cuando se aplica una fuerza.

1.2.1. Efectos que tiene la temperatura ambiente en el proceso de impresión

En la impresión flexográfica, los solventes y el agua son más volátiles por lo que no sobrepasan la temperatura de 100°C, en impresiones de tipo offset se pueden llevar temperaturas de hasta 180°C.

El tiempo de evaporación del solvente es menor en el lapso de tiempo de 10:00 am a 15:00 pm, cuando los rayos del sol tienen mayor intensidad, debido al material del techo de la planta es lámina, los rayos ocasionan que la

temperatura oscile entre los 28 y 35 grados centígrados. En este lapso se tiene una variación de ± 6 grados centígrados, por lo que es el período más inestable debido a los datos tabulados.

En el tiempo mencionado se realiza mayor uso de solvente debido a la evaporación del mismo. Por este motivo se debe estar pendiente de las mediciones de viscosidad porque tiende a perderse la tonalidad del color debido a que la intensidad con la que se aprobó contra el estándar se vuelve más baja.

Durante el los horarios de 3:00 pm a 7:00 pm se miden las viscosidades de una forma moderada, debido a que la evaporación del solvente empieza a disminuir al igual que la temperatura que se mantiene de 24-27 grados centígrados con una variación de ± 3 grados centígrados.

En la noche y parte de la madrugada las temperaturas oscilan desde 18 y 20 grados centígrados, por lo que las mediciones de viscosidad se hacen de forma normal en un promedio de una hora entre cada medición por pedido. El solvente no tiende a evaporarse por las bajas temperaturas y por la poca variación durante el horario de 7:00 pm a 8:00 am.

La temperatura ambiente influye en la evaporación del solvente y de la tinta, por lo que se debe tener un parámetro de tiempo de medición de viscosidad cuando se consume más solvente, para controlar el brillo, la tonalidad de los pigmentos y no realizar paros en la máquina para limpiar anilox con tinta que ya se ha secado.

1.2.2. Métodos para medir la viscosidad en tinta

Medición de viscosidad con copa Zanh. Este dispositivo fue creado inicialmente para la medición de la viscosidad en tintas, es una copa de acero inoxidable con un orificio en la parte inferior por donde drena la tinta.

Existen distintos tipos de copas Zanh van desde numeración 1 hasta 5, la diferencia entre cada una de ellas es que cuanto mayor sea la viscosidad del líquido mayor debe ser el número de copa Zanh.

Tabla II. **Especificaciones técnicas para las distintas copas Zanh según norma AST**

| # | Número de Copa | Tiempo de flujo en segundos | Gama en centistokes | Aceite de calibración |
|-------------|----------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------|
| IM-ZAHN-EZ1 | Zahn EZ #1 | 40-60 | 10-36 | G-10 |
| IM-ZAHN-EZ2 | Zahn EZ #2 | 20-60 | 19-156 | G-60 |
| IM-ZAHN-EZ3 | Zahn EZ #3 | 12-60 | 64-596 | G-200 |
| IM-ZAHN-EZ4 | Zahn EZ #4 | 10-60 | 79-784 | G-200 |
| IM-ZAHN-EZ5 | Zahn EZ #5 | 10-60 | 161-1401 | G-350 |

Fuente: <http://www.adendorf.net/copa-zahn-para-viscosidad-de-tintas-p-108.html>. Consulta 20 de enero de 2016

La copa zanh como cualquier otro instrumento de medición debe tener una calibración periódica, para obtener una buena calidad de precisión.

La forma de medir la viscosidad por este método es llenar la copa con tinta y tomar el tiempo con un cronómetro hasta que quede completamente vacía.

La unidad de medición por este método es segundos, que es tiempo en el que flujo sale por el orificio inferior de la copa.

Figura 5. **Copa Zanh.**



Fuente: <http://www.adendorf.net/copa-zahn-para-viscosidad-de-tintas-p-108.html>.

Consulta 25 de enero de 2016

- Método de medición de viscosímetros de burbujas: es llamado método comparativo alfabético debido a que existen cuatro juegos alfanuméricos que están desde A5 hasta Z10.

Este método se utiliza para medir viscosidades comúnmente de resinas y barnices.

Para medir se toma el tiempo que tarda la burbuja en subir el tubo, se debe elegir un tubo de muestra para comparar si coincide el tiempo de subida de la burbuja con el líquido de muestra.

Para realizar esta medición se puede utilizar como procedimiento el que se encuentra en la norma ASTM D1545.

1.3. Diagnóstico

Se debe realizar una comparación de la metodología que se utiliza en el área de impresión para mantener la estabilidad de las tintas en cuanto a la viscosidad y la tonalidad requerida por los clientes. Se deben establecer las variables críticas que controlarán para obtener los parámetros de temperatura para mantener las viscosidades.

1.3.1. Situación actual

En la industria de empaques flexibles una de sus cartas de presentación es la imagen del producto ya que la impresión da la vivacidad y lo que el cliente solicita para poder llamar la atención del consumidor final.

En la actualidad, al realizar la impresión se sacan varias muestras hasta llegar a la tonalidad del estándar del cliente, luego de aprobar la tonalidad se mide la viscosidad de la tinta, mantener la viscosidad durante toda la corrida de producción asegura que se mantendrá estable la tonalidad respecto al estándar de color del cliente.

La producción se realiza en bobinas, por lo que al terminar la bobina se saca una muestra y se vuelve a medir la tonalidad del color para verificar que no se ha alejado del requerimiento del cliente. Si la tonalidad ha aumentado su brillo se debe colocar solvente por lo que es necesario medir la viscosidad a la tinta y disminuir lo que sea necesario para llegar al estándar, esto se realiza bobina tras bobina hasta terminar la producción.

En la actualidad, no se lleva un control de la temperatura ambiente a la que se realiza la impresión, ni un estándar de tiempo para medir a viscosidad

de la tinta, sino que solamente la viscosidad con la que se trabaja al aprobar el estándar de color del cliente; también se han tenido reclamos debido a que sucede variación en la tonalidad antes de terminar la bobina de producción si poderse detectar antes a falta de mantener la viscosidad.

1.3.2. Propuesta

Se debe implementar un formato para llevar un registro histórico de las variables críticas, como la temperatura ambiente, viscosidad, clase de solvente.

El control de estos datos permite determinar si hay alguna variación por máquina de la viscosidad, por la clase de solvente 40-40-20 (secado rápido) o solvente 80-20 (secado lento). Con los datos obtenidos se realizarán gráficos de control para saber el comportamiento de las tintas respecto a la temperatura ambiente.

El formato informará sobre las temperaturas a las cuales se trabajó, qué viscosidades se usaron durante la corrida, además es una forma de incentivo a los colaboradores para que midan las viscosidades constantemente.

Al obtener esta información mediante gráficos de control se tomará la decisión de invertir en comprar una bomba de enfriamiento para las impresoras para mantener más estable la temperatura de tinta en máquina.

1.4. Impresora flexográfica con y sin bomba de enfriamiento

Para la impresión se puede utilizar una impresora flexográfica de las siguientes formas.

- La impresora Comexi F4 es la maquinaria más innovadora en el área de impresión, está diseñada para imprimir mezcla de hasta 8 colores. La Comexi F4 es tecnología de alta calidad tiene como principal función la impresión de tirajes cortos y etiquetas.

Esta impresora flexográfica cuenta con una cabina para almacenar anilox y mangas de impresión. Tiene ocho ollas para colocar tinta, una cabina donde se colocan las bandejas de tinta y raclas, esto tiene la peculiaridad de que es una forma más segura de los operarios para trabajar ya que no habrá salpicaduras de tinta.

La Comexi F4 tiene una bomba de enfriamiento que la diferencia de las demás impresoras. De esta manera regula la viscosidad automáticamente para mejorar el proceso de impresión. Así se evita la problemática del aumento de brillo, secado de la tinta en anilox y en mangas, la pérdida de la tonalidad del color en distintos tramos del tiraje.

- Comexi FJ 2108 (En lugar de impresora Benavelli que fue sacada de línea)

Esta impresora al igual que todas las líneas de Comexi cuenta con sensores para control de la producción, ya que puede almacenar, en una memoria, cantidad de metros impresos y desperdiciados, tiempo de duración del trabajo, tiempo de paro, tiempo de impresión y la velocidad media.

La comexi FJ 1208 los conjuntos de rodillos anilox y porta clisés poseen un sistema secuencial de separación, lo que permite facilidad para limpiar el clisé cuando se para la máquina.

El conjunto rasqueta está compuesto por un ángulo negativo, con inyector y cámara cerrada de tinta. Regulación neumática de la presión, recubierta de teflón. Esta misma, cuenta con un sistema que permite engranar los portaclichés con la corona. La corona gira secuencialmente colocando el portaclichés delante del tintero.

La impresora cuenta con un tambor central de contra presión, con doble pared para recirculación de agua, equipado de dos juntas rotativas para entrada y salida del agua.

En la impresora se encuentran las estaciones o cabinas donde se colocan las mangas portacliché, las mangas portacliches se colocan en una base llamada núcleo que se puede ajustar a varios diámetros de la manga portacliché. La impresora FJ2108 también cuenta con ocho ollas por lo que es capaz de imprimir con ocho colores para mezclar, cuenta con un tambor central.

La comexi FJ2108 y Comexi F4 tienen características muy similares en el cuerpo impresor, con la diferencia que la Comexi F4 regula automáticamente la temperatura para mantener el nivel de viscosidad requerido. En la Comexi Fj2108 se mide la viscosidad cada cierto período de tiempo con una copa zanh 2, y no se cuenta con termómetros para medir la temperatura de las tintas

2. PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE TEMPERATURA EN IMPRESORA

En la empresa de empaque flexible para crear procedimientos se debe tomar como base la norma 9001 año 2008. Debido a la certificación FSSC2200 (conjunto de normas que desarrollan un sistema de gestión de seguridad alimentaria). Este sistema se debe cumplir ya que este abarca también la producción de empaques para alimentos

El sistema FSSC 22000 está compuesto por las normas ISO 22000:2005, ISO 22002-4 y BPMS, dichas normas tiene como base términos descritos en la ISO 9001, esta norma contiene los requisitos generales para gestionar la documentación.

Los procedimientos deben llenar los requisitos de la norma ISO 9001 y debe ser aprobado por el departamento de gestión de la calidad en documentación. Estos se crean para que todos los colaboradores de la empresa realicen, de manera estándar, las mediciones para cuando sea necesario hacer un análisis de la recolección de datos, se puedan obtener datos verídicos, para los cuales se puedan tomar decisiones de mejora en forma acertada.

El jefe de área se encarga de crear los procedimientos de su área y de capacitar o informar a los colaboradores cuando se establece un nuevo procedimiento, para no discrepar en la recolección de variables que se necesitan para alcanzar el objetivo del documento. Se genera documentación por cada proceso para que el operador Tenga una guía en todos los

lineamientos descritos en el procedimiento el cual ya ha sido documentado por el sistema de gestión.

Algunos de los documentos que integran el sistema de gestión son:

- Manuales. Estos poseen información detallada acerca de un sistema o proceso el cual debe estar compuesto por los siguientes elementos.

Figura 6. **Manual de calidad**

| | | |
|---|--------------------------|---|
| | Manual de calidad | Código xxxxxx Revisión 0 Fecha de Emisión xxxxxx Página xxxxxx |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Descripción, historia. Se puede describir una breve reseña de la empresa, su crecimiento, filosofía etc. 2. Cliente: el compromiso que se tienen para con los clientes, área de mercado a los que va dirigido el producto, comercial, industrial, agroindustrial, etc. 3. Planificación/ estrategia: se colocan las políticas, objetivos del manual, esquemas del sistema de proceso, etc. 4. Valores. Los valores que destacan en la respuesta con los clientes. 5. Alta dirección. Compromiso con la dirección, revisión de la dirección, comunicación con la dirección. 6. Alcance del sistema. Todas las áreas y procesos involucrados. | | |

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos del manual de calidad

- Ayudas de trabajo. Otros documentos que componen el sistema de gestión son las ayudas de trabajo que indican paso a paso la realización de una actividad, e incluye imágenes.

Figura 7. Instrucción de Trabajo

| INSTRUCCIÓN DE TRABAJO XXXXXX | | Código: | XX-XX-XX-XXXX |
|------------------------------------|-----------|----------------|---------------|
| | | Revisión: | XX |
| | | Fecha Emisión: | XXXXXXXXXX |
| | | Página: | 1 de X |
| Tarea: | | | |
| Cuando se realice la tarea: | | | |
| Materiales: | | | |
| Equipo de Protección Personal: | | | |
| Frecuencia para realizar la tarea: | | | |
| Responsable de realizar la tarea: | | | |
| | | | |
| Materiales y herramientas | | * | * |
| | | * | * |
| | | * | * |
| | | * | * |
| PASO | ACTIVIDAD | GRÁFICO | |
| 1 | | | |
| 2 | | | |

Página 1

Fuente: elaboración propia.

- LUP (Lección de un punto). Esta es otra herramienta que se utiliza en el sistema de gestión para dar a conocer una instrucción, retroalimentación a los colaboradores, tiene la característica de ser muy breve y concisa.

Figura 8. **Lección de un punto**

| | | | | | | | |
|------------------------------|--|--|--------|---|--|--|--|
| | | | | PROGRAMA DE CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO | | | |
| | | | | | | | |
| LECCIONES DE UN PUNTO | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Tema | | | | | | | |
| Área | | | Fecha | | | | |
| Elaboró | | | Aprobó | | | | |
| Objetivo: | | | | | | | |
| LECCION | | | | IMAGENES | | | |
| | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

- Procedimientos. En estos documentos se determina cómo se realiza un proceso, qué herramientas se utilizan para cumplir con el objetivo establecido, el alcance de la operación o proceso, definiciones generales, etc.

Tabla III. **Procedimiento**

| | | |
|--|----------------------|--|
| | PROCEDIMIENTO | Código: XX-XX-XX-XX Revisión XX Fecha: XXXXXXXX Pág.: 25 de 146 |
|--|----------------------|--|

1. **OBJETIVO**
2. **ALCANCE Y CAMPO DE APLICACIÓN**
3. **DEFINICIONES**
4. **RESPONSABILIDADES Y AUTORIDAD**
5. **CONTENIDO**
6. **DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS O DE REFERENCIA**
7. **DOCUMENTOS ANEXOS (FORMATOS DE REGISTRO).**

Continuación de tabla III.

| Código | Nombre | Medio de Llenado | Tiempo de Retención | FINAL |
|--------|--------|------------------|---------------------|--|
| XX | XX | Digital o a mano | XXX | [Destruir, Reciclar o Archivo muerto(cuánto tiempo)] |

7.1 Tiempo de retención y disposición final de los registros

8. ALMACENAJE Y DISTRIBUCIÓN

9. CONTROL DE CAMBIOS

| Revisión | Fecha | Descripción de cambios |
|----------|----------|------------------------|
| XX | XX/XX/XX | XXXXXXXXX |

Fuente: elaboración propia.

2.1. Procedimiento medición de temperatura y viscosidad

A continuación, se describen los datos que se deben recolectar para obtener información del comportamiento de la temperatura versus viscosidad en la tinta para impresión de empaques flexibles.

La medición de temperatura se realizará con un termómetro de mercurio y una pistola digital. La medición de la viscosidad se hará mediante la copa zhan.

2.1.1. Tabla de recolección de datos

Se presentan las tablas para la recolección de datos del área por estudiar.

Tabla IV. **Toma de datos de temperatura y viscosidad impresora con bomba de enfriamiento automático**

| TINTAS | | | | | | |
|--------|------|-----------|---------|----------|------------|--------|
| PEDIDO | TIPO | PROVEEDOR | CÓDIGO. | COLOR | VISCOSIDAD | Secado |
| | | | | Blanco | | |
| | | | | Amarillo | | |
| | | | | Verde | | |
| | | | | Rojo | | |

| TEMPERATURA | | | | |
|-------------|----------|---------|----------|---------|
| Digital | Mercurio | | AMBIENTE | HUMEDAD |
| | | MÁQUINA | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| MÁQUINA | | | | | | |
|----------|-----------|-------------------|--------|--------|-------|--------|
| TIPO | VELOCIDAD | DIÁMETRO DE MANGA | ANILLO | DISEÑO | | |
| SOLVENTE | | | | FONDO | TRAMA | MEZCLA |
| 80-20 | | | | | | |
| 80-20 | | | | | | |
| 80-20 | | | | | | |
| 80-20 | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Toma de datos de temperatura y viscosidad impresora sin bomba de enfriamiento automático**

| TINTAS | | | | | |
|--------|-----------|---------|----------|------------|--------|
| TIPO | PROVEEDOR | CÓDIGO. | COLOR | VISCOSIDAD | Secado |
| LAM | SUN | | Azul | | |
| LAM | SUN | | Rojo | | |
| LAM | SIEGWERK | | Blanco | | |
| LAM | SIEGWERK | | Amarillo | | |
| LAM | SIEGWERK | | Negro | | |

| TEMPERATURA | | | |
|-------------|----------|----------|---------|
| Digital | Mercurio | AMBIENTE | HUMEDAD |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| MAQUINA | | | | | | |
|----------|-----------|-------------------|--------|--------|-------|--------|
| TIPO | VELOCIDAD | DIÁMETRO DE MANGA | ANILOX | DISEÑO | | |
| SOLVENTE | | | | FONDO | TRAMA | MEZCLA |
| 80-20 | | | | | | |
| 80-20 | | | | | | |
| 80-20 | | | | | | |
| 80-20 | | | | | | |
| 80-20 | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Aprobación de formato de recolección de datos

Este formato debe permitir que los datos requeridos se tomen de la forma más adecuada y que se disponga de ellos con facilidad. Por ello, se debe aprobar después de los ensayos de tomas de datos hasta que se asegure la mejor versión para la recolección de datos.

2.1.3. Toma de tiempo de medición

Los tiempos de las mediciones aseguran trazabilidad al estudio del proceso, por lo que el registro de ellos debe hacerse de la manera más precisa posible, tomando en cuenta que estas referencias permiten establecer distintos parámetros aplicables al estudio.

2.1.4. Medición de viscosidad

Se debe realizar la medición de viscosidad, inicialmente, cada media hora dependiendo de los resultados de la primera muestra. Se determinará si es necesario reducir el tiempo de medición de la viscosidad dentro de las ollas o se puede seguir trabajando de la misma manera.

2.2. Medición de la eficiencia actual en impresora sin bomba de enfriamiento

La medición de la eficiencia en la impresora sin bomba de enfriamiento se analiza en base a la cantidad de metros que la capacidad de la máquina permite realizar y el tiempo empleado para realizar una unidad de trabajo. Estos dos parámetros son los principales factores por tomar en cuenta para la

creación de criterios de evaluación, ya que son los que determinan el ritmo de la producción y los volúmenes obtenidos durante el proceso.

Tabla VI. **Tabla de eficiencia impresora con bomba de enfriamiento y máquina sin bomba de enfriamiento**

| Máquina con bomba | | Metros | | Eficiencia | | No. Cambios | Hrs reportadas | Tiempo perdido vs programa al día |
|-------------------|---------|--------|-----------|------------|-----------|-------------|----------------|-----------------------------------|
| | | DÍA | ACUMULADO | DÍA | ACUMULADA | DÍA | DÍA | |
| Comexi 12 | Turno 1 | 23 500 | 73500 | 20% | 51% | 1 | 12 | 12 |
| | Turno 2 | 50 000 | | 80% | | 1 | 12 | |

| Máquina sin bomba | | Metros | | Eficiencia | | No. Cambios | Hrs reportadas | Tiempo perdido vs programa al día |
|-------------------|---------|--------|-----------|------------|-----------|-------------|----------------|-----------------------------------|
| | | DÍA | ACUMULADO | DÍA | ACUMULADA | DÍA | DÍA | |
| Comexi 7 | Turno 1 | 80 000 | 161 000 | 50% | 63% | 1 | 12 | 10 |
| | Turno 2 | 81 000 | | 50% | | 1 | 12 | |

Fuente: elaboración propia.

La eficiencia diaria en la Impresora 12 se calcula de la siguiente manera:

Tabla VII. **Variabes para cálculo de le eficiencia**

| | |
|---|------------------|
| Tiempo disponible 24 horas (d) | 1 440 min-nc(ct) |
| Velocidad teórica (vt) | 200 m/min |
| Número de cambios en el día (nc) | 6 |
| Tiempo de cambio teórico (ct) | 120 minutos |
| Metros impresos en el turno 1 y 2 (m turno) | 73 500 metros |
| Metros teóricos (m) | 144 000 |

Fuente: elaboración propia.

$$d = \text{tiempo de turno} - nc(ct)$$

$$d = 1440 \text{ min} - 6(120 \text{ min}) = 720 \text{ min}$$

$$mt = (d)(vt)$$

$$mt = (720 \text{ min}) \left(200 \frac{\text{m}}{\text{min}} \right) = 144\,000 \text{ metros}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{m_{\text{turno}}}{mt} * 100$$

$$\text{Eficiencia} = \left(73\,500 \frac{\text{m}}{144\,000\text{m}} \right) * 100 = 51\%$$

Tomar en cuenta que se suma los metros producidos en los dos turnos para completar las 24 horas del día, por eso aparece el acumulado 73 500 metros entre los dos turnos.

La eficiencia diaria en la impresora 7 se calcula de la siguiente manera:

Tabla VIII. **Variables para cálculo de la eficiencia**

| | |
|--|------------------|
| Tiempo disponible 24 horas (d) | 1 440 min-nc(ct) |
| Velocidad teórica (vt) | 300 m/min |
| Número de cambios en el día (nc) | 5 |
| Tiempo de cambio teórico (ct) | 120 minutos |
| Metros impresos en el turno 1 y 2 (mturno) | 161 000 metros |
| Metros teóricos (m) | 252 000 metros |
| Eficiencia (%) | |

Fuente: elaboración propia.

$$d = \text{tiempo de turno} - nc(ct)$$

$$d = 1440 \text{ min} - 5(120 \text{ min}) = 840 \text{ min}$$

$$mt = (d)(vt)$$

$$mt = (720 \text{ min}) \left(300 \frac{\text{m}}{\text{min}} \right) = 252\,000 \text{ metros}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{m_{\text{turno}}}{mt} * 100$$

$$\text{Eficiencia} = \left(161\,000 \frac{\text{m}}{252\,000\text{m}} \right) * 100 = 63\%$$

Tomar en cuenta que se suma los metros producidos en los dos turnos para completar las 24 horas del día, por eso, aparece el acumulado 161 000 metros entre los dos turnos.

Como se muestra en la tabla, la impresora Comexi 12, que es la que cuenta con una bomba de enfriamiento, posee un 51% de eficiencia. Esta máquina está diseñada para hacer tirajes de producción cortos por lo cual tiene en promedio seis cambios de producción. Esto aumenta los tiempos muertos debido al tiempo de cambio que dura aproximadamente dos horas. La impresora Comexi 7 no posee bomba de enfriamiento, tiene una eficiencia de 63 % y está diseñada para tirajes largos por lo que se muestra que en promedio solo hace tres cambios de producción en el turno, por lo que disminuye los tiempos muertos en el tiempo de cambio.

Tomar en cuenta que la eficiencia de una máquina respecto a otra no depende completamente de que se instale una bomba de enfriamiento. La bomba de enfriamiento ayuda a reducir los tiempos muertos provocados por problemas de viscosidad y secado de la tinta.

Las variables de viscosidad de la tinta y secado de la tinta en función del comportamiento de la temperatura son esenciales para mantener la estabilidad en el proceso de impresión flexográfica.

La eficiencia es la capacidad de alcanzar las metas utilizando menos recursos. En este caso, el tiempo es un recurso que se debe optimizar. Como se muestra en el cuadro anterior, los tiempos muertos en la impresora 12 suman doce horas y en la impresora 7 suman diez.

Tabla IX. **Tabla de cálculo de costo hora muerta en impresora con bomba e impresora sin bomba**

| Máquina | Costo /hora por máquina | Total horas de | Costo total |
|-------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Imp12(Con bomba) | Q523.66 | 12 | Q6 283.92 |
| Imp 7 (Sin bomba) | Q523.66 | 10 | Q5 230 |

Fuente: elaboración propia.

La impresora 12 reporta un costo más grande en cuantas horas perdidas. Esto se debe al aumento de tiempo muertos por el mayor número de cambios que se realizan.

Tabla X. **Tabla de razones horas muertas por problemas de tinta impresora con bomba e impresora sin bomba**

| Razón | Horas Perdidas IMP 12 con bomba de enfriamiento | Horas Perdidas IMP 7 sin bomba de enfriamiento | Diferencia % |
|----------------------|--|---|---------------------|
| Limpieza de planchas | 25 | 44 | 44% |

Continuación tabla X.

| | | | |
|---------------------------|----|----|------------|
| Cambio de bobinas | 42 | 29 | 31% |
| Limpieza de tambor | 17 | 28 | 40% |
| Falla sistema de registro | 26 | 40 | 35% |

Fuente: elaboración propia

Porcentaje de tiempo perdido Impresora 12 respecto impresora 7 en tiempo muerto de limpieza de planchas.

$$1 - \left(\frac{\text{tiempoimp12}}{\text{tiempoimp7}} \right) * 100$$

$$\% = 1 - \left(\frac{25}{44} \right) * 100 = \mathbf{44\%}$$

De la misma manera que la demostración anterior se calcularon los demás porcentajes.

La limpieza de planchas es un problema directamente relacionado, con el secado y la viscosidad de la tinta. La impresora 12, que tiene bomba de enfriamiento, cuenta con un 44 % menos de tiempo de paro que la impresora 7, que carece de una bomba de enfriamiento. Es decir, que se tiene un problema con el secado y viscosidad de la tinta. A veces la tinta se vuelve viscosa y seca antes del tiempo establecido y deja un tipo de resequedad en la impresión. Esto da una apariencia de suciedad por pequeños puntos de tinta seca. Otro caso es cuando la tinta no tiene una viscosidad muy baja y empieza a quedarse

sobre el relieve de los sellos y acumula un exceso de tinta en el sustrato la cual no seca y mancha la impresión.

La limpieza de tambor enfrenta la misma problemática cuando hay un exceso de tinta en los sellos. Entonces, cae sobre las partes de la máquina y se detiene la limpieza para que la impresión no se manche. La impresora con bomba de enfriamiento posee un 40 % menos de tiempo muerto por esta causa respecto a la impresora que no tiene bomba.

El tiempo de cambio de bobina es 31 % menos en la impresora debido a que cuenta con un sistema de doble bobinador y hace que los paros de cambio de bobina por alguna mancha de tinta sean más rápidos respecto a la que cuenta con bomba de enfriamiento que solo tiene un bobinador.

La falla de sistema de registro es un 35 % menos en la máquina que no tiene bomba de enfriamiento. Esto se debe a un problema de mala práctica en la operación cuando no utilizan las temperaturas adecuadas en el túnel de secado establecidas, que son de 70 -80 grados centígrados. En la impresora con bomba de enfriamiento tienen este tiempo elevado cuando no se realiza adecuadamente la operación debido a falta de inspección del sistema de presión de aire.

2.2.1. Análisis de costos de tiempos muertos

Se compara el tiempo muerto de la impresora 12 con bomba de enfriamiento y la impresora 7 que no tiene bomba de enfriamiento. El costo de la hora/máquina es el mismo para las dos impresoras

Se tomó el tiempo más elevado para ejemplificar el cálculo del costo del tiempo muerto en máquina.

Tabla XI. **Tabla de cálculo de costo hora de razón más frecuente de paro en impresora con bomba e impresora sin bomba de enfriamiento en el mes de septiembre**

| Máquina | Costo /hora por máquina | Total de Horas | Costo Total | Diferencia |
|-------------------|-------------------------|----------------|-------------|---|
| Imp12 (Con Bomba) | Q523,66 | 25 | Q13,091 | 43% es más costosa la impresora sin bomba de enfriamiento |
| Imp 7 (Sin bomba) | Q523,66 | 44 | Q23,041.07 | |

Fuente: elaboración propia.

El resumen de tiempos muertos es una toma promedio mensual. La impresora 12 muestra un costo menor por problemas relacionados directamente con viscosidad y secado de la tinta. Controlar estas variables propiciaría que los costos de producción se reduzcan, además la tinta para impresión es el insumo más caro del proceso de flexografía.

A continuación, se muestra la tabla resumen de los tiempos muertos durante un año debido a problemas relacionados con la tinta en la impresora con bomba de enfriamiento y la impresora sin bomba.

Tabla XII. **Tabla de resumen horas muertas anual en la impresora con bomba e impresora sin bomba de enfriamiento**

| MES | Imp con bomba de enfriamiento (hrs) | Imp sin bomba de enfriamiento Hrs | Diferencia % de aumento de horas muertas en imp. sin bomba de enfriamiento |
|-------------------|--|--|---|
| Enero | 130 | 143 | 9,09 |
| Febrero | 144 | 190 | 24,21 |
| Marzo | 80 | 101 | 20,79 |
| Abril | 99 | 133 | 25,56 |
| Mayo | 114 | 117 | 2,56 |
| Junio | 125 | 173 | 27,75 |
| Julio | 62 | 173 | 64,16 |
| Agosto | 117 | 139 | 15,83 |
| Septiembre | 112 | 216 | 48,15 |
| Octubre | 112 | 201 | 44,28 |
| Noviembre | 107 | 181 | 40,88 |
| Diciembre | 66 | 111 | 40,54 |
| Total | 1 268 | 1 878 | 32% |
| Promedio | 106 | 1 56,5 | |
| Desviación | 25 | 38 | |

Fuente de elaboración propia.

En el 2016 tuvo un 32 % de más de tiempos muertos la impresora que no tiene bomba de enfriamiento respecto a la que si posee. Se observa que tener controlada la viscosidad de la tinta en máquina reduce considerablemente los tiempos muertos por paro de limpieza de planchas, limpieza del tambor.

A continuación se presenta un gráfico de control donde muestra el comportamiento de las horas muertas en ambas impresoras durante el año 2016.

Tabla XIII. **Tabla de límites de gráfico de control de horas muertas de impresoras con y sin sistema de enfriamiento**

| LCI | LCX | LCS | Horas muertas de impresora con bomba | Horas muertas en impresora sin bomba |
|-----|-----|-----|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 83 | 106 | 128 | 130 | 143 |
| 83 | 106 | 128 | 144 | 190 |
| 83 | 106 | 128 | 80 | 101 |
| 83 | 106 | 128 | 99 | 133 |
| 83 | 106 | 128 | 114 | 117 |
| 83 | 106 | 128 | 125 | 173 |
| 83 | 106 | 128 | 62 | 173 |
| 83 | 106 | 128 | 117 | 139 |
| 83 | 106 | 128 | 112 | 216 |
| 83 | 106 | 128 | 112 | 201 |
| 83 | 106 | 128 | 107 | 181 |
| 83 | 106 | 128 | 66 | 111 |

Fuente de elaboración propia.

El cálculo de los límites de control es respecto al promedio de los datos obtenidos y la desviación estándar y una constante que se obtiene de la tabla de control de la calidad total.

LCI: promedio-(constante*desviación)

$$LCI = 106 - (0.886 * 25) = 83$$

LCS= promedio +(constante*desviación)

$$LCs = 106 + (0.886 * 25) = 128$$

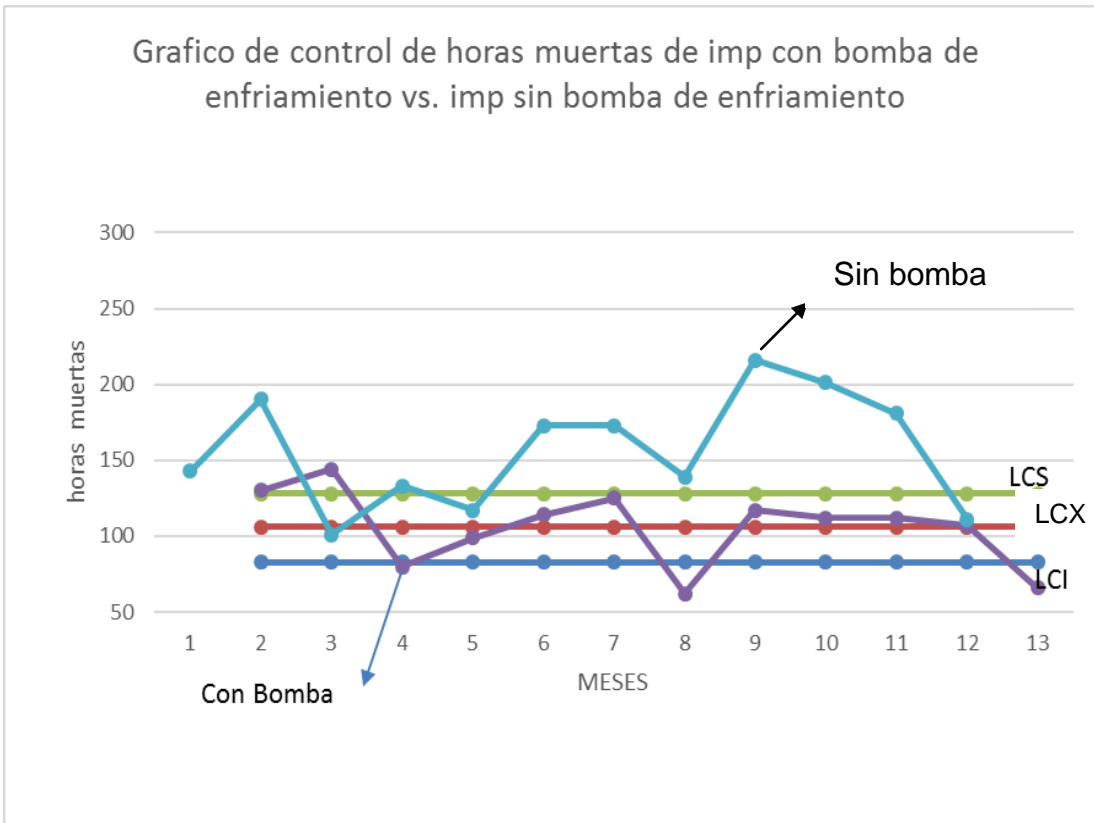
Figura 9. **Constantes para gráficos de control**

| Constantes para Gráficos de Control | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| n | A | A2 | A3 | c4 | 1/c4 | B3 | B4 | B5 | B6 | d2 | d3 | 1/d2 | D1 | D2 | D3 | D4 |
| 2 | 2.121 | 1.880 | 2.659 | 0.798 | 1.253 | 0.000 | 3.267 | 0.000 | 2.606 | 1.128 | 0.853 | 0.886 | 0.000 | 3.686 | 0.000 | 3.267 |
| 3 | 1.732 | 1.023 | 1.954 | 0.886 | 1.128 | 0.000 | 2.568 | 0.000 | 2.276 | 1.693 | 0.888 | 0.591 | 0.000 | 4.358 | 0.000 | 2.575 |
| 4 | 1.500 | 0.729 | 1.628 | 0.921 | 1.085 | 0.000 | 2.266 | 0.000 | 2.088 | 2.059 | 0.880 | 0.486 | 0.000 | 4.698 | 0.000 | 2.282 |
| 5 | 1.342 | 0.577 | 1.427 | 0.940 | 1.064 | 0.000 | 2.089 | 0.000 | 1.964 | 2.326 | 0.864 | 0.430 | 0.000 | 4.918 | 0.000 | 2.114 |
| 6 | 1.225 | 0.483 | 1.287 | 0.952 | 1.051 | 0.030 | 1.970 | 0.029 | 1.874 | 2.534 | 0.848 | 0.395 | 0.000 | 5.079 | 0.000 | 2.004 |
| 7 | 1.134 | 0.419 | 1.182 | 0.959 | 1.042 | 0.118 | 1.882 | 0.113 | 1.806 | 2.704 | 0.833 | 0.370 | 0.205 | 5.204 | 0.076 | 1.924 |
| 8 | 1.061 | 0.373 | 1.099 | 0.965 | 1.036 | 0.185 | 1.815 | 0.179 | 1.751 | 2.847 | 0.820 | 0.351 | 0.388 | 5.307 | 0.136 | 1.864 |
| 9 | 1.000 | 0.337 | 1.032 | 0.969 | 1.032 | 0.239 | 1.761 | 0.232 | 1.707 | 2.970 | 0.808 | 0.337 | 0.547 | 5.394 | 0.184 | 1.816 |
| 10 | 0.949 | 0.308 | 0.975 | 0.973 | 1.028 | 0.284 | 1.716 | 0.276 | 1.669 | 3.078 | 0.797 | 0.325 | 0.686 | 5.469 | 0.223 | 1.777 |
| 11 | 0.905 | 0.285 | 0.927 | 0.975 | 1.025 | 0.321 | 1.679 | 0.313 | 1.637 | 3.173 | 0.787 | 0.315 | 0.811 | 5.535 | 0.256 | 1.744 |
| 12 | 0.866 | 0.266 | 0.886 | 0.978 | 1.023 | 0.354 | 1.646 | 0.346 | 1.610 | 3.258 | 0.778 | 0.307 | 0.923 | 5.594 | 0.283 | 1.717 |
| 13 | 0.832 | 0.249 | 0.850 | 0.979 | 1.021 | 0.382 | 1.618 | 0.374 | 1.585 | 3.336 | 0.770 | 0.300 | 1.025 | 5.647 | 0.307 | 1.693 |
| 14 | 0.802 | 0.235 | 0.817 | 0.981 | 1.019 | 0.406 | 1.594 | 0.398 | 1.563 | 3.407 | 0.763 | 0.294 | 1.118 | 5.696 | 0.328 | 1.672 |
| 15 | 0.775 | 0.223 | 0.789 | 0.982 | 1.018 | 0.428 | 1.572 | 0.421 | 1.544 | 3.472 | 0.756 | 0.288 | 1.203 | 5.740 | 0.347 | 1.653 |
| 16 | 0.750 | 0.212 | 0.763 | 0.983 | 1.017 | 0.448 | 1.552 | 0.440 | 1.527 | 3.532 | 0.750 | 0.283 | 1.282 | 5.782 | 0.363 | 1.637 |
| 17 | 0.728 | 0.203 | 0.739 | 0.985 | 1.016 | 0.466 | 1.534 | 0.459 | 1.510 | 3.588 | 0.744 | 0.279 | 1.356 | 5.820 | 0.378 | 1.622 |
| 18 | 0.707 | 0.194 | 0.718 | 0.985 | 1.015 | 0.482 | 1.518 | 0.475 | 1.496 | 3.640 | 0.739 | 0.275 | 1.424 | 5.856 | 0.391 | 1.609 |
| 19 | 0.688 | 0.187 | 0.698 | 0.986 | 1.014 | 0.497 | 1.503 | 0.490 | 1.483 | 3.689 | 0.733 | 0.271 | 1.489 | 5.889 | 0.404 | 1.596 |
| 20 | 0.671 | 0.180 | 0.680 | 0.987 | 1.013 | 0.510 | 1.490 | 0.503 | 1.470 | 3.735 | 0.729 | 0.268 | 1.549 | 5.921 | 0.415 | 1.585 |
| 21 | 0.655 | 0.173 | 0.663 | 0.988 | 1.013 | 0.523 | 1.477 | 0.516 | 1.459 | 3.778 | 0.724 | 0.265 | 1.606 | 5.951 | 0.425 | 1.575 |
| 22 | 0.640 | 0.167 | 0.647 | 0.988 | 1.012 | 0.534 | 1.466 | 0.528 | 1.448 | 3.819 | 0.720 | 0.262 | 1.660 | 5.979 | 0.435 | 1.565 |
| 23 | 0.626 | 0.162 | 0.633 | 0.989 | 1.011 | 0.545 | 1.455 | 0.539 | 1.438 | 3.858 | 0.716 | 0.259 | 1.711 | 6.006 | 0.443 | 1.557 |
| 24 | 0.612 | 0.157 | 0.619 | 0.989 | 1.011 | 0.555 | 1.445 | 0.549 | 1.429 | 3.895 | 0.712 | 0.257 | 1.759 | 6.032 | 0.452 | 1.548 |
| 25 | 0.600 | 0.153 | 0.606 | 0.990 | 1.010 | 0.565 | 1.435 | 0.559 | 1.420 | 3.931 | 0.708 | 0.254 | 1.805 | 6.056 | 0.459 | 1.541 |

Fuente: A.V, Feigebaum *Control total de la calidad; ingeniería y administración* p 138.

La constante utilizada es 0,886 que se encuentra en la columna A3 por su un gráfico de control X, está en la fila 12 ya que se tienen 12 datos que es la muestra.

Figura 10. **Horas muertas de impresora con bomba de enfriamiento versus impresora sin bomba de enfriamiento**



Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la gráfica la impresora que no cuenta con una bomba de enfriamiento se encuentra la mayor parte del año fuera de los límites superiores del gráfico de control, ya que la viscosidad de la tinta no se mantiene regulada porque aún no se cuenta con un estándar de medición.

El pico de la impresora con bomba de enfriamiento en marzo se debe a una falla en los sensores del sistema de enfriamiento.

El pico que se muestra en agosto en la impresora con bomba de enfriamiento abajo del límite de control inferior, se debe directamente a la buena operación que se obtuvo durante ese mes.

Tabla XIV. **Tabla de resumen horas muertas anual en la impresora con bomba e impresora sin bomba de enfriamiento**

| El costo hora máquina es de Q523,66 para las dos impresoras | | | |
|--|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| Mes | Costo IMP 12 CON BOMBA (Q) | Costo IMP 7 SIN BOMBA (Q) | Diferencia % |
| Enero | 4,089,732 | 4 483,568 | 8,78 |
| Febrero | 4 510,406 | 5 956,798 | 24,28 |
| Marzo | 2 518,516 | 3 173,729 | 20,64 |
| Abril | 3 110,069 | 4 166,562 | 25,36 |
| Mayo | 3 575,550 | 3 683,948 | 2,94 |
| Junio | 3 934,528 | 5 438,567 | 27,66 |
| Julio | 1 945,921 | 5 421,316 | 64,11 |
| Agosto | 3 663,333 | 4 352,836 | 15,84 |
| Septiembre | 3 844,328 | 6 784,931 | 43,34 |
| Octubre | 3 530,882 | 6 322,871 | 44,16 |
| Noviembre | 3 363,503 | 5 683,928 | 40,82 |
| Diciembre | 2 059,895 | 3 494,357 | 41,05 |
| TOTAL | Q.40 146,663 | Q.58 963,411 | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XV. **Tabla de porcentaje de tiempo muerto versus tiempo disponible de la impresora con bomba e impresora sin bomba de enfriamiento**

| | Tiempo muerto anual (min) | Tiempo disponible anual (min) | % tiempo muerto | Diferencia % |
|---|---------------------------|-------------------------------|-----------------|--|
| Imp 12 (con bomba de enfriamiento) | 76 666 | 433 200 | 18% | La impresora sin bomba de enfriamiento tiene un 8% más de tiempos muertos. |
| Imp 7 (sin bomba de enfriamiento) | 112 599 | 433 200 | 26% | |

Fuente: elaboración propia.

$$Diferencia = Q58\ 963. - Q40\ 146 = Q18\ 816$$

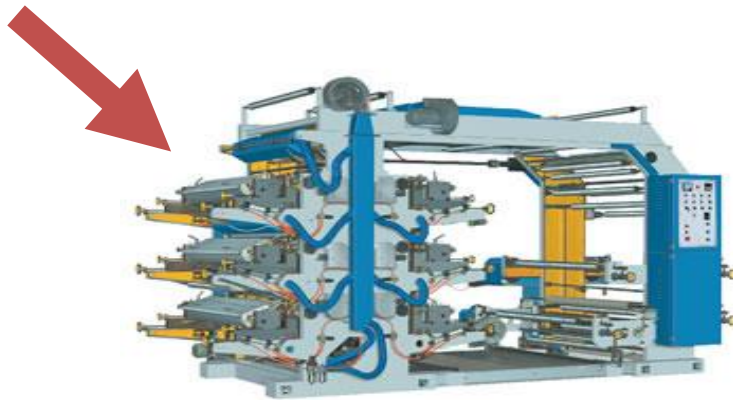
El costo se calculó como la ilustración en la tabla VI, la impresora 12 que cuenta con una bomba de enfriamiento tuvo un ahorro de Q18 816 748 anuales respecto a la impresora 7 que no tiene el sistema de la bomba de enfriamiento por lo que posee un mayor número de paros en cuanto a problemas en el control de la viscosidad y secado de la tinta durante la impresión flexográfica.

Además, la impresora 12 que tiene bomba de enfriamiento tiene un 18% de tiempo muerto anual respecto al tiempo disponible anual, la impresora 7 cuenta con un 26% de tiempo muerto respecto a la disponibilidad de tiempo anual.

2.2.2. Análisis de costo de inversión de sistema de enfriamiento

Para instalar el sistema de enfriamiento en una máquina impresora se necesita un intercambiador de temperatura en cada estación donde se coloca la tinta en la máquina, una mesa de trabajo para colocar los intercambiadores y las mangueras que se dirijan a cada una de las estaciones de la máquina impresora. Además, el servicio se la instalación y el aislamiento de la tubería de agua fría para evitar pérdida de energía.

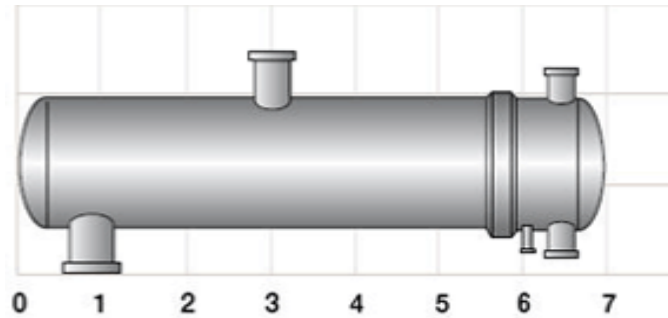
Figura 11. Sistema de enfriamiento



Fuente: empresa de empaques flexibles.

Lo que se observa marcado con una flecha es la estación de la máquina donde se encuentran las bandejas para colocar la tinta y donde debe ir cada intercambiador de temperatura para regular la tinta en cada estación.

Figura 12. Intercambiador



Fuente: empresa de empaques flexibles.

Los intercambiadores que se tiene contemplado colocar son como los que se muestran en la figura anterior, estos irán conectados con manguera en donde circule la tinta directo a la bandeja en cada estación.

Tabla XVI. **Tabla del costo de inversión para colocar un sistema de enfriamiento**

| DESCRIPCIÓN | VALOR (Q) |
|--|-----------------|
| Servicio de acometida de agua de alimentación y retorno a 2 impresoras con tubo diámetro de 1 ½ pulgada. | 3 825 |
| Servicio de fabricación de 1 mesa para instalar intercambiadores de calor en tubo cuadrado de 2 pulgadas, lamina de 3/32 con rodos de diámetro 5 pulgadas, 2 fijos y 2 giratorios. | 2 825 |
| Servicio de fabricación de 8 intercambiadores de calor de diámetro 8x12 pulgadas de alto con serpentín de tubo de acero inoxidable diámetro ½ pulgada. | 29 990 |
| Aislamiento de tubería de agua. | 5 000 |
| TOTAL | Q 41 640 |

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra todos los elementos necesarios para colocar un sistema de enfriamiento en una impresora flexográfica, el tiempo aproximado para colocar el sistema de enfriamiento es de 72 horas.

2.2.3. Comparación de costos de tiempos muertos e inversión de sistema de enfriamiento

A continuación, se muestra la tabla de los metros que se dejan de producir debido a los tiempos muertos en máquina anuales por la problemática con la tinta.

Tabla XVII. **Metros producidos**

| MÁQUINA | % tiempo muerto | tiempo disponible mensual (min) | Tiempo real de producción (min) | Velocidad Maq(m/min) | Oportunidad de producción (metros) |
|------------------------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|------------------------------------|
| Imp 12 (con bomba de enfriamiento) | 17% | 36 100 | 6 137 | 200 | 1 227 400 |
| Imp 7 (sin bomba de enfriamiento) | 25% | 36 100 | 9 386 | 300 | 2 815 800 |

Fuente: elaboración propia.

Actualmente, en la empresa, el costo de un kilo de producto es de \$5,00 cada 1 000 metros producidos tiene un peso de 3 kilogramos.

Se calculará el costo de oportunidad de la impresora 7 sin bomba de enfriamiento

$$costoop = 2\ 815\ 800 \text{ metros} * \left(\frac{3\text{kg}}{1000\text{metros}} \right) = 8\ 447,4 \text{ kgs}$$

Tabla XVIII. Costo de oportunidad

| MÁQUINA | PRODUCCIÓN DE OPORTUNIDAD (KILOS) | COSTO /KG (\$) | COSTO TOTAL (\$) | COSTO TOTAL (Q) | Promedio Mensual de costos |
|------------------------------------|-----------------------------------|----------------|------------------|-----------------|----------------------------|
| Imp 12 (con bomba de enfriamiento) | 3 682 | 5 | 18 411 | 135 136,74 | 11,261.40 |
| Imp 7 (sin bomba de enfriamiento) | 8 447,4 | 5 | 42 237 | 310 019,58 | 25,834.97 |

Fuente: elaboración propia

Se calcula el costo de oportunidad de la impresora 12 con bomba de enfriamiento.

$$costoop = 1\ 227\ 400 \text{ metros} * \left(\frac{3\text{kg}}{1\ 000\text{metros}} \right) = 3\ 682\text{kilo}$$

Tabla XIX. Costos mensuales

| Mes | Costo de tiempo muerto promedio imp sin bomba de enfriamiento | Acumulado | Con una variacion de 5% menos | Inversión Q 41 640 |
|-----|---|-------------|-------------------------------|--------------------|
| 1 | 25 834, 97 | 25 834, 97 | 24 604, 73 | |
| 2 | 25 834, 97 | 51 669, 94 | 49 209, 47 | |
| 3 | 25 834, 97 | 77 504, 91 | 73 814, 20 | |
| 4 | 25 834, 97 | 103 339, 88 | 98 418, 93 | |
| 5 | 25 834, 97 | 129 174, 85 | 123 023, 67 | |
| 6 | 25 834, 97 | 155 009, 82 | 147 628, 40 | |
| 7 | 25 834, 97 | 180 844, 79 | 172 233, 13 | |
| 8 | 25 834, 97 | 206 679, 76 | 196 837, 87 | |

Continuación tabla XIX.

| | | | | |
|----|------------|-------------|-------------|--|
| 9 | 25 834, 97 | 232 514, 73 | 221 442, 60 | |
| 10 | 25 834, 97 | 258 349, 70 | 246 047, 33 | |
| 11 | 25 834, 97 | 284 184, 67 | 270 652, 07 | |
| 12 | 25 834, 97 | 310 019, 64 | 295 256, 80 | |

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla de costos mensuales promedio, la inversión de la colocación del sistema de enfriamiento se recuperaría en dos meses, debido a los costos elevados de los tiempos muertos en producción, si la variación fuera de un 5% menos en los costos, la inversión se recuperaría en el segundo mes. La diferencia de costos de tiempos muertos respecto a la inversión es de 87% más costos la hora muerta que la inversión inicial para colocar un sistema de enfriamiento.

3. ESTANDARIZACIÓN DE PARÁMETROS DE RELACIÓN TEMPERATURA-VISCOSIDAD

3.1. Estadísticas

El análisis estadístico se realiza para comprobar la relación de la temperatura versus viscosidad para determinar la comparación de impresora con bomba de enfriamiento e impresora sin este sistema de regulación de temperatura.

3.1.1. Análisis de muestra de temperaturas, viscosidad y tiempo de medición

La tinta está compuesta, principalmente, por dos elementos, el vehículo o barniz y el pigmento o materia colorante. Al profundizar un poco más se puede comprobar que en la fabricación de las tintas intervienen numerosos componentes (aceites minerales, aceites secantes, resinas, disolventes orgánicos, aditivos varios), que varían en relación con las exigencias del trabajo, clase de papel, destino de los impresos etc. Por ello, la adecuada composición de la tinta se hace conforme a formulaciones muy estudiadas y en función de numerosos imperativos.

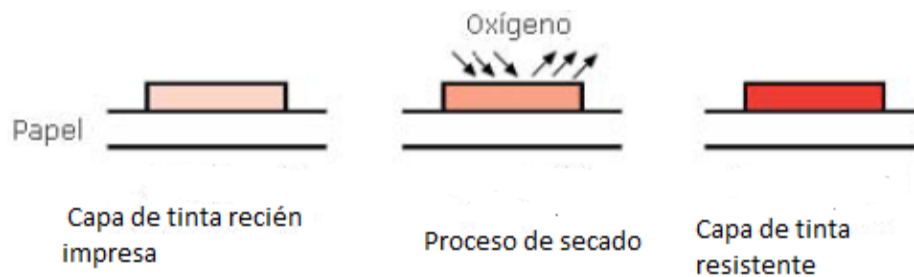
El tratamiento de los componentes y su asociación íntima se realiza en condiciones que garantizan una precisión indispensable vinculada a leyes físico – químicas cuya aplicación compete al laboratorio de la fábrica de tintas.

En función del tipo de tintas que se utilice, bien sean grasas o líquidas, se emplean distintos métodos de secado.

En el secado de tintas grasas se utilizan diferentes procedimientos:

- Oxidación: cuando la capa de tinta se deposita sobre el soporte, el oxígeno oxida a los aceites vegetales y resinas, endureciendo de esta forma la capa de tinta hasta que hacerla resistente y flexible.

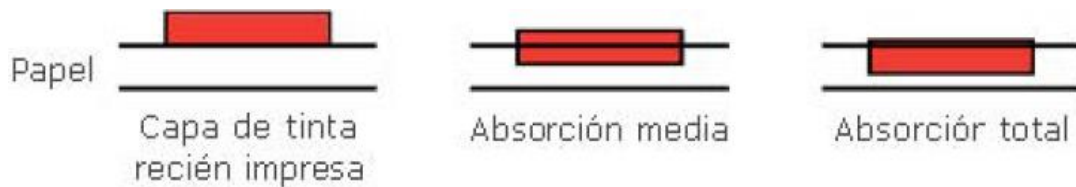
Figura 13. **Proceso de secado de tinta por oxidación**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Paint.

- Absorción: la tinta es absorbida por el soporte quedando húmeda dentro de él. Se emplea en periódicos, formularios y otros papeles muy absorbentes.

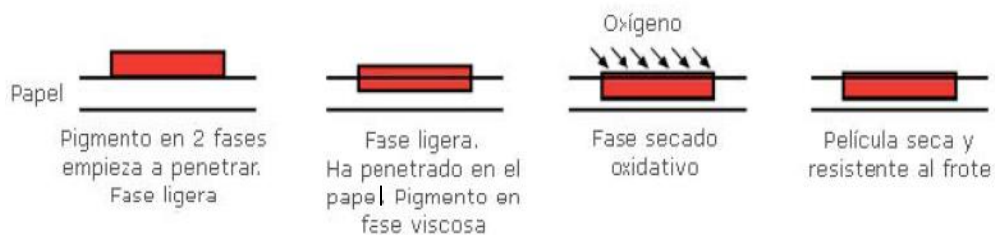
Figura 14. **Proceso de secado de tinta por absorción**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Paint.

- Filtración selectiva: la capa de tinta se deposita sobre el papel y, posteriormente, empieza la absorción de aceites minerales. La tinta se hace más viscosa y produce la oxidación de los aceites vegetales y resinas.

Figura 15. **Proceso de secado por filtración selectiva**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Paint.

Secado de tintas líquidas se hace por absorción en el caso de las cajas de cartón y evaporación, se da a una temperatura más baja en productos no absorbentes.

- La viscosidad en la tinta debido, principalmente, a la evaporación del solvente cambia constantemente y estos cambios son controlados por medio de:
 - Manual: se hace a través de medidas utilizando una copa de flujo y compensadas con aumentos también manuales de solvente que ocasionan unas subidas y bajadas de viscosidad en la tinta, tan pronunciadas, que inhabilitan al operador a producir un trabajo de calidad y consistencia.
 - Viscosímetro, aparato para medir la viscosidad y parámetros de flujo de un fluido en este caso la tinta.

Para el análisis de muestra se toman los datos proporcionados por la Gerencia con base en un mes de trabajo.

En cada uno de los casos se utilizan hojas de registro de los procesos. A continuación, se presenta cada una.

Tabla XX. **Toma de datos de temperatura y viscosidad impresora con bomba de enfriamiento automático**

| TINTAS | | | | | | |
|--------|-------|-----------|---------|----------|------------|--------|
| Pedido | Tipo | Proveedor | Código. | Color | Viscosidad | Secado |
| 107486 | NITRO | SUN | 134-105 | BLANCO | 24 | 7 |
| | NITRO | SUN | 134-105 | AMARILLO | 21 | 18 |
| | NITRO | SUN | 134-105 | VERDE | 24 | 14 |
| | NITRO | SUN | 134-105 | ROJO | 28 | 19 |

| Temperatura | | | | |
|-------------|----------|---------|----------|---------|
| Digital | Mercurio | | Ambiente | Humedad |
| | | Máquina | | |
| | 23 | 22 | 27 | 50 |
| | 24 | 23 | 27 | 50 |
| | 24 | 24 | 27 | 50 |
| | 24 | 22 | 27 | 50 |

| Maquina | | | | | | |
|----------|-----------|-------------------|--------|--------|-------|--------|
| Tipo | Velocidad | Diámetro de manga | Anilox | Diseño | | |
| Solvente | | | | Fondo | Trama | Mezcla |
| 80-20 | 240 | 585 | 360 | | | |
| 80-20 | 240 | 585 | 500 | | | |
| 80-20 | 240 | 585 | 500 | | | |
| 80-20 | 240 | 585 | 500 | | | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Toma de datos de temperatura y viscosidad impresora sin bomba de enfriamiento automático**

| Tintas | | | | | |
|--------|-----------|---------|----------|------------|--------|
| Tipo | Proveedor | Código. | Color | Viscosidad | Secado |
| Lam | Sun | Delta | Azul | 25 | 20 |
| Lam | Sun | Delta | Rojo | 25 | 22 |
| Lam | Siegwerk | | Blanco | 21 | 8 |
| Lam | Siegwerk | | Amarillo | 26 | 13 |
| Lam | Siegwerk | | Negro | 20 | 14 |

| Temperatura | | | |
|-------------|----------|----------|---------|
| Digital | Mercurio | Ambiente | Humedad |
| 31 | 28 | 34 | 32 |
| 30 | 26 | 34 | 32 |
| 31 | 30 | 34 | 32 |
| 33 | 32 | 34 | 32 |
| 32 | 28 | 34 | 32 |

| Maquina | | | | | | |
|----------|-----------|-------------------|--------|--------|-------|--------|
| Tipo | Velocidad | Diámetro de manga | Anilox | Diseño | | |
| Solvente | | | | Fondo | Trama | Mezcla |
| 80-20 | 200 | 510 | 500 | | | |
| 80-20 | 200 | 510 | 500 | | | |
| 80-20 | 200 | 510 | 3000 | | | |
| 80-20 | 200 | 510 | 1000 | | | |
| 80-20 | 200 | 510 | 900 | | | |

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Promedio de datos registrados del proceso de impresión

En el proceso de impresión se realiza un estudio de tiempos para determinar el tiempo estándar de la operación, a continuación, se describe.

El estudio de tiempos es una técnica que permite determinar el tiempo para realizar una tarea con la mayor exactitud posible, partiendo de un número determinado de observaciones

Al realizar el estudio de tiempos se podrán establecer los tiempos estándares para mejorar los procesos de producción.

- Estudio cronometrado de tiempos: básicamente para realizar el estudio de tiempos se usaron métodos de lectura vuelta a cero en el caso de actividades con operaciones prolongadas y continuas cuando las operaciones tenían ciclos cortos. En los tiempos estándar se indica la forma como se manejó el número de observaciones usadas.
- Para determinar los tiempos estándares de cada una de las operaciones de los procesos en la empresa se siguieron estos pasos:
 - Se observaron las operaciones tipificándose con un nombre.
 - Se selección al operador, tomando en cuenta sus años de experiencia en la realización de la tarea, facilidad al realizar la tarea, para ello se utilizó un operario medio, calificando como un 100 %.

- Elementos para el estudio de tiempos: para ello, el analista debe iniciar por seleccionar la operación, ¿qué operación se va a medir?, para lo cual se deben de tomar los siguientes criterios:
 - El orden de las operaciones según se presentan en el proceso.
 - La posibilidad de ahorro que representa la operación.
 - Costo anual de operación.

- Estudio de tiempo cronometrado

El estudio de tiempo es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar una tarea determina.

Un estudio de tiempos cronometrado se lleva a cabo cuando:

- Se va a realizar una tarea nueva.
- Se presentan quejas de los trabajadores.
- Se encuentran demoras.
- Se desea fijar tiempos estándar.
- Se encuentran bajos rendimientos.

Los pasos para la realización del estudio de tiempo son:

- Preparación.
 - Selección de la operación.
 - Selección del trabajador.
 - Se realiza un análisis del método de trabajo.

- Ejecución.
 - Se obtiene y se registra la información.
 - Se separan las tareas en elementos.
 - Se cronometra.
 - Se calcula el tiempo observado.

- Valoración.
 - Valor del ritmo de trabajo.
 - Se calcula el tiempo base.

- Suplementos.
 - Análisis de demoras.
 - Estudio de fatiga.
 - Cálculo de suplementos y tolerancias.

- Tiempo estándar.
 - Error de tiempo estándar.
 - Cálculo de frecuencia de los elementos.

- Tiempo observado.

Se define como la medida de tiempo que registra el analista de tiempos al momento de efectuar el estudio de la operación.

- Tiempo normal

Es el tiempo requerido por el operario normal o estándar para realizar la operación cuando trabaja con velocidad estándar, sin ninguna demora por razones personales o circunstancias inevitables

- Tiempo estándar

Cálculo del tiempo estándar: para determinar el tiempo estándar se utiliza la siguiente fórmula:

$$T_s = T_n (1 + \% \text{ concesiones})$$

T_s = tiempo estándar

T_n = tiempo normal = tiempo cronometrado (T_c) multiplicado por el porcentaje de calificación del operario. Si la calificación del operario es 100 % entonces el T_c es igual al tiempo normal.

A continuación, se describen los tiempos tomados para el proceso de impresión

Tabla XXII. **Tiempo de operación**

| Ciclos (minutos) | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Total | Promedio |
| 15,02 | 14,6 | 15,25 | 14,2 | 14,55 | 14,25 | 14,45 | 15,36 | 14,01 | 16,30 | 147,99 | 14,8 |

Fuente: elaboración propia. Microsoft Excel 2010.

La operación tiene un promedio de 14,8 minutos, para lo cual se realiza un análisis de observaciones necesarias para la evaluación del proceso. El número de observaciones se establece por medio de la tabla *Westinghouse*.

Tabla XXIII. **Tabla Westinghouse**

| Cuando el tiempo por pieza o ciclo es: (horas) | Número mínimo de ciclos a estudiar | | |
|--|------------------------------------|----------------|-------------|
| | Actividades más de 10 000 por año | 1 000 a 10 000 | Menos 1 000 |
| 1,000 | 5 | 3 | 2 |
| 0,800 | 6 | 3 | 2 |
| 0,500 | 8 | 4 | 3 |
| 0,300 | 10 | 5 | 4 |
| 0,200 | 12 | 6 | 5 |
| 0,120 | 15 | 8 | 6 |
| 0,080 | 20 | 10 | 8 |
| 0,050 | 25 | 12 | 10 |
| 0,035 | 30 | 15 | 12 |
| 0,020 | 40 | 20 | 15 |
| 0,012 | 50 | 25 | 20 |
| 0,008 | 60 | 30 | 25 |
| 0,005 | 80 | 40 | 30 |
| 0,003 | 100 | 50 | 40 |
| 0,002 | 120 | 50 | 50 |
| Menos de 0,002 horas | 120 | 80 | 60 |

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto, *Medición del trabajo*. p 32.

Figura 16. **Calificación por nivelación Sistema Westinghouse**

| Destreza o habilidad | | | Esfuerzo o desempeño | | |
|----------------------|----|------------|----------------------|----|------------|
| +0,15 | A1 | Extrema | +0,13 | A1 | Excesivo |
| +0,13 | A2 | Extrema | +0,12 | A2 | Excesivo |
| +0,11 | B1 | Excelente | +0,10 | B1 | Excelente |
| +0,08 | B2 | Excelente | +0,08 | B2 | Excelente |
| +0,06 | C1 | Buena | +0,05 | C1 | Buena |
| +0,03 | C2 | Buena | +0,02 | C2 | Buena |
| 0,00 | D | Regular | 0,00 | D | Regular |
| -0,05 | E1 | Aceptable | -0,04 | E1 | Aceptable |
| -0,10 | E2 | Aceptable | -0,08 | E2 | Aceptable |
| -0,16 | F1 | Deficiente | -0,12 | F1 | Deficiente |
| -0,22 | F2 | Deficiente | -0,17 | F2 | Deficiente |

| Consistencia | | | Condiciones | | |
|--------------|---|------------|-------------|---|------------|
| +0,04 | A | Extrema | +0,06 | A | Ideales |
| +0,03 | B | Extrema | +0,04 | B | Excelente |
| +0,01 | C | Excelente | +0,02 | C | Buenas |
| 0,00 | D | Excelente | 0,00 | D | Regulares |
| -0,02 | E | Aceptable | -0,03 | E | Aceptable |
| -0,04 | F | Deficiente | -0,07 | F | Deficiente |

Fuente: GARCÍA CRIOLLO,Roberto, *Medición del trabajo*. p 33.

Con los datos anteriores se obtiene el número de observaciones en la tabla Westinghouse, porque el número de observaciones es igual a 6.

Tabla XXIV. **Tiempo de operación en base al método Westinghouse**

| Ciclos (minutos) | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|--------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Total | Promedio |
| 15.09 | 14.70 | 14,78 | 14,2 | 15,55 | 14,25 | 14,49 | 15,3 | 14,01 | 15,3 | 147,67 | 14,77 |

Fuente: elaboración propia. Microsoft Excel 2010.

- Tiempo estándar de la operación: para determinarlo se toma un promedio de 14,8 minutos, usando un 18 % de concesiones y calificación del operario 100 %.

Tabla XXV. **Tolerancias o concesiones para determinar tiempos estándares**

| | |
|----------------------|----|
| Destreza o habilidad | 6 |
| Esfuerzo o desempeño | 5 |
| Condiciones | 4 |
| Consistencia | 3 |
| | 18 |

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo del tiempo estándar: para calcularlo se utiliza la siguiente fórmula:

$$T_s = T_n (1 + \% \text{ concesiones})$$

T_s = tiempo estándar

T_n = tiempo normal = tiempo cronometrado (T_c) multiplicado por el porcentaje de calificación del operario. Si la calificación del operario es 100 % entonces el T_c es igual al tiempo normal.

$T_s = 14,8 (1 + 0,18) = 17,5$ minutos, es la tiempo estándar que se de utilizar para la operación.

3.1.3. **Desviación de datos analizados de la relación temperatura y viscosidad**

Se describe el análisis de datos de la relación de temperatura y viscosidad en ambas máquinas.

- Impresora sin bomba de enfriamiento

Tabla XXVI. **Temperatura termómetro de mercurio vs. viscosidad impresora sin bomba de enfriamiento**

| Pedido | Color | Viscosidad | Temperatura t. Mercurio |
|---------------------|----------|--------------|-------------------------|
| 107486 | Blanco | 24 | 23 |
| | Amarillo | 21 | 24 |
| | Verde | 24 | 24 |
| | Rojo | 28 | 24 |
| 107486 | Blanco | 24 | 23 |
| | Amarillo | 21 | 26 |
| | Verde | 26 | 25 |
| | Rojo | 27 | 24 |
| 107609 | Amarillo | 27 | 25 |
| | Amarillo | 23 | 25 |
| | Cyan | 23 | 23 |
| | Negro | 21 | 24 |
| | Magenta | 22 | 21 |
| | Negro | 21 | 28 |
| | Café | 24 | 28 |
| | Naranja | 20 | 26 |
| 108451 | Cyan | 24 | 26 |
| | Azul | 20 | 25 |
| | Amarillo | 20 | 26 |
| | Azul | 22 | 25 |
| | Rojo | 20 | 24 |
| | Oro | 25 | 25 |
| | Blanco | 20 | 30 |
| Promedio | | 22.91 | 24.96 |
| Desviación estándar | | 2.50 | 1.92 |

Temperatura ambiente promedio 28° grados Celsius.

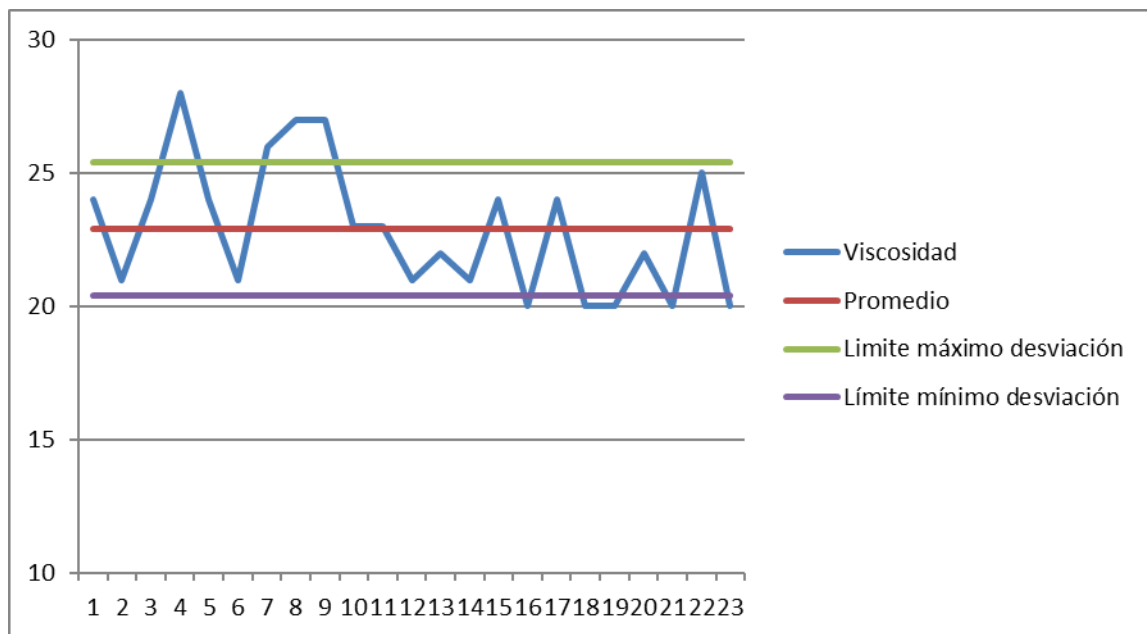
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. Datos para gráfica de desviación estándar en viscosidad

| Promedio | Desviación | Límite máximo desviación | Límite mínimo desviación |
|----------|------------|--------------------------|--------------------------|
| 22,91 | 2,50 | 25,42 | 20,41 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Desviación estándar viscosidad impresora sin bomba de enfriamiento



Fuente: elaboración propia.

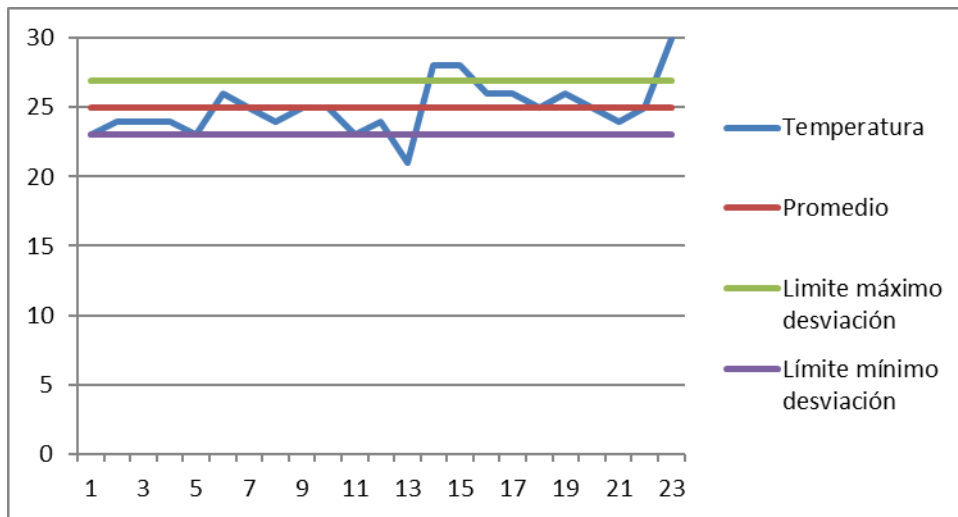
Como se puede analizar existe una variación muy amplia de la viscosidad, dado que los límites están fuera de control, porque no se cuenta con una bomba de enfriamiento automático que regule la temperatura.

Tabla XXVIII. Datos para gráfica de desviación estándar temperatura

| Promedio | Desviación | Límite máximo desviación | Límite mínimo desviación |
|----------|------------|--------------------------|--------------------------|
| 24,96 | 1,92 | 26,88 | 23,04 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Desviación estándar temperatura impresora sin bomba de enfriamiento**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar no se cuenta con un control en la temperatura, la variación es constante a la falta de una bomba automática.

Tabla XXIX. **Temperatura de tinta en máquina vs. viscosidad impresora sin bomba**

| Pedido | Color | Viscosidad (") | Temperatura t. |
|------------|----------|--------------------|--------------------|
| | | | Máquina |
| 107486 | blanco | 24 | 22 |
| | Amarillo | 21 | 23 |
| | Verde | 24 | 24 |
| | Rojo | 28 | 22 |
| 107486 | Blanco | 24 | 24 |
| | Amarillo | 21 | 27 |
| | Verde | 26 | 26 |
| | Rojo | 27 | 25 |
| 107609 | Amarillo | 27 | 24 |
| | Amarillo | 23 | 23 |
| | Cyan | 23 | 21 |
| | Negro | 21 | 22 |
| | Magenta | 22 | 19 |
| | Negro | 21 | 25 |
| | Café | 24 | 25 |
| 108451 | Naranja | 20 | 24 |
| | Cyan | 24 | 24 |
| | Azul | 20 | 23 |
| | Amarillo | 20 | 24 |
| | Azul | 22 | 23 |
| | Rojo | 20 | 22 |
| | Oro | 25 | 22 |
| | Blanco | 20 | 28 |
| Promedio | | 22.91304348 | 23.56521739 |
| Desviación | | 2.45 | 1.93 |

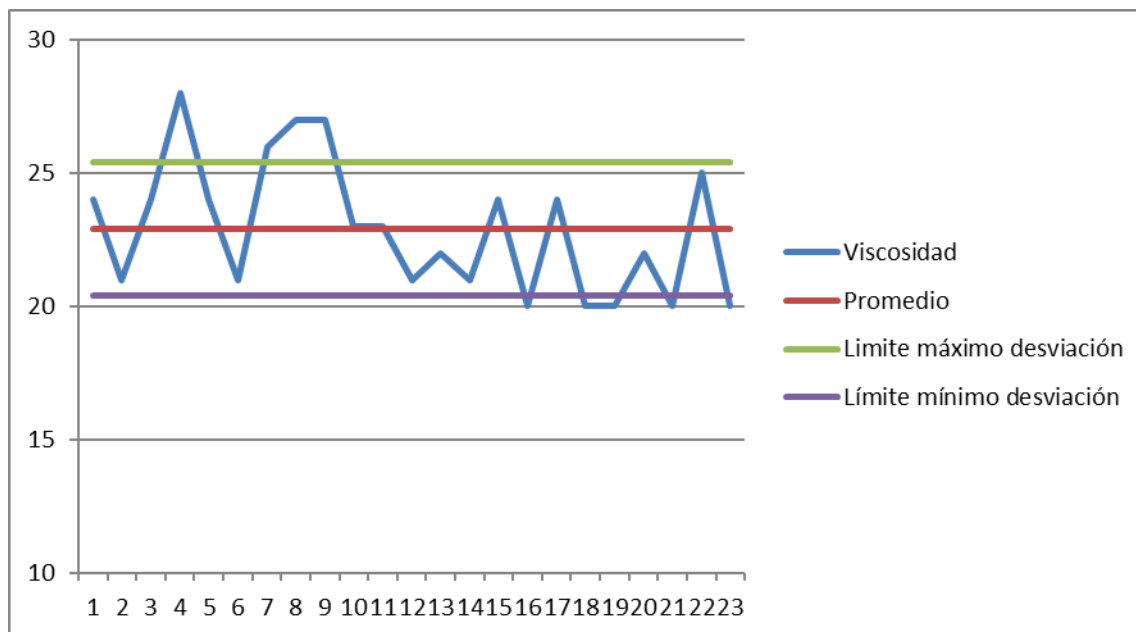
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Datos para gráfica de desviación estándar en viscosidad**

| Promedio | Desviación | Límite máximo desviación | Límite mínimo desviación |
|----------|------------|--------------------------|--------------------------|
| 22,91 | 2,50 | 25,42 | 20,41 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Desviación estándar viscosidad impresora sin bomba de enfriamiento**



Fuente: elaboración propia.

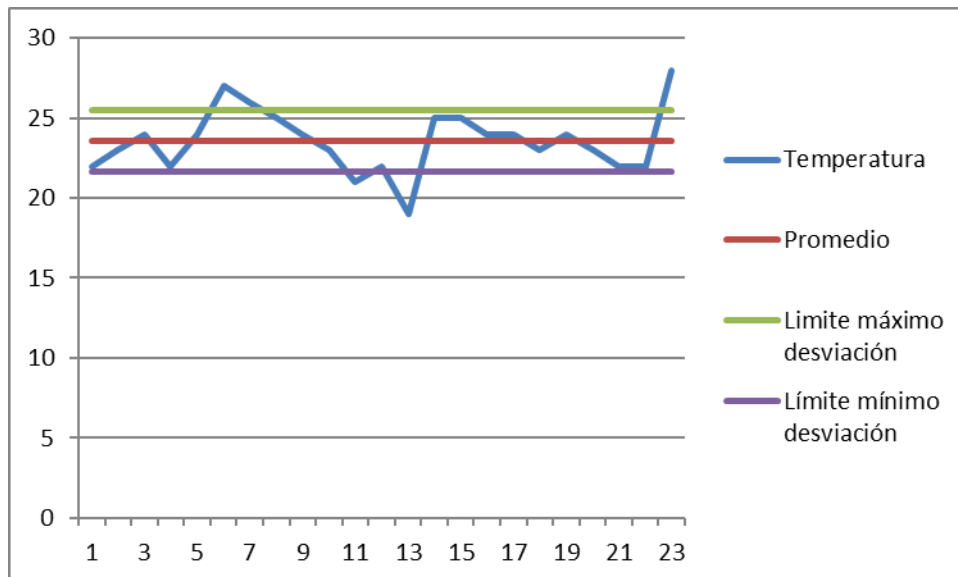
Como se puede analizar el existe mucha variación de la viscosidad, dado que los límites están fuera de control, esto puede ser porque no se cuenta con una bomba de enfriamiento automático que regule la temperatura.

Tabla XXXI. **Datos para gráfica de desviación estándar temperatura de tinta en la máquina**

| Promedio | Desviación | Límite máximo desviación | Límite mínimo desviación |
|----------|------------|--------------------------|--------------------------|
| 23.57 | 1.93 | 25,50 | 21,64 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Desviación estándar temperatura de tinta en la máquina sin bomba de enfriamiento**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar no se cuenta con un control en la temperatura, la variación es constante a la falta de una bomba automática.

Tabla XXXII. **Temperatura termómetro de mercurio vs. viscosidad impresora con bomba de enfriamiento**

| Pedido | Color | Viscosidad | Temperatura t. Mercurio |
|---------------------|--------------|-------------------|--------------------------------|
| 107310 | Azul | 22 | 28 |
| | Rojo | 21 | 26 |
| | Blanco | 24 | 30 |
| | Amarillo | 24 | 32 |
| | Negro | 24 | 28 |
| | Magenta | 24 | 30 |
| | Cyan | 24 | 30 |
| 107761 | Amarillo | 22 | 31 |
| | Cyan | 22 | 31 |
| | Magenta | 24 | 30 |
| | Negro | 21 | 29 |
| | Naranja | 23 | 28 |
| | Rojo | 23 | 31 |
| | Café | 23 | 31 |
| 107742 | Amarillo | 23 | 33 |
| | Cyan | 24 | 32 |
| | Magenta | 23 | 32 |
| | Negro | 22 | 33 |
| | Celeste | 24 | 32 |
| | Azul | 22 | 31 |
| | Blanco | 22 | 31 |
| 108058 | Amarillo | 23 | 32 |
| | Cyan | 23 | 32 |
| | Naranja | 23 | 32 |
| | Negro | 22 | 30 |
| | Corinto | 22 | 32 |
| | Rojo | 23 | 32 |
| | Blanco | 24 | 32 |
| Promedio | | 22.8928571 | 30.75 |
| Desviación estándar | | 0.95604454 | 1.691481928 |

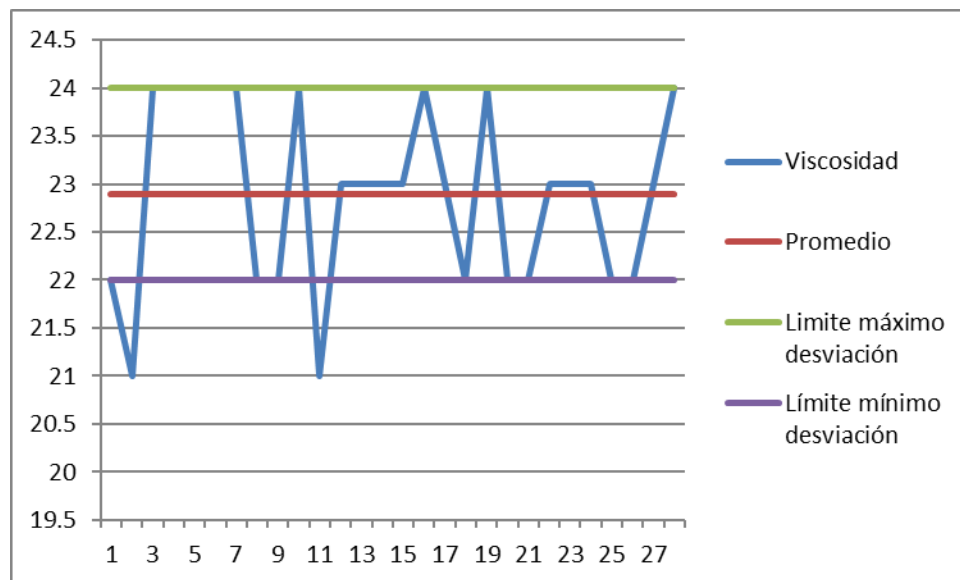
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. Datos para gráfica de desviación estándar en viscosidad

| Promedio | Desviación | Límite máximo desviación | Límite mínimo desviación |
|----------|------------|--------------------------|--------------------------|
| 22,89 | 0,96 | 24 | 22 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Desviación estándar viscosidad impresora con bomba de enfriamiento



Al contar con una bomba de enfriamiento el parámetro de la viscosidad se mantiene estable.

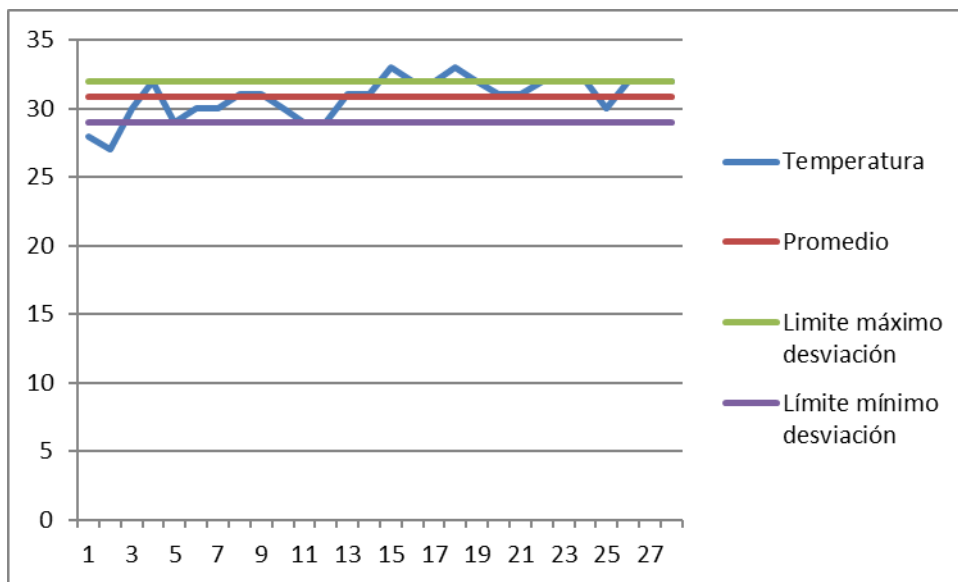
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Datos para gráfica de desviación estándar temperatura impresora con bomba de enfriamiento**

| Promedio | Desviación | Límite máximo desviación | Límite mínimo desviación |
|----------|------------|--------------------------|--------------------------|
| 30,75 | 1.69 | 31,70 | 29,79 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Desviación estándar temperatura impresora con bomba de enfriamiento**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar la temperatura es constante en el proceso.

3.2. Tipos de gráfico de control

Los gráficos de control sirven para analizar el comportamiento de los procesos y prever posibles fallos de producción mediante método estadísticos. Estos se utilizan en la mayoría de los procesos industriales con variables continuas.

Existen dos tipos de gráficos:

- Gráfico de control por variables: Para este tipo de gráficos se hace uso de estadísticas que se obtienen a partir de datos del proceso como lo son espesor, longitud, temperatura, viscosidad, etc. En este caso las variables serán la temperatura y la viscosidad.

Para este tipo de datos se puede utilizar los gráficos X-S, X-R.

- Procedimiento para elaboración de gráfico X S
 - Establecer qué se desea conseguir con del control estadístico del proceso.
 - Identificar la característica por controlar. Es necesario determinar qué característica o atributo del producto/servicio o proceso se controlará para satisfacer las necesidades de información establecidas en el paso anterior.
 - Determinar el tipo de gráfico de control conveniente, conjugando aspectos como:
 - Tipo de información requerida.
 - Características del proceso.
 - Recursos humanos y materiales disponibles, etc.
 - Características del producto.

- Nivel de frecuencia de las unidades no conformes o disconformidades.
- Elaborar el Plan de muestreo el tamaño de muestra n será mayor o igual que 5. La frecuencia de muestreo será tal que recoja los cambios en el proceso entre las muestras debidos a causas internas y, al mismo tiempo, permita detectar la aparición de causas externas. Las muestras deben recogerse con la frecuencia, y en los tiempos oportunos para que puedan reflejar dichas oportunidades de cambio (Por ejemplo: frecuencias horarios, diarias, por turno, por lote de material, etc.). El número de muestras “n” deben satisfacer dos criterios, el primero que se recogerán muestras suficientes para cerciorarse de que las causas internas de variación tienen oportunidad para manifestarse, y proporcionar una prueba satisfactoria de la estabilidad del proceso. A partir de un mínimo de 100 mediciones individuales, se obtiene esta garantía (25 muestras con n= 4 ó 20 muestras con n= 5).

Calcular el Límite de Control Superior (LCS) y el Límite de Control Inferior (LCI).

$$LCI: X + A_3 S$$

$$LCS = X - A_3 S$$

- El valor A_3 se obtiene de la tabla de constantes.
Para el gráfico “S”
Calcular el Límite de Control Superior (LCS) y el Límite de Control Inferior (LCI).
 $LCI = B_4 S$
 $LCS = B_4 S$

- Procedimiento para elaboración de gráfico $X-R$
 - Se eligen las variables, tiene que ser un proceso que se pueda medir y adaptar con números.
 - Se llenan los datos con títulos y datos que se desean mostrar en la gráfica.
 - Se registran las variables en subgrupos.
 - Se calcula el rango de cada subgrupo (rango mayor- rango menor).
 - Se calcula el promedio de todos los promedios.

- Gráfico de control por atributos: este tipo de gráfico se utiliza cuando se tienen variables cualitativas, son características del proceso que no son cuantificables numéricamente, por ejemplo, unidades defectuosas de producto en el proceso.

3.2.1. Variable de control en el proceso de impresión

Para el análisis del control en el proceso de impresión se procedió a tomar diez muestras de cinco observaciones cada una, a continuación, se presenta el análisis del gráfico de medias y rangos, las medias y rangos son de la medición de la viscosidad en la impresora sin bomba de enfriamiento.

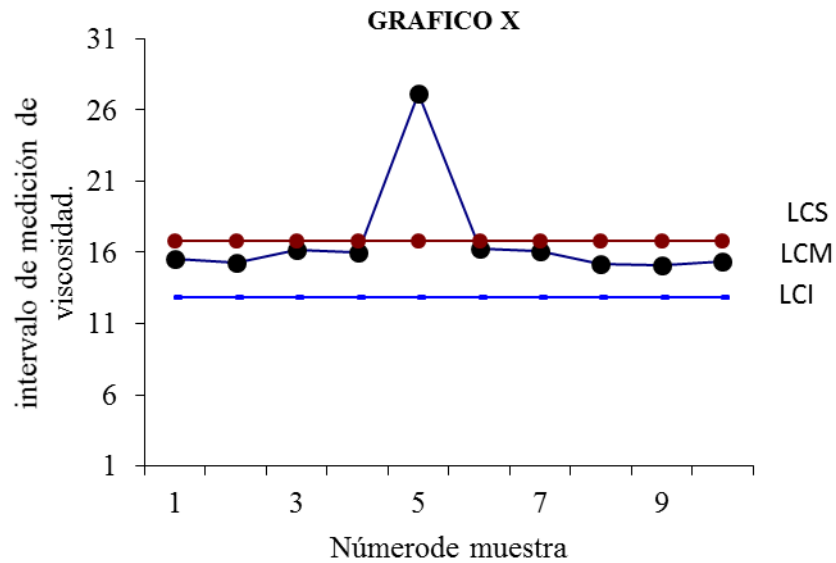
Tabla XXXV. Datos para el análisis del proceso de impresión

| Tamaño de la Muestra = | 5 | | | | | \bar{X} | R | | | |
|------------------------|---------------|------|------|------|------|-----------|--------|--------|-------|--|
| | Observaciones | | | | | 17,1140 | 6,9500 | | | |
| I | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Media | Máximo | Mínimo | Rango | |
| 1 | 15,4 | 16,1 | 15,1 | 15,9 | 16,9 | 16 | 17 | 15 | 2 | |
| 2 | 15,5 | 16,3 | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 16 | 16 | 15 | 1 | |
| 3 | 15,6 | 16,1 | 16,2 | 16,9 | 17,4 | 16 | 17 | 16 | 2 | |
| 4 | 15,5 | 15,1 | 16,4 | 16,8 | 17,5 | 16 | 18 | 15 | 2 | |
| 5 | 15,1 | 16,9 | 16,7 | 71,1 | 17,2 | 27 | 71 | 15 | 56 | |
| 6 | 15,2 | 17,2 | 17,1 | 17,3 | 16,2 | 17 | 17 | 15 | 2 | |
| 7 | 15,6 | 15,8 | 16,2 | 17,4 | 16,8 | 16 | 17 | 16 | 2 | |
| 8 | 15,4 | 15,3 | 16,3 | 15,1 | 15,4 | 16 | 16 | 15 | 1 | |
| 9 | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 15 | 15 | 15 | 0 | |
| 10 | 15,4 | 16,9 | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 16 | 17 | 15 | 2 | |

| A2 | | | D4 | | D3 |
|--------|--------|--------|--------|-------|----|
| 0,577 | | | 2,114 | | 0 |
| LSC | LC | LIC | LSCR | LICR | |
| 21,124 | 17,114 | 13,104 | 14,692 | 0,000 | |
| 21,124 | 17,114 | 13,104 | 14,692 | 0,000 | |
| 21,124 | 17,114 | 13,104 | 14,692 | 0,000 | |
| 21,124 | 17,114 | 13,104 | 14,692 | 0,000 | |
| 21,124 | 17,114 | 13,104 | 14,692 | 0,000 | |
| 21,124 | 17,114 | 13,104 | 14,692 | 0,000 | |
| 21,124 | 17,114 | 13,104 | 14,692 | 0,000 | |
| 21,124 | 17,114 | 13,104 | 14,692 | 0,000 | |
| 21,124 | 17,114 | 13,104 | 14,692 | 0,000 | |
| 21,124 | 17,114 | 13,104 | 14,692 | 0,000 | |

Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Gráfico X-R proceso de medición de viscosidad**



Fuente: elaboración propia.

Como se observa el proceso de medición está bajo control. El punto 5 es un descuido en la operación al no medir la viscosidad en el rango adecuado, los operadores actualmente miden la viscosidad cuando el proceso empieza a mostrar variación en la tonalidad, aún no miden en un rango específico de tiempo. Estos datos se sacaron del formato de control de proceso de impresión donde se anota la hora de medición y se sacó el tiempo total de cada intervalo de medición. Se realizó este gráfico debido a que las mediciones la hacen diferentes operadores en los dos a turnos por lo cual se formaron subgrupos

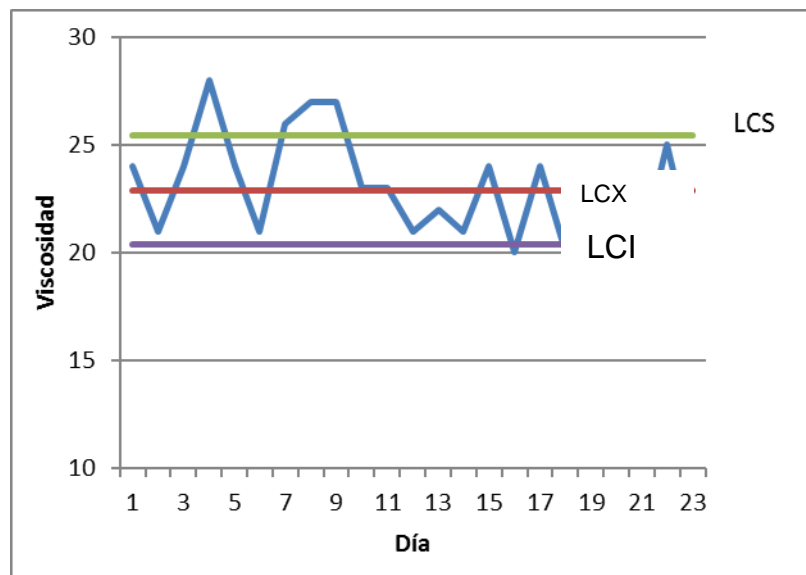
La diferencia entre una gráfica X-R y una gráfica X-S, es que en la primera se calcula subgrupos o rangos para calcular los límites del gráfico de control, el gráfico X-S se utilizan los valores de forma individual para calcular la media y la desviación para ver la variación del dato central.

3.2.2. Límite de control de temperatura según variación tonalidad de tinta

Cálculo del Límite de Control Superior (LCS) y el Límite de Control Inferior (LCI).

$$LCI: X + A_3S = 31,03 + (0,606 * 1,48) = 31,92$$
$$LCS = X - A_3S = 31,03 - (0,606 * 1,48) = 30,13$$

Figura 24. Gráfico X-S temperatura impresora sin bomba de enfriamiento



Fuente: elaboración propia.

La variación en la tonalidad de la tinta es un movimiento no controlado de la viscosidad, si las viscosidades aumentan y disminuyen constantemente, la tonalidad de la tinta en la impresión se torna opaca (viscosidad baja) o más intensa (viscosidad alta).

Por ese motivo, se presentó el gráfico X-S de la impresora sin bomba de enfriamiento que muestra picos de aumento de viscosidad, lo cual demuestra que esas producciones llevan una tonalidad arriba del estándar.

3.3. Clasificación de viscosidad según tonalidades requeridas por el cliente

Existen diferentes tonalidades en el proceso de impresión flexografica según los requerimientos del cliente. Los colores de las tintas utilizadas en el proceso de impresión son azul, rojo, blanco, amarillo, negro, magenta, cyan, naranja, café, verde.

Tabla XXXVI. **Tonalidad y viscosidad**

| Pedido | Color | Viscosidad |
|--------|----------|------------|
| 107310 | Azul | 22 |
| | Rojo | 22 |
| | Blanco | 24 |
| | Amarillo | 24 |
| | Negro | 24 |
| | Magenta | 24 |
| | Cyan | 24 |
| 107761 | Amarillo | 22 |
| | Cyan | 22 |
| | Magenta | 24 |
| | Negro | 22 |
| | Naranja | 23 |
| | Rojo | 23 |
| | Café | 23 |
| 107742 | Amarillo | 23 |
| | Cyan | 24 |

Continuación de tabla XXXVI

| | | |
|--|---------|----|
| | Magenta | 23 |
| | Negro | 22 |
| | Celeste | 24 |
| | Azul | 22 |
| | Blanco | 22 |

Fuente: elaboración propia.

Los productos realizados en el área de impresión están formados por la cuatricomía o colores proceso (cyan, amarillo, magenta y negro). De estos colores se forman hasta más de mil colores distintos, por lo que son necesarios en cualquier impresión.

El rango de la viscosidad en estos, datos según datos obtenidos oscila en lo siguiente:

Tabla XXXVII. Rango de viscosidad

| Color | Rango |
|--------------|--------------|
| Amarillo | 20-24 |
| Negro | 20-24 |
| Cyan | 20-24 |
| Magenta | 20-24 |

Fuente: elaboración propia.

Los colores especiales, como café, celeste, purpura, purpura y naranja, tendrán una viscosidad distinta de acuerdo con el diseño de la plancha, ya que puede ser un área sólida(solo un color) o trama(combinación de varios colores en un mismo punto de la imagen)

4. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE RELACIÓN TEMPERATURA VISCOSIDAD

4.1. Hipótesis

En la pérdida de intensidad del color en la impresión de empaques flexibles, respecto a la dilución de tintas, la temperatura tiene un enfoque fundamental en el proceso porque afecta a la viscosidad que es inversamente proporcional a la temperatura y, por lo tanto, varía el color.

4.1.1. Aceptabilidad o rechazo de la hipótesis de relación de temperatura y viscosidad en impresión flexográfica

El análisis para comprobar la relación de la temperatura vs. viscosidad se realizará con la comparación de impresora con bomba de enfriamiento e impresora sin este sistema de regulación de temperatura

4.2. Parámetro de relación de temperatura viscosidad de impresora con bomba de enfriamiento

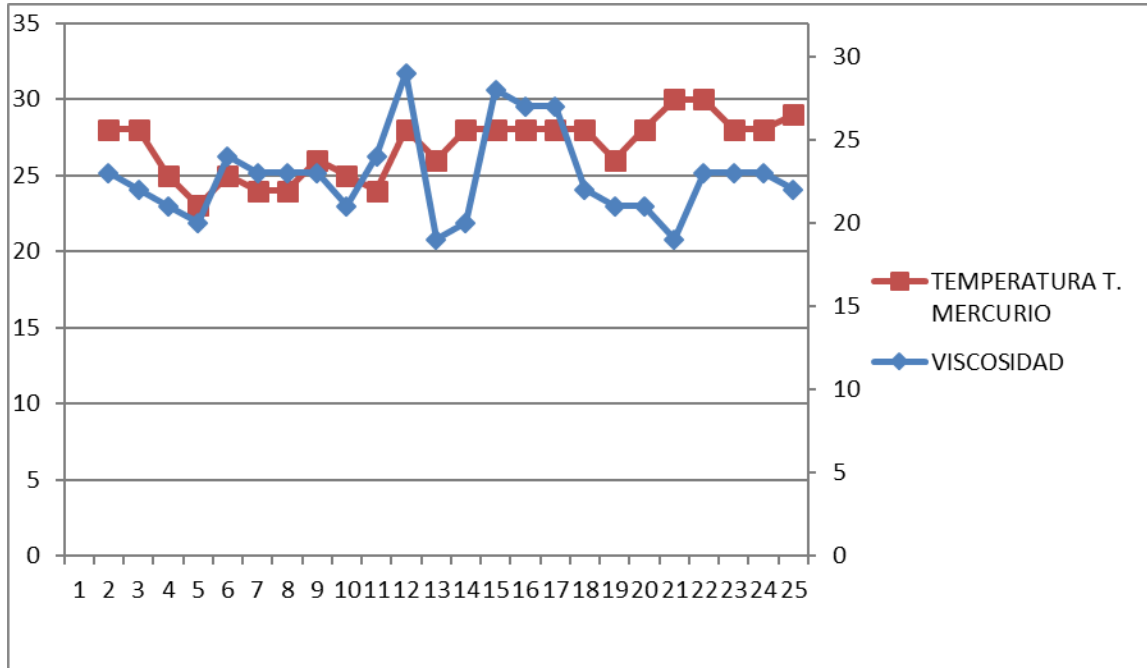
Para el análisis, se toman los datos del mes de noviembre para determinar la relación de temperatura-viscosidad utilizando una impresora con bomba de enfriamiento. Como se observa en la tabla y gráfica, la relación es constante dado que la bomba de enfriamiento regula la temperatura y, por ende, la viscosidad se mantiene estable.

Tabla XXXVIII. **Datos para relación de temperatura-viscosidad utilizando una impresora con bomba de enfriamiento**

| Pedido | Color | Viscosidad | Temperatura t. Mercurio |
|---------------|--------------|-------------------|--------------------------------|
| 107904 | Amarillo | 23 | 28 |
| | Cyan | 22 | 28 |
| | Magenta | 21 | 25 |
| | Negro | 20 | 23 |
| | Rojo | 24 | 25 |
| | Rojo | 23 | 24 |
| | Blanco | 23 | 24 |
| 107864 | Verde | 23 | 26 |
| | Verde | 21 | 25 |
| | Rojo | 24 | 24 |
| 108292 | Amarillo | 29 | 28 |
| | Magenta | 19 | 26 |
| | Negro | 20 | 28 |
| | Naranja | 28 | 28 |
| | Rojo | 27 | 28 |
| | Café | 27 | 28 |
| | Blanco | 22 | 28 |
| 108605 | Magenta | 21 | 26 |
| | Amarillo | 21 | 28 |
| | Cyan | 19 | 30 |
| | Verde | 23 | 30 |
| | Rojo | 23 | 28 |
| | Azul | 23 | 28 |
| | Blanco | 22 | 29 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Relación de temperatura-viscosidad utilizando una impresora con bomba de enfriamiento**



Fuente: elaboración propia.

4.3. **Parámetro de relación de temperatura viscosidad de impresora sin en bomba de enfriamiento**

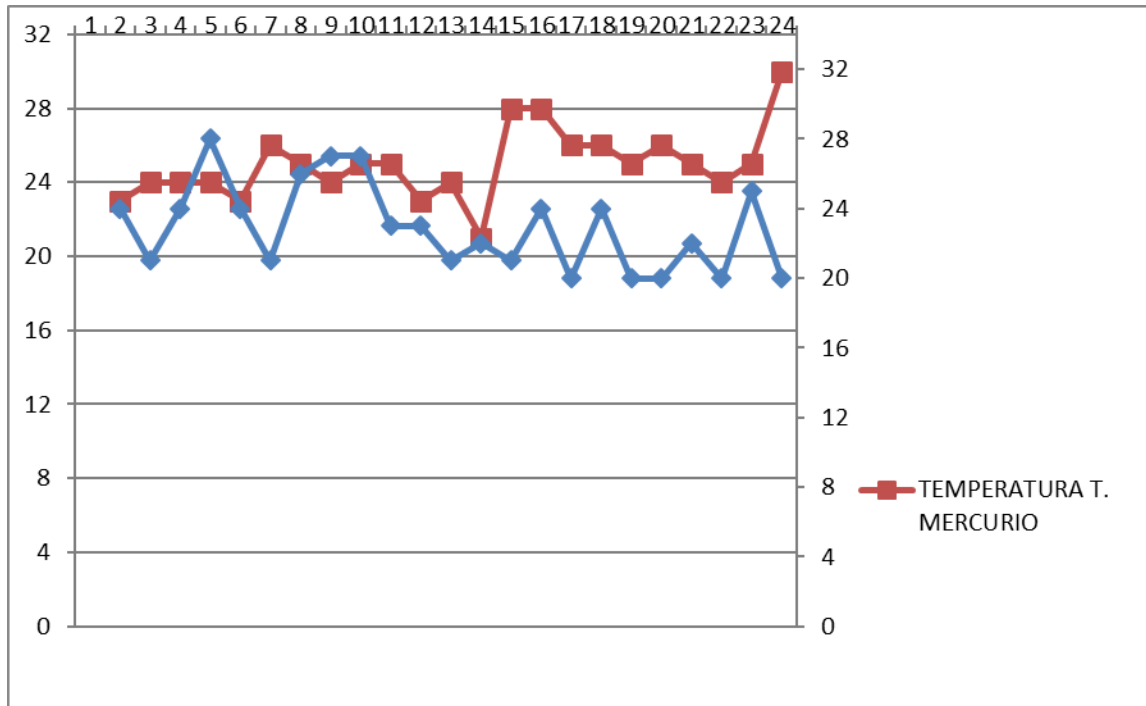
En parámetro de relación de viscosidad sin bomba de enfriamiento es notable, dado que no existe una regulación de la temperatura, que lleva a una desproporción del grado de viscosidad en la tinta, por ende, el proceso de impresión se puede ver afectado por defectos en el material.

Tabla XXXIX. Datos para relación de temperatura-viscosidad sin utilizar una impresora con bomba de enfriamiento

| Pedido | Color | Viscosidad | Temperatura t. Mercurio |
|---------------|--------------|-------------------|--------------------------------|
| 107486 | blanco | 24 | 23 |
| | Amarillo | 21 | 24 |
| | Verde | 24 | 24 |
| | Rojo | 28 | 24 |
| 107486 | Blanco | 24 | 23 |
| | Amarillo | 21 | 26 |
| | Verde | 26 | 25 |
| | Rojo | 27 | 24 |
| 107609 | Amarillo | 27 | 25 |
| | Amarillo | 23 | 25 |
| | Cyan | 23 | 23 |
| | Negro | 21 | 24 |
| | Magenta | 22 | 21 |
| | Negro | 21 | 28 |
| | Café | 24 | 28 |
| | Naranja | 20 | 26 |
| 108451 | Cyan | 24 | 26 |
| | Azul | 20 | 25 |
| | Amarillo | 20 | 26 |
| | Azul | 22 | 25 |
| | Rojo | 20 | 24 |
| | Oro | 25 | 25 |
| | Blanco | 20 | 30 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Relación de temperatura-viscosidad sin utilizar una impresora con bomba de enfriamiento**



Fuente: elaboración propia.

4.4. **Parámetro de tiempo para realizar mediciones de viscosidad en impresora sin bomba**

Para determinar el tiempo estándar se utiliza la siguiente fórmula:

$$T_s = T_n (1 + \% \text{ concesiones})$$

T_s = tiempo estándar

T_n = tiempo normal = tiempo cronometrado (T_c) multiplicado por el porcentaje de calificación del operario. Si la calificación del operario es 100 % entonces el T_c es igual al tiempo normal.

$T_s = 14,8 (1 + 0,18) = 17,5$ minutos, es la tiempo estándar que se de utilizar para la operación

La operación tiene un promedio de 17,5 minutos, para lo cual se realiza un análisis de observaciones necesarias para la evaluación del proceso. El número debe ser de diez ciclos por observación. Cada medición se debe hacer cada minuto y medio.

Tabla XL. **Tabla Westinghouse**

| Cuando el tiempo por pieza o ciclo es: (horas) | Número mínimo de ciclos a estudiar | | |
|--|------------------------------------|----------------|-------------|
| | Actividades más de 10 000 por año | 1 000 a 10 000 | Menos 1 000 |
| 1,000 | 5 | 3 | 2 |
| 0,800 | 6 | 3 | 2 |
| 0,500 | 8 | 4 | 3 |
| 0,300 | 10 | 5 | 4 |
| 0,200 | 12 | 6 | 5 |
| 0,120 | 15 | 8 | 6 |
| 0,080 | 20 | 10 | 8 |
| 0,050 | 25 | 12 | 10 |
| 0,035 | 30 | 15 | 12 |
| 0,020 | 40 | 20 | 15 |
| 0,012 | 50 | 25 | 20 |
| 0,008 | 60 | 30 | 25 |
| 0,005 | 80 | 40 | 30 |
| 0,003 | 100 | 50 | 40 |
| 0,002 | 120 | 50 | 50 |
| Menos de 0,002 horas | 120 | 80 | 60 |

Fuente: GARCÍA CRIOLLO Roberto, *Medición del trabajo*. p 32

4.5. Comparación de temperatura entre impresora con y sin bomba de enfriamiento

Se realiza una comparación de los parámetros de temperatura y viscosidad en el proceso de impresión.

Se realizó un gráfico X-S para observar el comportamiento de las variables respecto al dato promedio y la desviación del dato promedio. Esto se realizó con base en una lista de observaciones en distintas condiciones de temperatura ambiente para ambas impresoras.

4.5.1. Parámetro de temperatura de impresora con bomba de enfriamiento

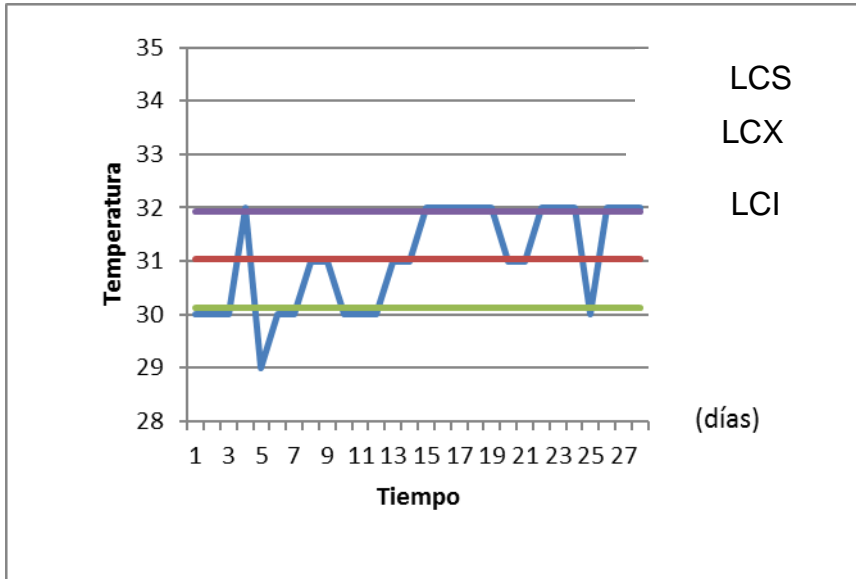
Se calcula el Límite de Control Superior (LCS) y el Límite de Control Inferior para la temperatura impresora con bomba de enfriamiento (LCI).

$$LCI: X + A3S = 31,03 + (0,606 * 1,48) = 31,92$$
$$LCS = X - A3S = 31,03 - (0,606 * 1,48) = 30,13$$

Una vez obtenidos los límites se elabora el gráfico de control.

Se obtiene un proceso estable cuando los datos se mantienen dentro de los límites de control. Si existen puntos fuera de los límites significa que algo externo está afectando el proceso y se deben identificar la causa raíz.

Figura 27. **Gráfico X-S temperatura impresora con bomba de enfriamiento**



Fuente: elaboración propia.

La temperatura se mantiene estable entre 30 a 32 grados centígrados. Esto se debe a que es una de las temperaturas máximas que se obtiene en el proceso, tanto en la máquina como en la temperatura ambiente por lo que no hay mucha variación debido a que estas temperaturas se mantienen en el día, pero en el proceso significa que hay mayor evaporación de solvente y por lo tanto, las tintas, las tintas lo consumen más.

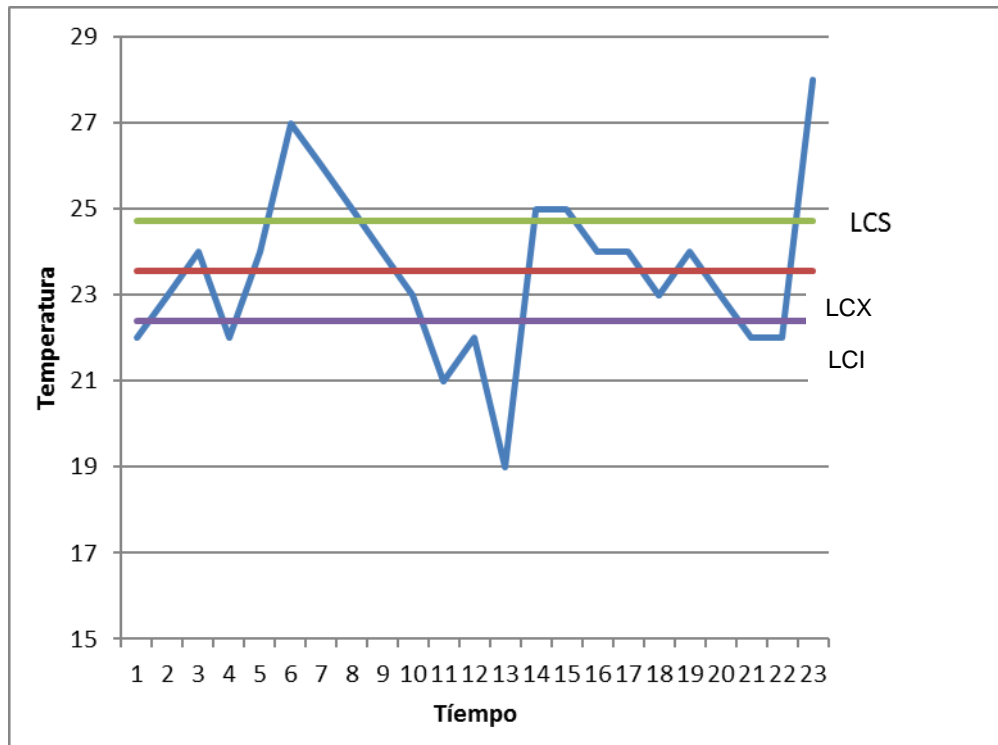
4.5.2. **Parámetro de temperatura de impresora sin bomba de enfriamiento**

Se calcula el Límite de Control Superior (LCS) y el Límite de Control Inferior para la temperatura impresora con bomba de enfriamiento

$$LCI: X + A3S = 23,56 + (0,606 * 1,93) = 24,73$$

$$LCS = X - A3S = 23,56 - (0,606 * 1,93) = 22,39$$

Figura 28. **Gráfico X-S temperatura impresora sin bomba de enfriamiento**



Fuente: elaboración propia.

Al carecer de una bomba de enfriamiento, el proceso no está bajo control. La temperatura promedio debería ser de $23,56^{\circ}$ C. y en la operación de solventar la tinta para disminuir la viscosidad no se realiza de manera uniforme. Esto se debe en que la impresora que no cuenta con bomba de enfriamiento, la temperatura puede llegar hasta los 19° C en parte de la noche y elevarse a hasta los 30° C a medio día. Por esos picos que se dan en el transcurso del día es más difícil mantener controlada la variable de viscosidad por lo que está también aumenta y disminuye considerablemente.

4.6. Comparación de eficiencia entre impresora con bomba de enfriamiento y sin bomba de enfriamiento

Los indicadores son una herramienta de carácter vital para cualquier tipo de industria. En el análisis de la producción se determinó que se realiza el proceso de impresión con máquinas con y sin bomba de enfriamiento.

Para determinar el desempeño se utilizan los siguientes parámetros. Se tomó el tiempo de preparación y operación de la impresora durante tres meses para comparar las mejoras al sistema propuesto, dado que, con una bomba de enfriamiento, se reduce el desperdicio, se mejora el ritmo de trabajo en la línea de producción, en este caso la eficiencia al final de la línea.

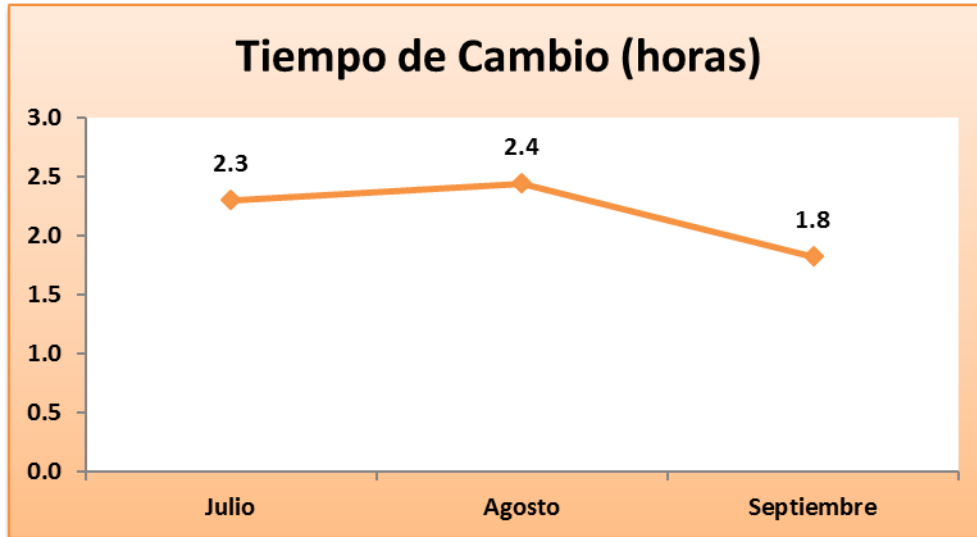
El objetivo de calcular la eficiencia al final de la línea es evitar el número de tiempos muertos con el cliente interno debido a problemas de calidad de la impresión flexográfica.

Tabla XLI. **Tiempo de cambio en impresora sin bomba de enfriamiento**

| Tiempo de Cambio | Minutos | Horas |
|-------------------------|----------------|--------------|
| Julio | 138 | 2.3 |
| Agosto | 146 | 2.4 |
| Septiembre | 109 | 1.8 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Tiempo de cambio**



Fuente: elaboración propia.

La impresora que no cuenta con una bomba de enfriamiento presenta tiempos mayores a la impresora que sí cuenta con una bomba de enfriamiento. Esto se debe que, al colocar las tintas en las ollas, estas se encuentran a temperatura ambiente y se deben solventar más para reducir su viscosidad, esto afecta, ya que el operador se tarda más en estabilizar la viscosidad en máquina.

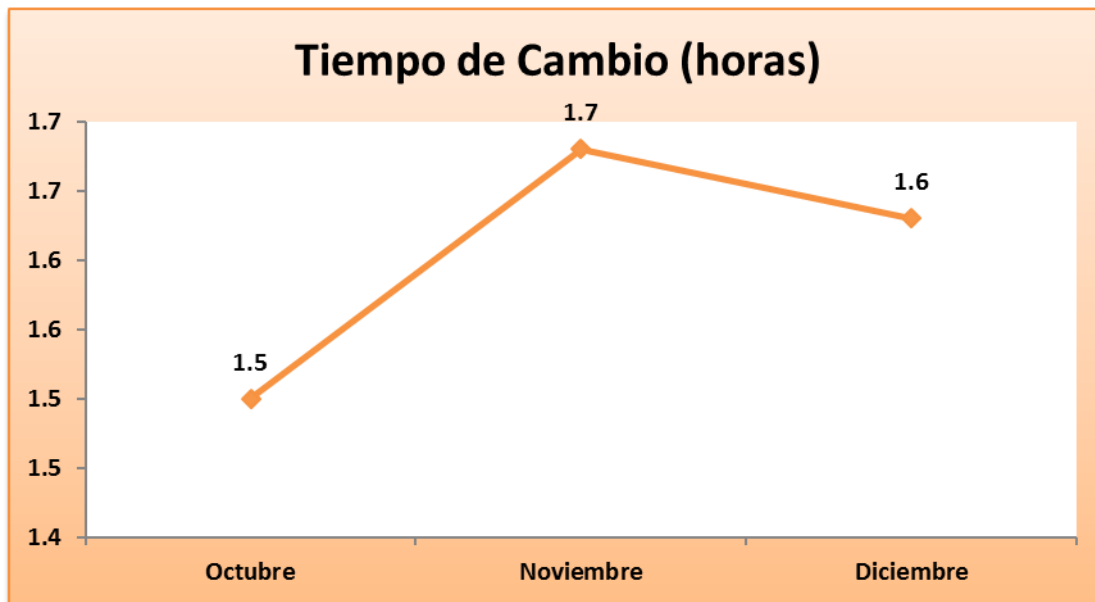
La aprobación de una producción finaliza el tiempo de cuadro entre pedido y pedido, al aprobar que los textos estén legibles, la impresión tenga el color del estándar en la cartilla de color, que la impresión no tenga manchas o trama mal impresa. La impresora que carece de una bomba de enfriamiento tiene la desventaja que solo puede modificar la viscosidad solventando la tinta y como no se tiene un parámetro de cantidad de solvente se toma bastante tiempo hasta mantenerla estable por prueba y error.

Tabla XLII. **Tiempo de cambio en impresora con bomba de enfriamiento**

| Tiempo de Cambio | Minutos | Horas |
|------------------|---------|-------|
| Octubre | 90 | 1.5 |
| Noviembre | 101 | 1.7 |
| Diciembre | 98 | 1.6 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Tiempo de cambio hora**



Fuente: elaboración propia.

La impresora que cuenta con un sistema de enfriamiento mantiene regulada la temperatura de las ollas donde se vierte la tinta. Cuando esta se coloca en la olla, quedan a temperaturas menor a 30 grados por lo que es más fácil que la viscosidad se regule sin solventar demasiado la tinta.

Como se mencionó, el tiempo de cambio o cuadro finaliza hasta que se la hace la aprobación del lienzo impreso. En el caso de la impresora que tiene una bomba de enfriamiento es más fácil regular la viscosidad ya que solo modifican de forma manual la temperatura de la bomba para aumentar o disminuir la viscosidad, sin necesidad de estar utilizando solvente.

4.7. Velocidad de impresora flexografica con y sin bomba de enfriamiento utilizando el parámetro de relación temperatura versus viscosidad

Utilizando el parámetro de relación temperatura se presentan los datos obtenidos para el proceso de impresión. Como se puede observar, se necesita tener parámetro para la impresión y utilizar bombas de enfriamiento en las máquinas, por lo que, a continuación, se comparan las unidades al final del flujo o ruta de producción a partir de las dos máquinas impresoras. Esto se debe a que las siguientes áreas de producción son nuestros clientes internos y detectan en su proceso defecto por problemas relacionados a las variables de la tinta como lo son la viscosidad y la temperatura.

Figura 31. Fotografía de comparación de lienzo impreso con la cartilla de color



Fuente: elaboración propia.

- Velocidad neta (VN) Impresora con bomba de enfriamiento (mes de diciembre 2016)

$$\text{Velocidad Neta (VN)} = \frac{\text{Total de impresos}}{\text{Tpo. Prep} + \text{Tpo Operación} + \text{Tpo. Manto C} + \text{Demoras}}$$

Tiempo de arreglo = 60.33 horas

Tiempo de operación = 116.17 horas

Mantenimiento correctivo = 20.17 horas

Demora= 11,5 horas (defectos impresión en todas las áreas de la ruta)

$$\text{VN} = 442\ 185 \text{ unidades} / (60,33+116,17+20,17+11,5) \text{ horas} =$$

$$\text{VN} = 442\ 185 \text{ unidades} / 208,17 \text{ horas} = 2,124 \text{ unidades} / \text{hora}$$

$$\text{VN} = 442,185 \text{ unidades} / 208,17 \text{ horas} = 2,124 \text{ unidades} / \text{hora}$$

El número de unidades se presentan al final de la ruta de producción, ya que los problemas de impresión por manchas, por diseño mal definido repercuten en los clientes internos por los paros de máquina que deben realizar para eliminar defectos.

- Velocidad neta (VN) impresora sin bomba de enfriamiento.

$$\text{Velocidad Neta (VN)} = \frac{\text{Total de Impresos}}{\text{Tpo. Prep} + \text{Tpo Operación} + \text{Tpo. Manto C} + \text{Demoras}}$$

Tiempo de preparación = 35,92 horas

Tiempo de operación = 124,92 horas

Mantenimiento correctivo = 16,25 horas

Demora= 8,67 horas (defectos de impresión en otras áreas)

$$VN = 227\ 710 \text{ unidades} / (35,92 + 124,92 + 16,25 + 8,67)$$

$$VN = 227\ 710 \text{ unidades} / 185,76 \text{ horas} = 1\ 226 \text{ unidades} / \text{hora}$$

Como se muestra la impresora con bomba de enfriamiento, puede producir un 43% más de unidades que la impresora sin bomba de enfriamiento ya que es menor el tiempo muerto por paros para eliminar defectos de impresión.

Según lo observado en el capítulo dos los tiempos muertos en la impresora que no tiene una bomba de enfriamiento es 43% mayor, por lo que en las unidades totales por máquina la impresora con bomba de enfriamiento tiene mayor número de unidades. Las demoras que se calcularon en las velocidades son de los paros del cliente interno por un defecto de impresión con relación a la tinta.

Lo mencionado anteriormente demuestra que los defectos por variable viscosidad y temperatura repercuten en toda la ruta del proceso hasta el área final porque son filtros del proceso anterior.

4.8. Cálculo de desperdicio en impresora con y sin bomba de enfriamiento

Se presenta el porcentaje de desperdicio del total de kilogramos utilizados en producción para el área de impresión,

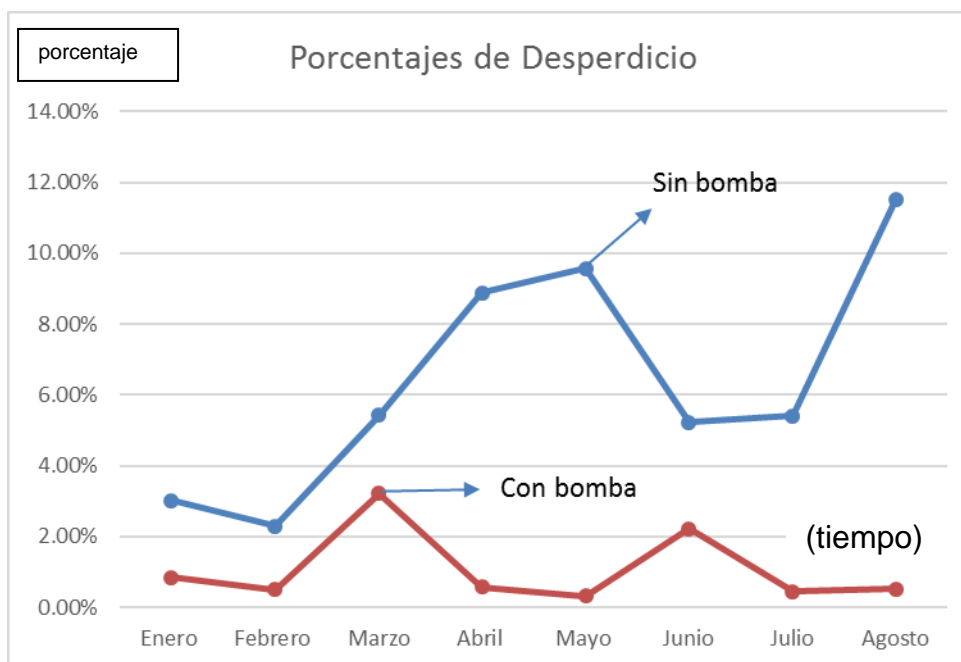
Comparación de desperdicio de impresora con bomba y sin bomba de enfriamiento.

Tabla XLIII. **Comparación de desperdicio**

| MES | KGS PRODUCCIÓN | KGS DESPERDICIO IMP | KGS DESPERDICIO CARGADOS | PORCENTAJE DESPERDICIO SIN BOMBA | PORCENTAJE DESPERDICIO CON BOMBA | DIFERENCIA |
|--------------|---|---------------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|
| Enero | 41,011 | 328 | 910 | 3.02% | 0.84% | 2.18% |
| Febrero | 78,272 | 424 | 1374 | 2.30% | 0.51% | 1.79% |
| Marzo | 110,695 | 4133 | 1864 | 5.43% | 3.22% | 2.21% |
| Abril | 54,066 | 2733 | 2062 | 8.88% | 0.57% | 8.31% |
| Mayo | 57,087 | 2164 | 3301 | 9.57% | 0.32% | 9.25% |
| Junio | 35,494 | 949 | 906 | 5.23% | 2.22% | 3.01% |
| Julio | 97,352 | 2024 | 3251 | 5.41% | 0.45% | 4.96% |
| Agosto | 30,179 | 1638 | 1850 | 11.50% | 0.52% | 10.98% |
| Total | Impresora sin bomba de enfriamiento en sumatoria de todos los meses tuvo de scrap 42.69% más que la impresora que posee bomba de enfriamiento | | | | | 42.69% |

Fuente: elaboración propia.

Figura 32. **Porcentaje de desperdicio**



Fuente: elaboración propia.

El porcentaje de desperdicio en la impresora que cuenta con una bomba de enfriamiento es menor, ya que por cada paro de máquina para limpiar algún defecto de impresión es de 1kg mínimo. Esto se debe a que se elimina el defecto y el material que se utiliza para hacer el paso de sustrato para que se realice nuevamente la impresión.

La impresora que no cuenta con una bomba de enfriamiento tiene un mayor porcentaje de desperdicio debido a que tiene mayor cantidad de paros por problemas de impresión relacionados con la tinta, cada paro se quita el material que se utiliza para volver a cuadrar la impresión.

5. APLICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS

5.1. Aprobación de procedimientos para registrar temperatura y viscosidad

La aprobación de los procedimientos está a cargo del Gerente de producción. A continuación, se presenta los lineamientos para la identificación de documentos y su respectiva aprobación.

- Indicaciones de forma e identificación de los documentos.
 - Redacción: Usar un lenguaje sencillo y uniforme. Escribir textos en forma explícita, clara, precisa y coherente, evitando ambigüedades. Emplear siempre el mismo término, para expresar un mismo concepto.
 - Encabezado El encabezado lo llevan todas las páginas de los documentos del SG-FLX.
 - Logo: logotipo de la empresa.
 - Nombre del sistema de gestión.
 - Nombre del área, o departamento al cual pertenece el documento.
 - Título o nombre del documento.
 - Versión del documento: identifica el número de ediciones que ha tenido el documento; cuando se modifique la documentación aprobada, la versión aumenta de la siguiente manera, versión 01, versión 02, etc.
 - Código: identificación alfanumérica que se asigna a cada documento

Figura 33. **Identificación del documento**

| | | | |
|--------------------|--|---|---------------------------|
| Logo de la empresa | SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD IMPRESIÓN FLEXOGRAFICA | | e VERSIÓN 01 |
| | GESTIÓN DE CALIDAD | PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE DOCUMENTOS | f CODIGO P-SO-OH-XXXXX |
| | | | Página 1 de 1 |

Fuente: elaboración propia.

- Pie de página. Se ubica en la primera hoja de todos los documentos del SG-QHSE, exceptuando el Plan de desarrollo que no lo lleva y los formatos que llevan solamente la fecha de creación: (dd/mm/aaaa) en la esquina inferior derecha. En la parte final del documento se debe identificar el responsable de la elaboración del mismo, el que revisa el documento y la persona que aprueba el documento.

5.2. Capacitación del personal de impresión

Se describe las capacitaciones para el personal de impresión flexografica enfocado en la medición de la tinta (viscosidad, temperatura, periodo de medición).

Es importante transmitir la información del control de las variables del proceso a la operación.

5.2.1. Capacitación sobre factores que afectan a la pérdida de intensidad de color

Se describe módulo de capacitación para la preparación de impresión, dado que, si no se tiene cuidado en el manejo de la materia prima, puede existir defectos por mal manejo de la tinta.

Es importante transmitir la información a la operación acerca del control de las variables del proceso para reducir desperdicio y aumentar eficiencia.

Tabla XLIV. Capacitación para preparación de impresión

| | |
|--|---|
| Módulo | Preparación de impresión/Duración un mes |
| Objetivo | Al finalizar este módulo, el participante será capaz de mantener estable las variables tinta vs. Temperatura en el proceso de impresión |
| Contenido teórico | <ul style="list-style-type: none"> • Características del cilindro Anilox. • Consecuencias y control de la excentricidad. • Tintaje en flexografía. • Ajuste de color en la máquina de flexografía. • Características y aplicación del espectrofotómetro. • Control del registro en flexografía. |
| Contenidos relacionados con la profesionalidad | <ul style="list-style-type: none"> • Visión global e integrada del proceso de impresión en flexografía. • Con precisión, evitando que la forma impresora reciba golpes. • Meticulosidad en la nivelación del registro en flexografía. - Rapidez e iniciativa en la resolución de defectos o problemas de impresión. • Debe tener en cuenta las órdenes de fabricación. |
| Práctica | <ul style="list-style-type: none"> • Montar cuidadosamente los cilindros. • Ajustar la posición de la cuchilla contra el cilindro Anilox. • Ajustar y revisar los desarrollos y las presiones de los cilindros. • Revisar los clichés y colocarlos en máquina. - Comprobar el estado del cilindro Anilox. • Limpiar los ejes y soportes del cilindro y apoyos de la máquina para evitar excentricidades. |

Continuación de tabla XLIV.

| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Ajustar la cantidad de tinta en la máquina de flexografía. • Ajustar el color de la tinta en máquina. • Comprobar el ajuste de la tinta mediante semejanza visual o ayudado del espectrofotómetro • Ajustar el registro de los cilindros. • Ajustar el registro con la ayuda de las cruces de registro. |
|--|---|

Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Capacitación para obtener el parámetro de relación temperatura-viscosidad

Para la capacitación de parámetro de relación temperatura viscosidad se presentan el siguiente módulo.

Tabla XLV. **Capacitación para impresión**

| | |
|--|--|
| Módulo | Control de impresión flexográfica /Duración un mes |
| Objetivo | Al finalizar este módulo, el participante será capaz de realizar la impresión en la rotativa de flexografía, controlando su calidad. |
| Contenido teórico | <ul style="list-style-type: none"> • Viscosidad de las tintas líquidas para flexografía. • La rotativa de flexografía. • Partes y características. • Secado de las tintas líquidas. • Control de calidad de impresión en flexografía. • Estándares de calidad. |
| Contenidos relacionados con la profesionalidad | <ul style="list-style-type: none"> • Concentración, precisión y percepción de diferencias en las operaciones de impresión. • En caso de rotura de la bobina deberá enhebrar de nuevo con rapidez y precisión. |

Continuación de tabla XLV.

| | |
|----------|---|
| Práctica | <ul style="list-style-type: none"> • Controlar la viscosidad de la tinta. • Mantener la viscosidad de la tinta. • Realizar ajustes durante la tirada. • Regular el secado de la tinta en función del soporte y la velocidad de impresión. • Comprobar las muestras de la tirada. • Controlar la calidad de la impresión. • Controlar la salida de la bobina impresora. • Elaborar informes de calidad de impresión. |
|----------|---|

Fuente: elaboración propia.

5.2.3. Capacitación de cómo llevar el control de registro de temperatura

Para la capacitación de parámetro de registro de temperatura.

Tabla XLVI. **Capacitación para registro de temperatura**

| | |
|--|--|
| Módulo | Control de de registro de temperatura /Duración un mes |
| Objetivo | Al finalizar este módulo, el participante será capaz de realizar el registro de control de temperatura. |
| Contenido teórico | <ul style="list-style-type: none"> • Viscosidad de las tintas líquidas para flexografía. • Secado de las tintas líquidas. • Control de calidad de impresión en flexografía. • Estándares de calidad. |
| Contenidos relacionados con la profesionalidad | <ul style="list-style-type: none"> • Control de precisión de temperatura con equipo y software. |

Continuación de tabla XLVI.

| | |
|----------|---|
| Práctica | <ul style="list-style-type: none">• Controlar la viscosidad de la tinta.• Mantener la viscosidad de la tinta.• Regular el secado de la tinta en función del soporte y la velocidad de impresión.• Elaborar informes de calidad de impresión. |
|----------|---|

Fuente: elaboración propia.

5.3. Implementación de copias controladas del procedimiento de aplicación de parámetros de relación temperatura versus viscosidad

Se consideran copias controladas todas las copias de documentos del sistema de calidad (tanto internos como externos) de las que se desea tener un control que permita, en caso de actualización del documento original, la sustitución de dichas copias por versiones actuales.

Esto garantiza al propietario del ejemplar que la información del documento está aún vigente. El Responsable de Gestión de Calidad edita tantas copias controladas del documento como indique la Lista de Distribución del Documento en cuestión.

Estas copias se obtienen de la impresión o fotocopia del documento original completo, a excepción, si existe, del anexo de Modificaciones Pendientes, que no se considera parte del documento. Para cada copia controlada el Responsable de Gestión de Calidad indica el número de copia asignado (reflejado en la Lista de Distribución del Documento) en cada una de

las páginas, concretamente en la columna vertical del margen izquierdo, tras la inscripción “COPIA CONTROLADA N° ”

El Responsable de Gestión de Calidad entrega las copias controladas a las entidades y/o cargos enunciados en la Lista de Distribución del Documento en cuestión. Esta Lista de Distribución, a su vez, sirve de registro de recibo por parte del propietario (cargo que recibe el ejemplar) tras indicar éste la fecha de entrega y firmarla. Cada uno de los destinatarios de las copias controladas es responsable del archivo y cuidado de estas y garantiza que las copias son accesibles a las personas afectadas. Existe la posibilidad de publicar en intranet algunos de los documentos del sistema, en cuyo caso el Responsable de Gestión de Calidad crea una copia informática no imprimible que guarda en un directorio creado a tal efecto. En este caso esta copia se indica en la lista de distribución de documentos como una única copia y las firmas de entrega y retirada (publicación y eliminación del archivo) son realizadas por el Responsable de Gestión de Calidad. Siempre que sea posible, se hará la distribución de documentos de este modo

CONCLUSIONES

1. Se estableció el procedimiento sistema de gestión de calidad de la impresión flexografica , donde se definen la secuencia sistemática de las instrucciones que el operador debe cumplir, para obtener datos certeros y precisos de las variables temperatura y viscosidad, medición de temperatura, medición del secado de las tintas, medición de la viscosidad periódicamente, para crear la cultura en los colaboradores de las variables críticas y la importancia de la medición para mantener estable el proceso.
2. Se definió por medio de un estudio de tiempos en el capítulo tres que el tiempo oportuno para realizar la medición de viscosidad en la impresora que no cuenta con una bomba de enfriamiento es de quince minutos, esto se debe a que la tinta está expuesta a los cambios repentinos de la temperatura ambiente y por lo tanto no se puede mantener la estabilidad de la tonalidad de color de la tinta.
3. Se determinó que las impresoras que operan sin el sistema de enfriamiento, trabajan con una temperatura promedio de 28 ° C y una viscosidad promedio de 24 segundos (dimensional utilizada para saber el tiempo en que el flujo de tinta pasa continuamente por el orificio de la copa zanh 2 hasta que el flujo ya no pasa de forma uniforme), estos parámetros mantienen el proceso en forma estable debido a que no se ve variación en la tonalidad del color de la tinta.

4. Se realizó la comparación de la eficiencia de la impresora entre la impresora con sistema de enfriamiento y una impresora que no cuenta con sistema de enfriamiento, el resultado obtenido muestra que las variables críticas del proceso como lo es viscosidad y temperatura se encuentran entre los límites de control y aumentan 43% la eficiencia, respecto a la impresora que no opera con un sistema de enfriamiento, en la cual, las variables se encuentran fuera de los límites de control.

5. El procedimiento sistema de gestión de calidad de la impresión informa al colaborador la preparación del proceso de impresión. El control del proceso se realiza con la medición de las variables críticas temperatura y viscosidad, controlando la variación de la tonalidad de la tinta con el Xrite (aparato que se utiliza para medir la colorimetría) en la impresión se puede reducir un 42,69% el desperdicio como lo muestra el cuarto capítulo con la impresora que opera con un sistema de enfriamiento ya que esta mantiene estable las variables críticas del proceso.

RECOMENDACIONES

1. Se solicita a los encargados del departamento de producción y de compras, pruebas de calidad acordadas previamente en la negociación de compra, y que envíen las muestras respectivas para realizar la aprobación de la materia prima de acuerdo con las fichas técnicas. El propósito es fortalecer el muestreo de la recepción de materiales y manejar un historial de formatos controlados que validen la liberación de la materia prima para pasar al proceso de producción al cumplir con los estándares de calidad acordados.
2. Capacitar al personal con la finalidad de que se trabaje con el concepto de cliente interno, esto es necesario para crear cultura de calidad en los departamentos de producción para cumplir con los estándares establecidos y disminuir el desperdicio por mala calidad en todos los procesos que están involucrados para realizar el producto final. Es necesaria la capacitación técnica en cada uno de los departamentos de producción para que el colaborador cumpla con los estándares de calidad desarrollando de forma acertada la operación.

3. Contar con una superficie para el almacenamiento de los lotes, con el tamaño máximo de los productos que se elaboren, para el trabajo terminado y para el que está en espera de ser trasladado. La mayoría de las veces, esas superficies son necesarias para la realización efectiva de la labor para proporcionar el lugar del cual se toman las piezas para trabajarlas y aquella en que se colocan una vez terminadas, Esto se realiza con la técnica de smed, de esta manera, todas las actividades externas se convierten en internas, la mayor parte de la herramienta se coloca ordenada cerca del área de operación.

4. Implementar un sistema de enfriamiento debido a que la inversión es de Q 41 640,00 y el costo de tiempo muerto por problemas de tonalidad de tinta en una impresora sin bomba de enfriamiento equivale a Q 196 837,87 anuales por la que inversión se recuperaría en dos meses sin problema alguno.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABOITIZ LÓPEZ, Juan C. *La unidad impresora*. A.C. México: Unión de Industriales Litógrafos de México, 1993. 145 p.
2. ARTICA, Karen Iveth. *Análisis y Mejora del proceso productivo del área de impresión, laminación, slitter a través del aumento de la eficiencia como estrategia para el desarrollo sostenible en la empresa polímeros y tecnología*. Trabajo de graduación de Ingeniería Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 13p
3. ACLE, Tomasini. *Planeación estratégica de la calidad*. 6a ed. Argentina: Grijalva, 1990. 178 p.
4. AUSTIN, George . *Manual de procesos químicos en la industria*. 5a ed. México: McGraw-Hill, 1995. 167 p.
5. EVERETT, Adam. *Administración de la producción y las operaciones*. México: Prentice Hall, 1988. 198 p.
6. GUERRA, Wendel. *Cálculo y selección de una máquina flexográfica para una empresa de cartón corrugado*. Guatemala ,1999.15p.
7. GRIMALDI, John. *La seguridad industrial, su administración*. 3a ed. México: Representaciones y servicios de ingeniería, 1979. 185 p.

8. *Manual de operación de prensas litográficas alimentadas por hojas.*
2a ed. Estados Unidos: Gaft, 1982. 145 p.
9. OROZCO, Luis. *Reducción de desperdicios en la elaboración de cinta adhesiva de seguridad, en el área de impresión en una empresa flexográfica.* Trabajo de graduación de Ingeniería Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 55 p
10. SANDOVAL ARANA, Mildred Claudina. *Guía para establecer un certificado de calidad en una empresa de artes gráficas.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1991. 88 p

APÉNDICES

Las tintas y disolventes producen riesgos higiénicos derivados de la inhalación de vapores disolventes y de posibles afecciones dérmicas, motivadas por los colorantes de las tintas.

Los disolventes se introducen en el organismo humano de diferentes formas que pueden ser:

- Inhalación: los disolventes generalmente se evaporan rápidamente pasando con facilidad a la atmósfera donde se encuentren. El vapor del disolvente en el aire es respirado y pasa fácilmente a los pulmones (VIA PULMONAR), de donde pasa a la sangre. Esta es la vía más importante de exposición a los disolventes en el ambiente laboral.
- Contacto con la piel: muchos de los disolventes penetran a través de la piel (vía cutánea), debido a la liposolubilidad de estos, pasando posteriormente al flujo sanguíneo.
- Ingestión: los disolventes pueden ser ingeridos a través de la boca (vía digestiva), por su contacto con las manos, alimentos, bebidas, ropas y cigarrillos contaminados.
- Efectos sobre el organismo

Una vez dentro del cuerpo los disolventes son rápidamente distribuidos a través del flujo sanguíneo, depositándose en los tejidos adiposos que envuelven los distintos órganos del cuerpo humano y desde allí se transmiten a los



órganos propiamente dichos con efectos tóxicos. Su introducción en el organismo humano depende de las características fisicoquímicas del disolvente y de la ventilación pulmonar a la que esté sometido el trabajador, durante la exposición, es decir al mayor o menor esfuerzo físico que esté realizando en ese momento.

Como consecuencia se absorberá más cantidad de disolvente, en ejercicio que en reposo y al cesar la exposición al mismo, empieza a eliminarse siguiendo el recorrido inverso hasta que sale con el aire expirado.



Otra parte del disolvente sufrirá una serie de transformaciones fundamentalmente en el hígado. Estas sustancias transformadas, llamadas metabolitos, son generalmente derivados hidrosolubles del disolvente y pueden eliminarse fácilmente por la orina. No hay una regla general de biotransformación de los diferentes grupos de disolventes, incluso cada uno tiene su comportamiento particular.

En la tabla XIII se determina las vías de entrada de los contaminantes, y en la tabla XIV los efectos de los productos tóxicos.

Apéndice I. Vías de entrada de los contaminantes



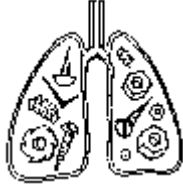




| VÍAS DE ENTRADA DE LOS CONTAMINANTES EN EL ORGANISMO | | |
|--|--|---|
| <p>Vía respiratoria: a través de la nariz, boca, pulmones.</p> |  | <p>Es la vía de penetración de sustancias tóxicas más importante en el medio ambiente de trabajo, ya que se respira aire y con el aire pueden venir todo tipo de sustancias: sólidos en forma de polvo, líquidos en forma de vapor y gases que se mezclan directamente con el aire.</p> |
| <p>Vía dérmica: a través de la piel.</p> |  | <p>Existen sustancias capaces de atravesar la piel, sin provocar alteraciones en ella, pasando a la sangre que será la que la distribuye por todo el organismo. Los factores que van a intervenir son: superficie total de piel expuesta, estado de la piel y las características de la propia sustancia (más o menos liposoluble).</p> |

Continuación de apéndice I.


| | | |
|--|---|---|
| <p>Vía digestiva: a través de la boca, estómago, intestinos.</p> |  | <p>Es una vía de penetración poco corriente ya que las sustancias con las que se trabaja no se meten en la boca, de todas formas, hay posibilidad de penetración por vía digestiva cuando se come en el puesto de trabajo, se fuma, se bebe y no se lava las manos antes de comer aunque sea fuera del puesto de trabajo. Con unas adecuadas prácticas higiénicas personales, debe bastar para evitar esta penetración.</p> |
| <p>Vía parenteral: a través de heridas.</p> |  | <p>Se llama parenteral a la entrada de sustancias a través de una herida o llaga preexistente o provocada por un accidente como un pinchazo o un corte.</p> |

Fuente: elaboración propia

Apéndice II. Efectos de los productos tóxicos

| EFFECTOS DE LOS PRODUCTOS TÓXICOS SOBRE EL CUERPO HUMANO | | |
|---|--|---|
| Corrosivos | Destrucción de los tejidos sobre los que actúa el tóxico. |  |
| Irritantes | Irritación de la piel o las mucosas en contacto con el tóxico. |  |
| Neumoconióticos | Alteración pulmonar por partículas sólidas. |  |
| Asfixiantes | Desplazamiento del oxígeno del aire o alteración de los mecanismos oxidativos biológicos. |  |
| Anestésico y Narcóticos | Depresión del sistema nervioso central. Generalmente el efecto desaparece cuando desaparece el contaminante. |  |
| Sensibilizantes | Efecto alérgico del contaminante ante la presencia del tóxico, aunque sea en pequeñísimas cantidades (Asma, Dermatitis). |  |
| Cancerígenos Mutágenos y Teratógenos | Producción de cáncer, modificaciones Hereditarias y malformaciones en la descendencia respectivamente. |  |

Continuación de Apéndice II.

| | | |
|------------|--|---|
| Sistémicos | Alteraciones de órganos Sistemas específicos (hígado, riñón, etc.). |  |
|------------|--|---|

Fuente: elaboración propia.

Se conocen algunos metabolitos como son:

- El tricloroetileno se transforma en ácido tricloroacético los cuales se eliminan por la orina.
- El benceno se transforma en fenol.
- El estireno en ácido mandélico.
- El metanol en ácido fórmico.

Se cree que la mayoría de las sustancias químicas sufren cambios en el organismo y se transforman en otras porque éste trata de mantener su equilibrio y evitar concentraciones peligrosas. El metabolismo provoca una fuerte disminución del disolvente en la sangre, se transforma en compuestos menos tóxicos generalmente y más fáciles de eliminar, aunque como consecuencia de este proceso los pulmones pueden seguir absorbiendo más disolvente.