



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA PARA LA PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN  
DE OPERACIONES A UNA EMPRESA DE PROCESOS  
TRANSFORMADORES DE POLIETILENO**

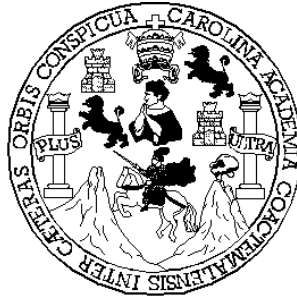
**RENÉ ABIGAIL RIVERA PEDROZA**

**ASESORADO POR**

**ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ**

**GUATEMALA, FEBRERO DE 2004**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA PARA LA PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE  
OPERACIONES A UNA EMPRESA DE PROCESOS TRANSFORMADORES  
DE POLIETILENO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

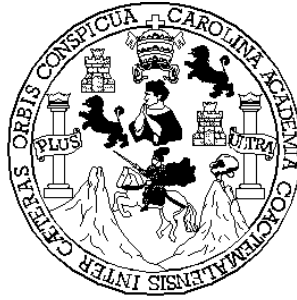
**RENÉ ABIGAIL RIVERA PEDROZA**

ASESORADO POR ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2004

B

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|                   |                                      |
|-------------------|--------------------------------------|
| <b>DECANO</b>     | Ing. Sydney Alexander Samuels Milson |
| <b>VOCAL I</b>    | Ing. Muyphy Olimpo Paiz Recinos      |
| <b>VOCAL II</b>   | Lic. Amahan Sánchez Álvarez          |
| <b>VOCAL III</b>  | Ing. Julio David Galicia Celada      |
| <b>VOCAL IV</b>   | Br. Kenneth Issur Estrada Ruíz       |
| <b>VOCAL V</b>    | Br. Elisa Yazminda Vides Leiva       |
| <b>SECRETARIO</b> | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco   |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|                   |                                      |
|-------------------|--------------------------------------|
| <b>DECANO</b>     | Ing. Sydney Alexander Samuels Milson |
| <b>EXAMINADOR</b> | Ing. Guillermo Álvarez de León       |
| <b>EXAMINADOR</b> | Ing. Sergio Godínez                  |
| <b>EXAMINADOR</b> | Inga. Mayra Saadeth Arreaza Martínez |
| <b>SECRETARIO</b> | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco   |

## ÍNDICE GENERAL

|   |      |
|---|------|
| <b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>                                  | VIII |
| <b>GLOSARIO</b>   | IX   |
| <b>RESUMEN</b>  | XIII |
| <b>OBJETIVOS</b>  | XV   |
| <b>INTRODUCCIÓN</b>   | XVII |
| <br>  |      |
| <b>1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS</b> .....                         | 1    |
| 1.1. Reseña histórica de la transformación del polietileno..... | 1    |
| 1.1.1. El polietileno y los desarrollos de 1950 – 1960.....     | 2    |
| 1.1.1.1. Desafío exitoso del polietileno al celofán.....        | 2    |
| 1.1.1.2. Desarrollo en las prensas requeridos por “POLY”.....   | 3    |
| 1.1.1.3. Formulación de tintas para el “POLY”.....              | 3    |
| 1.2. Origen y desarrollo de la flexografía.....                 | 4    |
| 1.2.1. Primer nombre.....                                       | 4    |
| 1.2.2. El nombre seleccionado.....                              | 5    |
| 1.2.3. Definición.....  | 5    |
| 1.2.4. Flexografía.....   | 5    |
| 1.3. Períodos de origen y desarrollo.....                       | 6    |
| 1.3.1. de 1860 – 1930.....                                      | 6    |
| 1.3.1.1. Primeras planchas de impresión y prensas.....          | 6    |
| 1.3.1.2. Características de las primeras prensas.....           | 7    |
| 1.3.1.3. Desarrollo de la tinta.....                            | 8    |
| 1.3.1.4. Preparación del arte y la plancha.....                 | 8    |
| 1.3.1.5. Montaje de la plancha.....                             | 8    |
| 1.3.1.6. Necesidad de la tecnología.....                        | 9    |
| 1.3.2. De 1930 – 1950.....                                      | 9    |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 1.3.2.1.  | Efecto del celofán sobre la flexografía.....                              | 9         |
| 1.3.2.2.  | Rediseño de tintas.....   | 10        |
| 1.3.2.3.  | Velocidades de impresiones.....   | 11        |
| 1.3.2.4.  | Desarrollo de nuevos sustratos.....                                       | 11        |
| 1.3.2.5.  | Adelantos en los diseños de los secadores.....                            | 12        |
| 1.3.2.6.  | La llegada del rodillo <i>anilox</i> .....                                | 12        |
| 1.3.2.7.  | Surgimiento del montaje de planchas.....                                  | 13        |
| 1.3.2.8.  | La flexografía se introduce en muchas industrias.....                     | 13        |
| 1.4.      | El polietileno y los desarrollos en su campo.....                         | 14        |
| 1.4.1.    | Materias primas.....  | 14        |
| 1.4.2.    | Descripción del proceso de obtención del monómero<br>de etileno.....      | 14        |
| 1.4.2.1.  | Estructura.....   | 16        |
| 1.4.3.    | Clasificación.....  | 16        |
| 1.4.4.    | Densidad.....   | 17        |
| 1.4.5.    | El polietileno utilizado.....   | 19        |
| 1.4.6.    | Escasez del polietileno.....  | 20        |
| 1.4.7.    | Sustitutos del polietileno.....   | 20        |
| <b>2.</b> | <b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN<br/>DEL POLIETILENO.....</b> | <b>23</b> |
| 2.1.      | Proceso general.....  | 23        |
| 2.1.1.    | Preprensa.....  | 23        |
| 2.1.1.1.  | Venta.....  | 23        |
| 2.1.1.2.  | Departamento de arte y fotomecánica.....                                  | 24        |
| 2.1.1.3.  | Fotograbado.....  | 25        |
| 2.1.1.4.  | Montaje.....  | 25        |
| 2.1.1.5.  | Tintas y solventes.....   | 28        |
| 2.1.2.    | Producción.....   | 29        |



|  |           |
|--|-----------|
| <b>3. MANEJO DE MATERIALES.....</b>  | <b>71</b> |
| 3.1. Materias primas.....  | 72        |
| 3.1.1. Polietileno.....  | 77        |
| 3.1.2. Tintas flexográficas.....   | 78        |
| 3.1.3. Planchas de fotopolímero.....   | 78        |
| 3.1.4. <i>Master bach</i> o pigmento.....  | 78        |
| 3.1.5. Cajas de cartón.....  | 79        |
| 3.1.6. Etiquetas de pesado.....  | 79        |
| 3.1.7. Otros.....  | 79        |
| 3.2. Tiempo de entrega de materia prima de los proveedores .....                           | 79        |
| 3.3. Realización del diagrama de flujo para pedido de materia prima a los proveedores..... | 80        |
| 3.4. Factores que afectan los tiempos de pedido.....                                       | 81        |
| 3.5. Fórmula utilizada para el control de pedidos de materia prima .....                   | 82        |
| 3.6. Cálculo de pedidos de materia prima.....  | 82        |
| 3.6.1. Cálculo para resina.....  | 83        |
| 3.6.2. Cálculo para tintas.....  | 85        |
| 3.6.3. Calculo para master bach o pigmento.....  | 86        |
| 3.6.4. Cálculo de cajas de cartón.....   | 86        |
| 3.7. Asignación de materia prima al proceso.....   | 86        |
| <br>   |           |
| <b>4. PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES DE LA PRODUCCIÓN.....</b>   | <b>87</b> |
| 4.1. Objetivos del área de producción.....   | 87        |
| 4.2. Breve descripción de la planificación actual.....                                     | 88        |
| 4.3. Aspectos generales a considerar.....  | 93        |
| 4.3.1. Cierre de ordenes de producción.....  | 93        |
| 4.3.2. Listado del número de turnos y empleados.....                                       | 93        |
| 4.3.3. Mantenimiento de calendario de planta.....  | 94        |

|  |     |
|--|-----|
| 4.3.4. Consulta diaria del estado del material.....  | 96  |
| 4.3.5. Se debe estar en capacidad de obtener la información<br>del material en función de la capacidad, artículos y<br>cantidades..... | 96  |
| 4.3.6. Otros informes que se deben tener.....  | 96  |
| 4.3.6.1. Ordenes de producción.....  | 97  |
| 4.3.6.2. Ordenes pro centro de trabajo.....  | 99  |
| 4.3.6.3. Eficiencia de los empleados.....  | 99  |
| 4.3.6.3.1. Modelos y métodos de evaluación.....  | 101 |
| 4.3.6.4. Eficiencia de los centros de trabajo.....   | 104 |
| 4.3.7. Mantenimiento de rutas.....   | 105 |
| 4.3.8. Centro de trabajo.....  | 106 |
| 4.3.9. Otros aspectos.....   | 106 |
| 4.3.9.1. Tiempo de ejecución.....  | 107 |
| 4.3.9.2. Tiempo de preparación.....  | 107 |
| 4.3.9.3. Número de operadores.....   | 107 |
| 4.3.9.4. Horas máquina.....  | 108 |
| 4.3.9.5. Tiempo estándar.....  | 108 |
| 4.3.9.6. Tiempo de espera en cola.....   | 108 |
| 4.3.9.7. Horas de trabajo de turno.....  | 109 |
| 4.3.9.8. Empleados por turno.....  | 110 |
| 4.3.10. Informe de programación y despacho.....  | 111 |
| 4.4. Base para el desarrollo del proyecto.....   | 111 |
| 4.4.1. Elementos del sistema de producción.....  | 112 |
| 4.4.2. Controles previos al proceso.....   | 112 |
| 4.4.3. Identificación del proceso.....   | 113 |
| 4.4.4. Qué es una producción continua.....   | 113 |
| 4.4.5. Método para planificar.....   | 114 |



|  |            |
|--|------------|
| <b>5. PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE OPERACIONES<br/>Y PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....</b>                   | <b>117</b> |
| 5.1. Identificación de los cuellos de botella del proceso para<br>tener la eficiencia de la línea.....       | 117        |
| 5.2. Recopilación de datos.....  | 120        |
| 5.2.1. Datos históricos para pronósticos.....  | 121        |
| 5.2.2. Eficiencia de las áreas.....  | 122        |
| 5.2.3. Cantidad de operarios por máquina.....  | 123        |
| 5.2.4. Tiempo estándar de producción.....  | 123        |
| 5.3. Análisis de gráficos para identificación del método a utilizar.....                                     | 124        |
| 5.4. Utilización de los métodos de pronósticos para identificar el<br>método con el menor error posible..... | 125        |
| 5.5. Planificación, programación y asignación de la fecha de<br>entrega de los pedidos de producción.....    | 127        |
| 5.5.1. Método de programación.....   | 128        |
| 5.5.2. Diagrama de Gantt para programación.....  | 131        |
| 5.5.3. Ordenes de producción.....  | 133        |
| 5.6. Controles de producción durante el proceso.....   | 134        |
| 5.6.1. Tareas dentro del control del proceso.....  | 134        |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>   | <b>141</b> |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>  | <b>145</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>   | <b>147</b> |
| <b>APÉNDICES.....</b>  | <b>149</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>   | <b>153</b> |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|  |     |
|--|-----|
| 1. Obtención de etileno a partir de gas natural.....                             | 15  |
| 2. Obtención de etileno a partir de petróleo.....                                | 15  |
| 3. Figura de un extrusor de película de polietileno.....                         | 42  |
| 4. Imprenta flexográfica de película de polietileno.....                         | 43  |
| 5. Diagrama hombre – máquina de extrusión actual.....                            | 50  |
| 6. Diagrama hombre – máquina de extrusión propuesto.....                         | 51  |
| 7. Diagrama de departamento de arte y fotomecánica.....                          | 60  |
| 8. Diagrama del departamento de tintas.....                                      | 61  |
| 9. Diagrama del departamento de fotograbado.....                                 | 62  |
| 10. Diagrama del departamento de montaje.....                                    | 63  |
| 11. Diagrama del departamento de extrusión.....                                  | 64  |
| 12. Diagrama del departamento de impresión.....                                  | 65  |
| 13. Diagrama del proceso de corte, pesado y encajado.....                        | 66  |
| 14. Diagrama de flujo para pedido de materia prima a los proveedores....         | 81  |
| 15. Gráfico de orden de pedidos.....   | 84  |
| 16. Diagrama del seguimiento del proceso de una orden de producción..            | 91  |
| 17. Formato de calendario para el mantenimiento de la planta.....                | 95  |
| 18. Orden de extrusión.....  | 97  |
| 19. Orden de impresión.....  | 98  |
| 20. Orden de corte.....  | 98  |
| 21. Cuadro indicativo de aspectos a evaluar en un trabajo.....                   | 121 |
| 22. Diagrama de seguimiento para planificación del proceso<br>de producción..... | 116 |
| 23. Producción de película impresa de polietileno durante 36 meses.....          | 124 |
| 24. Calendario de programación y planeación de producción.....                   | 131 |

|  |     |
|--|-----|
| 25. Diagrama de Gantt para entrega de una orden de producción..... | 133 |
| 26. Tarjeta de operaciones de producción.....                      | 135 |
| 27. Formato para gráfico de control de jornada.....                | 137 |
| 28. Formado de aprobación de control de calidad en imprenta.....   | 139 |

## TABLAS

|  |     |
|--|-----|
| I. Efectos del aumento de la densidad en el PE.....  | 17  |
| II. Clasificación según el peso molecular.....   | 18  |
| III. Efectos del aumento de la densidad en el PE.....  | 18  |
| IV. Mapa de la familia del polietileno.....  | 20  |
| V. Medida de compases a usar para centrado de sellos.....  | 26  |
| VI. Tabla de tiempos <i>MELT INDEX O EXTRUSIÓN PLASTOMETER</i> ...   | 34  |
| VII. Tabla de descripción de partes de prensa de impresión<br>central de 6 colores típica.....   | 44  |
| VIII. Excentricidad medida por medio de nivelación de ejes medidos<br>en pulgadas con el medidor Vernier en milésimas<br>de pulgada..... | 45  |
| IX. Métodos de análisis del hombre o del sistema hombre – máquina ..   | 48  |
| X. Rangos de medidas de viscosidades con una copa <i>Zahn # 2</i> .....  | 57  |
| XI. Tiempos promedio de entrega de materia prima.....  | 77  |
| XII. Tiempos aproximados de entrega de proveedores.....  | 80  |
| XIII. Porcentajes de factores de tiempo para descuento del tiempo<br>real de trabajo.....  | 109 |
| XIV. Historial de demanda en producción.....   | 121 |
| XV. Porcentaje promedio utilizado de resinas.....  | 126 |
| XVI. Distribución de pago de liquidación de un trabajador, durante<br>un año de trabajo.....   | 149 |
| XVII. Cuadro de cálculos sobre los pronósticos.....  | 151 |

## GLOSARIO

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Acetato</b>       | Material transparente utilizado en la fabricación de películas fotográficas, y en forma de láminas, para artes gráficas. Sal formada por la combinación del ácido acético con una base.  |
| <b>A.S.T.M.</b>      | Sociedad Americana para Prueba de Materiales (American Society for Testing Materials).   |
| <b>Copa Zahn</b>     | Dispositivo para medir viscosidades.   |
| <b>Copolímero</b>    | Polímero producido de la combinación de dos o más monómeros. Ver polímero.   |
| <b>Dado</b>          | Pieza cúbica de metal u otra materia dura, que se usa en las máquinas para servir de apoyo a los tornillos, ejes, etc., y mantenerlos en equilibrio.   |
| <b>Emulsificante</b> | Tipo de mezcla donde dos o más materiales inmiscibles se mantienen en una mezcla homogénea gracias a la intervención de un tercer agente. El término agente emulsificante se aplica al material que se adiciona para mantener la emulsión. Difiere de una solución en la cual un material se disuelve en otro. |
| <b>Estabilizador</b> | Químico utilizado para detener el revelado de una imagen fotográfica.  |

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Éster o ester</b>          | Compuesto orgánico que resulta de sustituir un átomo de hidrógeno de un ácido por un radical alcohólico. Las grasas son esteres de la glicerina con ácido grasos.  |
| <b>Etileno</b>                | Gas incoloro, de sabor dulce y muy inflamable. Se obtiene por craqueo térmico de hidrocarburos alifáticos gaseosos y de diversas fracciones del petróleo.  |
| <b>Extrusión</b>              | Producción de una hoja o película continua (u otras formas no relacionadas con flexografía), forzando materiales termoplásticos en adelantes a través de una matriz u orificio.  |
| <b>Flexografía</b>            | Método de impresión rotatorio directo, utilizando imágenes flexibles realizadas sobre planchas de impresión, sujetas a cilindros de planchas, entintadas por un cilindro o rodillo metálico grabado y limpiado por cuchillas dosificadoras, transportando tintas líquidas virtualmente a cualquier sustrato.                 |
| <b>Fotopolímero</b>           | Polímero hecho de tal forma que sufre un cambio al ser expuesto a la luz natural.  |
| <b>Impresión flexográfica</b> | Método de impresión rotatorio directo, utilizando planchas flexibles en relieve, colocadas sobre cilindros flexibles en relieve, colocadas sobre cilindros de distintas longitudes de repetición, entintados por rodillos o cuchillas dosificadoras y que transportan tintas fluidas prácticamente sobre cualquier sustrato. |

- Micrón o Micra** Unidad de medida. Una millonésima de un metro de aproximadamente .00004 pulgada. El factor de conversión corriente es 25 micrones = 0.001 pulgada.
- Monómero** Combinación química de moléculas correspondientes a las unidades individuales de un polímero. Capaza de incorporarse (polimerarse) en polímeros.
- P.I.V.** (*Pulsatin Invariable Variator*). Un control variador de velocidad. Aplicable a distintos tipos de equipos con diversas funciones específicas. En las prensas impresoras sincronizan la velocidad lineal de impresión de la prensa (velocidad de engranaje). Velocidad de los rodillos sincronizada con la cinta que se mueve.
- Poliamida** Polímero caracterizado por la presencia de múltiples grupos amida, como el nylon.
- Rodillo anilox** Rodillo de acero grabado mecánicamente y cubierto con cromo utilizado en prensas flexográficas para controlar la película de tinta desde el rodillo de la fuente cubierto con película elastomérica hasta las planchas impresoras que imprimen la cinta. El volumen de tinta está afectado por el número de celtas por pulgada lineal y la celda del grabado fabricados. Fabricados a partir e acero con cobre y cromo. También se les da un cubrimiento de óxido de aluminio (cerámica) o cobre y cromo.

- Resina** Sustancia sólida o de consistencia pastosa, insoluble en el agua, soluble en alcohol y en los aceites esenciales, y capaz de arder en contacto con el aire, obtenida naturalmente como producto que fluye de varias plantas.
- Rembobinado** Después de que un sustrato ha sido impreso se adhiere a un eje y se rembobina nuevamente a la forma de rollo original.
- Sustrato** *Bioquím.* Sustancia sobre la que actúa un enzima. Fotograbado. Baño aplicado al soporte para permitir la adherencia entre la capa sensible a la luz y el vidrio o las materias plásticas.
- Sirope** Líquido espeso azucarado que se emplea en repostería y para elaborar refrescos.

## **RESUMEN**

La reseña histórica del proceso del polietileno, el origen y desarrollo de la flexografía, su período de desarrollo y la definición y su desarrollo en este campo. Son campos que sirven a la persona que se decida a conocer el campo de la producción de la película de polietileno impresa, pues así podrá encontrar referencia del por qué, de las situaciones y las posibles causas de algunos comportamientos de las materias primas.

La descripción del proceso de transformación de la materia prima, los controles de calidad aplicados a las mismas, el tipo de maquinaria utilizada y su capacidad de producción, diagramas de hombre – máquina, el control de calidad aplicado a la película plástica en el proceso, diagramas de flujo y por último la descripción de las actividades para la impresión de la película plástica, ayudan a comprender y describir formas importantes de los procesos necesarios que establecen la base para su diagramación y desarrollo de soluciones a los diferentes problemas que se puedan presentar en el proceso.

En el transcurso de pedidos de materia prima, se utiliza el método de un lote de pedido económico que contiene los siguientes elementos: la descripción de las materias utilizadas en el proceso, la política de entrega de los proveedores, los cálculos para el manejo de materia prima y por último a asignación de materia prima al proceso de producción por medio de sus formatos, para formar parte de un sistema de pedido que pueda mejorar el control de sus pedidos y del inventario existente.



Se tiene en cuenta que a partir de formatos, es como se lleva una secuencia y un orden de la ejecución de actividades, con lo que debemos considerar los que se indican en el estudio, para tener una referencia del proceso.

En la propuesta de planificación y programación de operaciones de las producciones, se utilizan varios modelos matemáticos, haciendo uso de una gran cantidad de toda la información recopilada, teniendo como base los objetivos del área de producción y la planificación existente, además de aspectos generales investigados, propuestos y tomados en cuenta para el desarrollo del proyecto.

El proceso de planificación y programación de operaciones, se identifica de acuerdo al método adecuado de pronósticos, en nuestro caso, el de regresión lineal, perteneciente a las familias de curvas ascendentes, la identificación del método más adecuado para la programación de actividades de producción y los controles que se deben asignar al proceso que han sido los calendarios para el control de producción de acuerdo a la proyección realizada, se indica el método apropiado de diagrama de *Gantt*, que indica gráficamente el tiempo de asignación a cada actividad, para la fabricación del producto.

# OBJETIVOS

## General

Diseñar una propuesta para la planificación y programación de operaciones a una empresa de procesos transformadores de polietileno

## Específicos

1. Tomar como base el método actual para una comparación
2. Identificar el método adecuado para establecer un pronóstico con el menor error posible con los datos de producción mensual, basado en los últimos treinta y seis meses de actividad
3. Identificar el esquema del proceso de producción
4. Analizar los diagramas de flujo de la fabricación del producto y su eficiencia con los cuellos de botella
5. Realizar un estudio de la capacidad instalada de la planta
6. Analizar los flujos de pedidos de materia prima para el manejo de materiales de los proveedores
7. Realizar los cuadros adecuados para la planificación del proceso de producción, tomando como ejemplo un pedido real en un tiempo estipulado

8. Utilizar los diagramas de *Gantt* utilizados para la asignación de tareas en el proceso de producción.

## INTRODUCCIÓN

La propuesta para la planificación y programación de operaciones a una empresa de procesos transformadores de polietileno, sirve de referencia para la toma de decisiones, con base a los resultados de una productividad presente. Se tratarán de establecer parámetros en los cuales se guíe de una forma adecuada y científica y así poder contribuir a una mejor planificación y programación de operaciones.

La planificación de operaciones indica el alcance de objetivos a corto plazo, los cuales, por su magnitud están enfocados a las áreas de producción, debido a que ésta necesita un tiempo corto para la entrega de su producto a sus clientes en el menor tiempo posible y con la mejor calidad.

La planificación de operaciones requiere de elementos como lo son, la utilización del método adecuado de pronósticos, el análisis de métodos de producción, capacidades instaladas, requerimientos de materiales, fuerza laboral, el tiempo real para producción, la eficiencia de las líneas de producción, los métodos de programación de producción, la papelería empleada para órdenes de compra, de producción, de mantenimiento, etc., todo esto tomando en cuenta un calendario de actividades el cual incluye los días festivos, descansos, etc.

El presente trabajo, muestra cinco capítulos en los cuales se indica una forma sistemática para este proceso. En el capítulo 1, se puede apreciar una breve reseña histórica de los procesos de transformación de polietileno; en el 2, se indica la descripción del equipo utilizado para su proceso de producción,

con el fin de indicar el funcionamiento de su proceso, capacidades, funciones, diagramas de flujo del proceso, etc.

El 3, indica el manejo de materiales, materias primas utilizadas, los pedidos de materia prima por proveedor, tiempos de pedido de materias primas, demoras de entrega, etc.; en el penúltimo, se ve primero la planificación y programación de operaciones actual, y finalmente el capítulo 5 indica el proceso propuesto para la planificación y programación de operaciones con los datos generales que se han obtenido en los capítulos anteriores para su realización, además de la papelería para asignación de tareas.

Con la planificación y programación de operaciones se reducen: el tiempo de atención a clientes, reducción de costos y se aprovecha al máximo la capacidad instalada y mano de obra de la empresa.

# **1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS**

A través del tiempo el proceso de flexografía ha sufrido avances importantes tanto en la maquinaria como en sus materias primas.

## **1.1. Reseña histórica de la transformación del polietileno**

El polietileno pertenece al grupo de los polímeros de las poli-olefinas, éstas provienen de hidrocarburos compuestos por átomos de carbono e hidrógeno y con dobles enlaces C-C. ejemplos de estos son el etileno, el propileno y el isobutileno. El polietileno fue obtenido accidentalmente por los estudios de alta presión del etileno que se realizaron en Ámsterdam. Este fue un hallazgo afortunado que se aprovechó para producir polietileno a partir de una mezcla de etileno y benzaldehído.

En 1952 se desarrolló en Alemania, un procedimiento de polimerización de etileno sin presión recurriendo a catalizadores de alquialuminio y otros similares. En 1954 se desarrolla el proceso Phillips, con el uso de catalizadores de óxidos metálicos. Estos procesos proporcionan polímeros de bajas presiones y temperaturas, en consecuencia se tienen algunas modificaciones en la estructura, esto se refleja en el aumento de la densidad, son más duros y tienen mayores temperaturas de ablandamiento.

Al final de los 70, apareció el polietileno Lineal de Baja Densidad (PELBD), fue visto con interés considerable, ya que muestra propiedades y estructura intermedia entre los materiales obtenidos a baja y alta presión.

El polietileno de muy baja densidad, es introducido por unión caribe en 1985 y en 1990 con las investigaciones de los catalizadores metalocénicos, las compañías comenzaron la producción de los primeros olefinicos, que combinan procesabilidad y buenas propiedades mecánicas.

### **1.1.1. El polietileno y los desarrollos de 1950 - 1960**

A continuación, se presenta una breve descripción del período en el que se comenzó a utilizar el polietileno y se hicieron algunas comparaciones ante su gran adversario el celofán, además de algunos desarrollos en las prensas de las máquinas de impresión y lo más importante, el desarrollo en la formulación de las tintas utilizadas.

#### **1.1.1.1. Desafío exitoso del polietileno al celofán**

Muchas nuevas películas desde los poliésteres hasta los celofanes recubiertos con polímeros fueron introducidos en la industria durante los años 1950 a 1960. Hasta comienzos de la década, a pesar de los innumerables tipos de materiales flexibles de empaque en el mercado, el celofán indiscutiblemente fue el más popular, ahora lo es el polietileno.

En el comienzo de esa década, sin embargo, el celofán, el campeón de las marcas por 20 años consecutivos encontró un competidor real, el polietileno. Además de sus características funcionales, el polietileno tiene otras propiedades físicas no compartidas por el celofán, particularmente su flexibilidad o extensibilidad.

Éstas características únicas han expandido su aplicación al campo del empaque incluyendo productos agrícolas, textiles, ferretería y alimentos donde los usos de las otras películas estaba limitado.

#### **1.1.1.2. Desarrollos en las prensas requeridos por “POLY”**

La impresión de este tipo de película de polietileno, la cual se encoge y arruga fácilmente bajo tensión y temperatura, presentaba una multitud de problemas (secado de tintas, centrado de sellos, corrimiento de impresiones, etc.). Nuevamente, esto estimuló nuevos progresos en el diseño, y para contrarrestar las dificultades de impresión del polietileno, se necesitaron nuevos refinamientos en los equipos básicos de flexografía. El polietileno, también fue responsable de la mayoría de los cambios fundamentales en la formulación de las tintas.

Adicionalmente, algunas de las innovaciones para mejorar el proceso y control del comportamiento físico fueron la de mejorar el control de la tensión de desembobinado y rebobinado, desarrollo de guías de control, lateral de la cinta, sistemas de pegado automático, y otros refinamientos tales como sistemas de presión neumática e hidráulica y secadores controlados.

#### **1.1.1.3. Formulación de tintas para el “POLY”**

Al igual que lo ocurrido con el celofán, el cual fue el responsable del desarrollo de una resina denominada “*Shellac*”, como componente básico de las tintas, la cual ha permanecido por muchos años como resina básica en las tintas flexográficas.

El polietileno fue también responsable de la introducción de una nueva resina que habrá de permanecer mucho tiempo en el campo. *Shellac*, un producto resinoso proveniente de la India, producido por un insecto, ha sido el aglutinante estándar de las tintas flexográficas por más de un cuarto de siglo.



Las tintas flexográficas con resinas poliamidicas, desarrolladas en 1955 se caracterizaron por su excelente brillo y adhesión a las distintas películas flexibles disponibles.

Después de prolongados ensayos y descubrimientos, las tintas de poliamida emplearon una combinación de solventes, mezclas de alcohol y ether o acetato.

## **1.2. Origen y desarrollo de la flexografía**

Como se menciona a continuación, ya conocido el proceso de impresión, se seleccionó un nombre que fuera acorde al proceso, para luego preparar una definición de lo que encierran en sí todas las funciones de la transformación del polietileno a películas para envoltura.

### **1.2.1. Primer nombre**

El proceso de impresión conocido como “anilina” fue introducido en los Estados Unidos en gran escala en los años 1920. Donde las primeras prensas, casi en su totalidad fueron importadas de Alemania. Donde el proceso aún conserva el nombre “*gummidruck*” o impresión con plancha de caucho.

En América, el proceso fue denominado impresión anilina, debido a que en ese tiempo el colorante de base en alquitrán – de la misma familia de aceites anilina – eran empleados como ingredientes colorantes en las tintas. Muchos compradores de empaque para alimentos tuvieron objeciones por el nombre debido a que el alquitrán o anilina eran derivados del petróleo.

### **1.2.2. El nombre seleccionado**

El 22 de octubre de 1952 durante el 14º. Foro del Instituto de Empaques, se anunció que el nombre de flexografía había sido escogido por abrumadora mayoría. El término flexografía y al adjetivo “flexográfico” fueron rápidamente adoptados y aceptados en el ámbito mundial en un tiempo relativamente corto.

### **1.2.3. Definición del proceso flexográfico**

La definición oficial del término, adoptado por el recién formado *Flexographic Printing Committee del Packaging Institute*: fue un método de impresión tipográfico rotatorio que emplea planchas de caucho y tintas fluidas de rápido secado.

A causa del gran crecimiento en la tecnología y en el campo de aplicación de la flexografía en los años de 1980 la definición se modifica como sigue:

### **1.2.4. Flexografía**

La flexografía es un método de impresión rotativo directo que usa planchas resilientes con imagen en alto relieve, ajustables a los cilindros de portaplanchas de longitudes de repetición variables, entintadas por un rodillo o por un rodillo provisto de una racleta (*Doctor Blade*). Que transportan tintas fluidas o pastosas virtualmente a cualquier sustrato. La flexografía está relacionada con la tipografía por cuanto ésta imprime también por medio de una imagen en alto relieve.

### **1.3. Períodos de origen y desarrollo**

El proceso flexográfico durante el último siglo ha tenido grandes avances significativos para el comercio a nivel internacional de cada país, y a consecuencia de las necesidades de clientes más exigentes en calidad, se han recopilado los hechos que se consideran de mayor interés para todo investigador interesado en el tema. A continuación se presentan los dos períodos que consideramos de mayor importancia y sus hechos:

#### **1.3.1. De 1860 – 1930**

Este se caracteriza por ser un período de la invención de las máquinas para el proceso de impresión sobre materiales blandos.

##### **1.3.1.1. Primeras planchas de impresión y prensas**

El advenimiento de la Primera Guerra Mundial paralizó todo proceso significativo en el campo del proceso anilina. Después de la guerra, y particularmente con el amanecer de los años veinte un empresario francés comenzó a explotar prensas tipo anilina que empleaban tintas fluidas basándose en aceites volátiles para llenar las necesidades del impresor americano.

Dichas prensas eran de uno, dos y tres colores de 16 hasta 36 pulgadas de ancho. Las prensas marca *Windmoeller & Hoelscher* eran tipo convencional de torre, mientras que las *Strachan* y las *Henshaw* eran de tambor centra.

### 1.3.1.2. Características de las primeras prensas

Hasta 1935 fue un diseño sencillo, el marco de estas prensas era muy liviano estructuralmente y difícil de sostener sobre el piso. El sistema de impresión consistía esencialmente de una bandeja o receptor de tinta, un rodillo fuente, un rodillo entintador, un cilindro portador de la plancha y un cilindro impresor.

El rodillo dador de tinta estaba colocado generalmente encima del rodillo de la fuente y al aumentar la velocidad se originaban salpicaduras de tinta que no podían controlarse. La cantidad de tinta aplicada fue regulada variando la presión entre el rodillo de la fuente y el rodillo de tinta, los cuales eran de caucho y corrían con una relación de velocidad uno a uno retornando el exceso de tinta al tintero la película de tinta era transferida desde el rodillo entintador hasta la plancha a través de un ligero contacto de rotación, la plancha a su vez transfería la tinta a la cinta o sustrato a través de un contacto leve denominado impresión “al beso”.

La tinta se vertía a mano en el tintero donde ella era agitada por una cuchilla o más generalmente, una paleta de madera. No se disponía de ningún sistema de agitación mecánica ni mucho menos de recirculación de tinta.

Las guardas para prevenir salpicaduras en el tintero eran toscas e inadecuadas, resultando en un sobre flujo de tinta o reguero sobre el piso. No se tenían cilindros de plancha o rodillo *anilox* con desconexión automática ni provisión para el rodillo de la fuente en tiraje continuo. Además, existían ajustes individuales para los cilindros de plancha y rodillos entintadores y cada uno debía ser manipulado manualmente cuando se paraba la prensa.

#### **1.3.1.3. Desarrollo de la tinta**

Las tintas con mejor desarrollo en este período podrían llamarse tintas secas o en polvo. Estos polvos eran mezclas de colorantes con un agente fijador, y esto marcó la dirección correcta del desarrollo. Eran tintas más apropiadas para el almacenamiento y las formulaciones podían ser más fácilmente manipuladas para acondicionarlas a los requerimientos de las prensas.

#### **1.3.1.4. Preparación del arte y la plancha**

Antes de conocer el fotopolímero, los sellos de impresión eran elaborados sobre planchas de caucho, donde eran dibujados manualmente los dibujos y luego cortados a con cuchillas, quitando una capa de la plancha va dejando en relieve de los dibujo. Este método era bueno pero demasiado lento e inexacto en los bocetos.

Era casi imposible una buena plancha con los conocimientos, equipos y técnicas de ese tiempo. Al no conocer las temperaturas y presiones propias de moldeo, la presencia de burbujas era frecuentemente y no era extraño tener que preparar seis o siete planchas antes de obtener un resultado satisfactorio.

Para una comprensión del proceso actual de elaboración de las planchas de fotopolímero. (véase el inciso 2.1.1.2. y 2.1.1.3.)

#### **1.3.1.5. Montaje de la plancha**

En las primeras etapas, la flexografía tenía únicamente una ventaja sobre los otros sistemas de impresión con respecto al montaje de las planchas.

El cilindro portador de la plancha podía ser removido de la prensa para la operación del montaje.

La deficiente calidad de las planchas originaba puntos altos y bajos, una vez que la plancha montada se probaba en la prensa teniendo que emplear tres o cuatro horas en arreglos en la prensa y por consiguiente tiempos improductivos.

#### **1.3.1.6. Necesidad de la tecnología**

Prensas mal construidas, tintas deficientes, planchas de mala calidad, cilindros de planchas con relación de piñones mal seleccionados y carentes de técnica, todo ello contribuyó a generar una impresión con imágenes fantasmas, marcas de engranajes y en general de mala calidad.

#### **1.3.2. De 1930 – 1950**

Este período se caracteriza por ser un período para mejorar el sistema de impresión (calidad) tanto de materiales para imprimir como materiales para empaque.

##### **1.3.2.1. Efecto del celofán sobre la flexografía**

En 1930 con el advenimiento del celofán como un material de empaque se encuentra un nuevo campo para la flexografía. Ninguno de los sistemas de impresión tipográfico o litográfico cumplía satisfactoriamente las necesidades de impresión de este material transparente y absorbente.

No obstante, poderse emplear en rotograbado, el costo del equipo y de la grabada de los cilindros restringía este proceso a órdenes de tiraje muy largo.

Para su uso era necesario: 1) reformular las tintas para obtener una impresión fina y buena adherencia de éstas sobre el sustrato. Se requería también el empleo de calor, para obtener una buena adherencia y secado de las tintas sobre este material no absorbente. Calentadores y sopladores de aire caliente, montados después de las estaciones de impresión, fueron desarrollados para permitir un secado satisfactorio a velocidades de 100 y 150. Se sabe que las únicas tintas en ese entonces eran transparente y a base de colorantes.

### **1.3.2.2. Rediseño de tintas**

Fue primordial la necesidad de una tinta de anilina opaca donde finalmente se llegó al desarrollo de una tinta de anilina pigmentada de blanco que podría ser usada como fondo en un primer pasón y como aditivo para dar capacidad a las tintas transparente.

Dada la necesidad, algunos progresos significativos se hicieron en el campo de las tintas. Inmediatamente después del desarrollo de la tinta blanca con dióxido de titanio. Las tintas pigmentadas de amarillo y naranja llegaron al mercado. Posteriormente en 1934, las tintas metálicas, tanto oro como plata, hicieron su aparición, seguida del rojo, azul, verde y negro.

Desde los últimos años del siglo 19 hasta 1955 los únicos tipos de tinta flexográfica eran formulaciones de colorantes de base alcohólica, incluyendo pigmentos y tintas de base acuosa. Dependían para su secado de la absorción y por consiguiente no eran apropiadas para películas plásticas y otros materiales no absorbentes.

Estas tintas, eran dispersiones de colores en un sistema proteína – agua, o en un vehículo consistente de emulsiones acuosas, o jabones de

resinas naturales o sintéticas. Tanto las tintas de base proteína, como base resina, requerían la adición de un emulsificante para obtener la solución o la dispersión.

Las tintas de base alcohol fueron formulaciones de sustancias colorantes disponibles, resinas naturales o sintéticas, plastificantes aditivos (químicamente adicionados para impartirles ciertas características especiales por ejemplo, buena adherencia, resistencia al roce, etc.) y, naturalmente alcohol como solvente.

#### **1.3.2.3. Velocidades de impresiones**

Las velocidades de impresión junto con el ojo eléctrico (sensores de proximidad ) hicieron factible la impresión flexográfica rollo a rollo. Las velocidades de la prensa podían ahora incrementarse considerablemente, contando con que hubiese una fuente de calor adecuada para el secado de las tintas donde luego se colocaron los secadores.

Las ventajas de las velocidades variables de impresión y la impresión rollo a rollo expandió el campo del sistema de impresión con anilina adicional a los materiales para empaque flexible tenían la posibilidad de ser impresos por este proceso, papel regalo, toallas higiénicas y envolturas de cajas, resmas de papel cartón, además de una innumerable variedad de otros materiales que requerían ser manejados en rollos.

#### **1.3.2.4. Desarrollo de nuevos sustratos**

Los desarrollos impulsados tales como el celofán a prueba de humedad, película de acetato y "*Pliofilm*" además de "*Glassine* y *el foil*" que también son impresos en flexografía.



### 1.3.2.5. Adelantos en los diseños de los secadores

Hasta 1940 las prensas flexográficas eran entregadas sin dispositivo de secado. Pero los impresores ya habían diseñado e instalado dispositivos propios entre las estaciones, tales modificaciones no eran generalmente incluidas en el diseño de la prensa. Los secadores de tinta eran calentadores eléctricos de varios tipos, sopladores de aire y quemadores. Al no contar con secadores apropiados el secado de la tinta era lento, con lo cual se debía imprimir demasiado lento.

**Ventajas:** el contar con secadores eficientes disminuye el riesgo de que la tinta se corra en los rollos ya impresos, pues estos dan un tiempo menor de secado a la tinta durante va corriendo la película ya impresa, aumentando así la capacidad de corridas de producción.

### 1.3.2.6. La llegada de los rodillos *anilox*

Un notable avance fue hecho durante este período cuando la división de artes gráficas de la *Interchemical Corporation* introdujo el rodillo de transferencia que trabajó mecánicamente o rodillo dosificador de tinta, el cual había sido empleado anteriormente en rotograbado como un rodillo para aplicar recubrimientos y que posteriormente se conoció con el nombre de rodillo *anilox*.

Luego otros desarrollados fueron cristalizados, dos de los cuales consistieron en el sistema de mantener girando los rodillos de tinta mientras se paraba la prensa y el de desacoplar automáticamente el cilindro de plancha separándolo del cilindro impresor y del rodillo *anilox*.

### **1.3.2.7. Surgimiento del montaje de planchas**

Más tarde se desarrollaron las planchas moldeadas cilíndricas, autocolocables que son las que actualmente se utilizan de tamaño controlado, rodillos de diseños continuos con diversos motivos y un sistema de premontaje variable durante el proceso de moldeo de las planchas. Luego se presentó el montador de prueba, una máquina que permite imponer las planchas y hacer los registros completos fuera de la prensa, con lo cual se habría el camino para un incremento de la producción, minimizando los tiempos muertos en la prensa mientras se cambiaba de un trabajo siguiente.

### **1.3.2.8. La flexografía se introduce en muchas industrias**

El proceso fue aceptado después para la impresión de materiales nuevos como los vinilos para cortinas de baño, etc.

El proceso anilina tenía ahora su propio posicionamiento. El número de convertidores, usualmente constituido por artesanos expertos se multiplicó. Había empezado una nueva era para una industria que estaba creciendo a saltos.

Desde la fundación de la FTA (*Flexographic Technical Association*) en diferentes partes del mundo se realizan reuniones, foros, etc., para realizar intercambio de tecnología a nivel mundial, realmente la flexografía es una industria destinada a un crecimiento continuo.

#### **1.4. El polietileno y los desarrollos en su campo**

Al descubrir las ventajas que daba la utilización del polietileno, se produjo en mayores cantidades, deduciendo de manera muy particular su estructura y elementos que la forman.

##### **1.4.1. Materias primas**

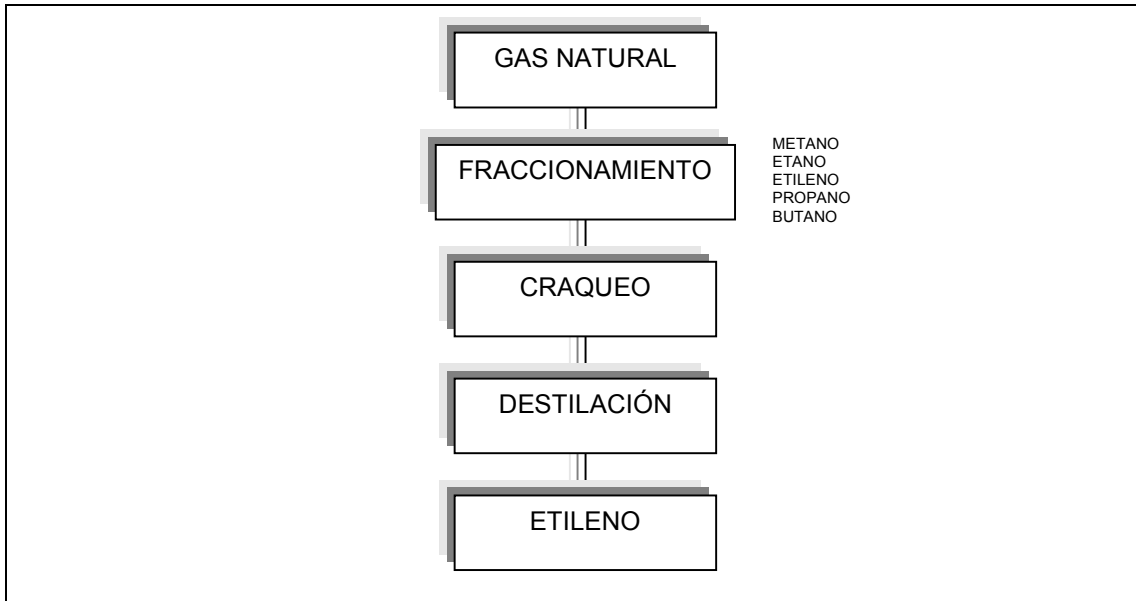
El etileno es la materia prima para la obtención del polietileno, también existe polietileno copolímero, que además del etileno contiene butadieno, hexeno u octeno.

##### **1.4.2. Descripción del proceso de obtención del monómero de etileno**

Se obtiene del petróleo y del gas natural mediante el craqueo a temperaturas elevadas. Otra forma de obtención es mediante la separación de las primeras fracciones obtenidas en la destilación primaria del petróleo.

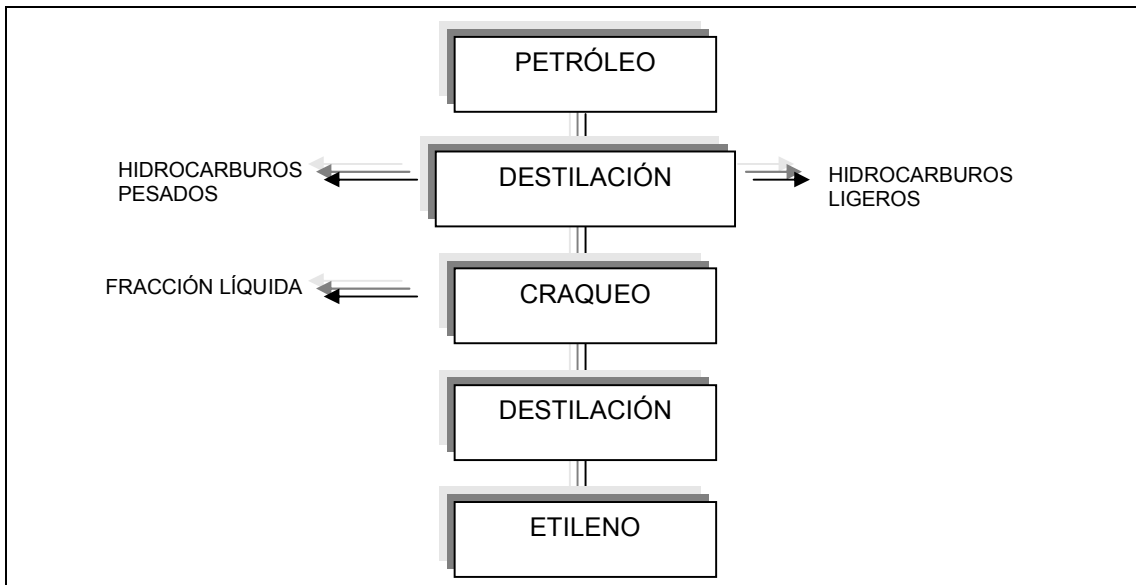
En el transcurso de éste se establece el diagrama de proceso de producción por medio de gas natural y petróleo.

**Figura 1.** Obtención de etileno a partir de gas natural



**Fuente:** Dow Química de México 1987

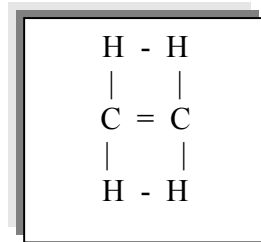
**Figura 2.** Obtención de etileno a partir de petróleo



**Fuente:** Dow Química de México 1987

### 1.4.2.1. Estructura

La estructura del etileno es la siguiente:



El etileno es un gas incoloro con olor dulce y temperatura de auto ignición de 450°C. a una pureza no menor de 96% en volumen es ligeramente soluble en agua, alcohol y ether etílico. Es poco tóxico y extremadamente inflamable.

### 1.4.3. Clasificación

Los polietilenos se clasifican por:

- Contenido de monómeros
  - Homopolímero
  - Copolímero
  
- Densidad
  - Baja densidad
  - Alta densidad
  
- Peso molecular
  - De acuerdo al proceso por el cual se va a transformar

#### 1.4.4. Densidad

Los polietilenos son clasificados de acuerdo al código A.S.T.M., por su densidad como:

|                   |  |
|-------------------|--|
| Baja densidad de: | 0.91 – 0.940 g/cm                                  |
| PEBD              | Polietileno de baja densidad                       |
| PELBD             | Polietileno lineal de baja densidad                |
| Alta densidad de: | 0.941 – 0.965 g/cm $\geq$                          |
| PEAD              | Polietileno de alta densidad                       |
| PED – APM         | Polietileno de alta densidad - alto peso molecular |
| UHMWPE            | Polietileno ultra alto peso molecular (98)         |

Los efectos al aumentar la densidad son:

**Tabla I.** Efectos del aumento de la densidad en el PE

| <b>Propiedad</b>                             | <b>Efecto</b> |
|--|---------------|
| Rigidez                                      | Aumenta       |
| Dureza                                       | Aumenta       |
| Resistencia a la tensión                     | Aumenta       |
| Resistencia a la abrasión                    | Aumenta       |
| Resistencia química                          | Aumenta       |
| Barrera a gases                              | Aumenta       |
| Brillo                                       | Disminuye     |
| Punto de reblandecimiento                    | Aumenta       |
| Resistencia al impacto de bajas temperaturas | Aumenta       |
| Resistencia al rasgado (película)            | Disminuye     |
| Elongación                                   | Disminuye     |

**Fuente:** Dow Química de México 1987

Los polietilenos se clasifican de la siguiente forma según su peso molecular, se debe considerar la fluidez del material según su uso.

**Tabla II.** Efectos del aumento de la densidad en el PE

| <b>Clasificación</b> | <b>Peso molecular (g/mol)</b> |
|----------------------|-------------------------------|
| LDPE                 | 100,000 – 300,000             |
| LLDPE                | 200,000 – 500,000             |
| HDPE                 | 200,000 – 400,000             |
| HMWHDPE              | 200,000 – 500,000             |
| UHMWPE               | 1,500,000 – 6,000,000         |

**Fuente:** Dow Química de México 1987

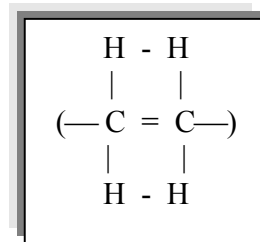
Los efectos al aumentar el peso molecular son:

**Tabla III.** Efectos del aumento de la densidad en el PE

| <b>Propiedad</b>              | <b>Efecto</b> |
|-------------------------------|---------------|
| Viscosidad de la masa fundida | Aumenta       |
| Resistencia a la tensión      | Aumenta       |
| Resistencia al impacto        | Aumenta       |
| Dureza                        | Aumenta       |
| Resistencia a la abrasión     | Aumenta       |
| Rigidez                       | Aumenta       |
| Elongación                    | Disminuye     |
| Resistencia química           | Aumenta       |
| Barrera a gases               | Aumenta       |
| Punto de reblandecimiento     | Aumenta       |
| Transparencia                 | Disminuye     |
| Brillo                        | Disminuye     |
| Índice de fluidez             | Disminuye     |

**Fuente:** Dow Química de México 1987

Por su estructura simétrica, presenta tendencia a cristalizar, por ello el polietileno es un termoplástico semicristalino, siendo su estructura:



El polietileno con cadenas poco ramificadas tiene gran cristalinidad. La cristalinidad alta y la distancia corta entre macromoléculas vecinas hacen que el polietileno, tenga una alta densidad y mayor resistencia.

En la fabricación del polietileno existen dos procesos.

- Proceso de alta presión
  - Polietileno de baja densidad
  
- Proceso de baja presión
  - Polietileno de alta densidad
  - Polietileno lineal de baja densidad
  - Polietileno alto peso molecular
  - Polietileno ultra peso molecular

#### **1.4.5. El polietileno utilizado**

En las mezclas se tienen:



**Tabla IV.** Mapa de la familia del polietileno

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Mezclas                    | <ul style="list-style-type: none"><li>• Polietileno clorosulfurado</li><li>• Polietileno pet</li></ul>   |
| Naturales<br>Homopolímeros | <ul style="list-style-type: none"><li>• Alta densidad (PEAD)</li><li>• Alto peso molecular y alta densidad</li><li>• Baja densidad (PEBD)</li><li>• Lineal de baja densidad (PELBD)</li><li>• Muy baja densidad</li><li>• Ultra alto peso molecular (PEMBD)</li></ul>  |
| Naturales<br>Copolímeros   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Ácido – etilen – acrilato (AEA)</li><li>• Ácido metilen – metacrilato (Aamma)</li><li>• Etilen – butil – acrilato (EBA)</li><li>• Etilen – etil – acrílico (EEA)</li><li>• Etilen – metil – acrilato (EMA)</li><li>• Etilen – vinil – acetato (EVA)</li><li>• Ionómero de intercambio iónico</li></ul> |

**Fuente:** Dow Química de México 1987

#### **1.4.6. Escasez de polietileno**

Debido a que el etileno (es el elemento principal para la fabricación del polietileno), según fuente de la empresa se tiene información que éste solo se podrá obtener durante aproximadamente 12 años más, como se mencionó anteriormente.

#### 1.4.7. Sustitutos del polietileno

El polietileno es la más nueva de las materias plásticas de masa y ha alcanzado en pocos años un desarrollo productivo y una variedad de aplicaciones precedentes, pero es importante saber que en el mercado existen otros productos que pueden ayudar a sustituirlo y así mermer la contaminación que produce el polietileno al medio ambiente. Entre algunos de sus sustitutos tenemos:

**Poliuretanos:** Los encontramos también botes y bolsas pero quizás lo más común sea el poliuretano expandido, puede comercializarse como planchas, cajas o en dos componentes químicos que al mezclarse se expanden constituyendo la espuma, estos elementos son de gran utilidad para construir embalajes perfectamente adaptados a un contorno o como férulas provisionales al levantar materiales arqueológicos, estas espumas presentan distintas densidades y tiempos de espumado según comerciantes o versiones. Su uso como embalaje a largo plazo no es del todo recomendado debido a su envejecimiento, de usar el expandido por nosotros es conveniente esperar algunos días a que se evapore todos los restos alcohólicos que componen sus disolventes.

**Poliestireno:** es el conocido "corcho de bolitas, generalmente blanco" o *Porexpan*. Es un material con muy buenas propiedades térmicas de absorción de impactos y estable, también se puede encontrar extruido el cual presenta las mismas propiedades pero con menor volumen, y más caro. También existen versiones, encaminadas a la alimentación, recubiertas de aluminio, lo cual mejora todas sus propiedades considerablemente.

**Papel:** utilizado también en bolsas, empaques y otros, pero debido a la cantidad enorme de la demanda de embalajes, su uso se limita debido a su costo, pero constituye un buen sustituto debido a que es biodegradable y reciclable.

**Vidrio:** Es un sustituto para alimentos de tipo líquido, además de ser biodegradable y reciclable, constituye un fuerte sustituto para la envoltura de líquidos en bolsas, su costo es más elevado y la reutilización de los mismos lleva mayor trabajo para su reutilización.

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DEL POLIETILENO**

Al realizar un diagrama de operaciones se posee una mejor idea del proceso de fabricación de película flexible de polietileno, para lo cual nos referimos al trabajo de campo

### **2.1 Proceso general**

El proceso de la transformación del polietileno está compuesto por dos etapas que son preprensa y producción para llegar a un producto final que satisfaga las necesidades del cliente llevando la siguiente secuencia:

#### **2.1.1 Prerensa**

Para que un pedido se lleve a cabo el proceso de cumplir con una orden de producción se divide en dos fases, iniciando con ella la de preprensa, la cual indica donde se genera un nuevo cliente, teniendo en sus pasos el área de ventas, arte y fotomecánica, fotograbado, montaje y tintas y solventes, en las cuales se hacen todos los preparativos para que la impresión se realice sin ningún atraso y con la mejor calidad posible.

##### **2.1.1.1 Venta**

En esta etapa se inicia por que el cliente lo solicite o se busque su consumo con sus especificaciones para cada tipo de producto (resistencia mecánica, química, etc.).

Luego se le solicita al departamento de arte y fotomecánica que realice un diseño para mostrárselo al cliente y éste dé sus correcciones y/o lo de por aprobado el diseño y la cantidad de su pedido.

#### **2.1.1.2 Departamento de arte y fotomecánica**

Al ser aprobado el diseño por el cliente este se prosigue a fotomecánica donde se realizan los negativos y positivos que son utilizados en el departamento de fotomecánica. Si se necesita, se envía a ser una separación de colores del diseño (que servirán para realizar los sellos de fotopolímero que juntos en la imprenta, color por color formarán las imágenes). Se envía una copia a control de calidad y otra al departamento de tintas quienes proveerán los colores adecuados para la impresión.

Para la fotomecánica, se trabaja en un cuarto oscuro donde se tiene un aparato llamado contactera, donde se coloca el acetato con la imagen en la parte de abajo. Luego se coloca la película virgen encima con el carbonato de plata, siendo necesario un tiempo de 30 minutos aproximadamente, algo muy importante es que se depende de la temperatura que para que se guarden los colores ya quemados o guardados en la película virgen de acetato.

Al ser terminado este proceso se sumerge en fijadores G386c en agua, para que la imagen quede fija.

En este proceso se lleva a cabo un preparado de solventes siendo las partes: 1A + 4H<sub>2</sub>O + 1B y utilizando un revelador marca *Litex* G90t con el que aparece la imagen. Ver diagrama 2.6.1

### **2.1.1.3 Fotograbado**

La plancha moldeada es producto de varias etapas de preparación, incluyendo fotografiado del arte, negativos fotográficos, patrón de moldeo o matriz y plancha de impresión.

El material que va a ser grabado lleva un recubrimiento fotosensible donde la luz actúa sobre las áreas expuestas del recubrimiento a través del negativo, endureciendo el recubrimiento. Las áreas opacas del negativo protegen las áreas del recubrimiento que deben permanecer solubles.

Una vez que las áreas expuestas son lavadas y reveladas con solvente, aparecen áreas en alto relieve y a nivel que constituyen las áreas de imagen y las de no-imagen. A partir de ésta matriz se fabrica el molde.

Se deberá realizar una plancha de sello por cada color a aplicar.

### **2.1.1.4 Montaje**

En este departamento, luego de realizadas las planchas de impresión en fotograbado se procede a montarlas, iniciando con la selección de los cilindros adecuados para las planchas y la orden de producción.

Las planchas son montadas con adhesivo especial en forma centrada en todos los cilindros para que al colocar color por color queden ajustados sobre la película de polietileno.

Su procedimiento es:

- a. Medir rodillo y diámetro de circunferencia en el área de rodillos, para determinar en el cual se puede utilizar la mayor cantidad de sellos
- b. Llevar el rodillo al área de montaje
- c. Alistar los sellos de fotopolímero ya realizados
- d. Colocación del rodillo con polipasto en un banco especial, donde se mide nuevamente su diámetro para verificar su aprovechamiento en el máximo número de sellos posibles
- e. Utilización de tabla de medidas de corte de película

**Tabla V.** Medida de compases a usar para centrado de sellos

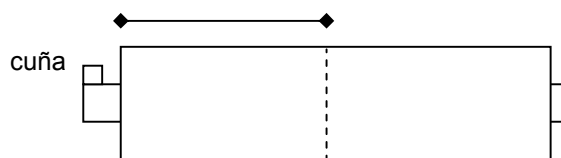
| Ancho medida rodillo cm. | Ancho para compás | Compás 1 | Compás 2 | Compás 3 |
|--------------------------|-------------------|----------|----------|----------|
| 32.50                    | 32.50             | 16.30    |          |          |
| 33.00                    | 33.00             | 16.50    |          |          |
| 18.00                    | 18.00             | 9.00     | 27.00    |          |
| 17.20                    | 17.20             | 8.60     | 25.80    |          |
| 19.10                    | 19.10             | 9. 5 ½   | 28. 6 ½  |          |
| 30.50                    | 30.50             | 15. 2 ½  |          |          |
| 12.10                    | 12.10             | 6 ½      | 18. 1 ½  | 30. 2 ½  |
| 22.50                    | 22.50             | 11. 2 ½  |          |          |
| 38.90                    | 38.90             | 19. 4 ½  |          |          |
| 22.90                    | 22.90             |          |          |          |
| 12.70                    | 12.70             | 6. 3 ½   | 19 ½     | 31. 7 ½  |
| 19.00                    | 19.00             | 9.50     | 28.50    |          |

**Fuente:** Taller de montaje de la empresa en estudio

Esta tabla se utiliza en base al centro del rodillo y así se elige la cantidad de compases para la colocación de las planchas.

- f. Verificar el tipo de embobinado para corte en *sliter*, procediendo a ubicar el centro del rodillo, para colocar las guías de corte
- g. Colocar una plancha de adhesivo
- h. Verificar el centro para con la cuña de engrase que es de 1 cm.

Distancia desde la cuña



- i. Verificar el largo de la plancha para ver si falta y si se puede colocar otro sello en el área de perímetro
- j. Colocación del sello y verificación con un compás
- k. Se debe medir y cortar el adhesivo sobrante con escuadra y cuchilla
- l. Se verifica la exactitud del montaje de los colores en la montadora computarizada marca MIRAGE 336. Este se utiliza en lugar de los compases para pedidos demasiado exigentes por exactitud del casado de colores
  - Verificar con las guías del negativo
  - Exactitud de tramas
- m. Al terminar son transportado al área de terminados, ya listos para ser utilizados en las imprentas



Luego de ser utilizados en la impresión, el departamento de montaje también es el encargado de realizar la limpieza de los cilindros y de archivar los sellos hasta que se repita la orden del mismo.

El proceso de limpieza es el siguiente:

- a. El personal de producción deja en un área afuera los cilindros ya utilizados donde son traídos para su limpieza
- b. Se desmontan los sellos y se quita el adhesivo
- c. Se sumergen en alcohol por una hora
- d. Se limpian con cepillo con solvente
- e. Se ponen a secar los sellos durante 2 a 3 horas para eliminar el solvente.
- f. Se archivan

Para el proceso de montaje el equipo utilizado es, compases, reglas, polipasto, rodillos, adhesivo, marcadores, lapiceros y cintas adhesivas.

#### **2.1.1.5 Tintas y solventes**

El departamento de producción envía la orden al departamento de tintas donde se buscan o preparan las tintas y así tenerlas listas cuando producción lo necesite.

Se utilizan los tipos de trabajo plano, que indica a las tintas oscuras que pueden no llevar separación de colores y la tinta proceso que es utilizada para las impresiones con separación de colores, puesto que son tintas más transparentes y hacen que los puntos salgan más definidos.

Las tintas utilizadas varían según el producto que maneja el cliente, y éstos son: a) la línea de cloro; b) la línea para envasado de refrescos, grasa, agua pura, leche, crema, todos éstos son trabajos planos y c) la línea de tinta proceso que es para pantalla, trama y se pueden utilizar para a y b.

El departamento de tintas lleva un proceso antes de entregar la tinta al departamento de producción el cual se puede observar en la figura 7.

Para el proceso se utilizan dos tipos de solventes: el primero, es para la línea de hipoclorito de sodio y se asigna un solvente L135; y segundo, que es utilizado para las otras solicitudes y es el solvente L137.

## **2.1.2 Producción**

En ésta área se realiza la extrusión de la película dependiendo de la mezcla necesaria, además se tiene el proceso de impresión, transformación y *sliter*, para luego ser trasladada a producto terminado.

### **2.1.2.1 Mezcla de materia prima**

En este se recibe la orden de producción del tipo de mezcla y cantidad de bobina que se necesita para la producción, estableciendo si se necesita alguna mezcla especial.

En el capítulo 1 se mencionan los tipos de polietileno utilizados, pero se debe tener en cuenta las normas de la A.S.T.M. donde tiene establecidos diferentes rangos de densidad (1.5.1 del capítulo 1)

### **2.1.2.2 Extrusión**

El proceso de la extrusión, es la producción de una película continua, forzando resinas de polietileno a través de un tornillo sin fin calentado por medio de resistencias eléctricas, donde se hace llegar a un orificio de salida en donde es moldeado de acuerdo con los requerimientos necesarios. En el orificio de salida se aplica aire para formar una burbuja para luego, a temperatura ambiente aplanarla y enrollarla.

Luego de la mezcla realizada se pasa al proceso de extrusión de la resina donde se fabrica la película de polietileno, teniendo los parámetros de la orden de producción como lo es, el espesor, número de bobinas, el control de rangos en sus medidas, si la película es de dos o tres capas, ejemplo de dos capas, tres capas, espesor en micrones, ancho de película, etc. para luego asignar la máquina que la va a procesar.

Existen diferentes tipos de procesos que se usan en extrusión como elemento necesario para lograr el inicio de su proceso, pero únicamente, se hablará del proceso de extrusión conocido como *BLOWN FILM EXTRUSION*, en el que se logra levantar burbujas de polietileno a través de aire y rodillo halador. (Ver página 33).

El buen funcionamiento de los extrusores para la producción de película de polietileno puede subir o bajar un 10% la producción de la misma.

El calibre del polietileno extraído varía de 0.05” a 0.010” (milésimas de pulgada) pero los más comunes en impresión van de 0.001” a 0.003” (milésimas de pulgada).

### **2.1.2.3 Impresión**

En esta área también se recibe la orden de producción y es aquí donde se unen, los cilindros con los sellos, los bocetos, la tinta y la película para conformar el producto. Se transportan del área de montaje los cilindros con sus respectivas planchas de impresión, ya colocadas, para colocarlas en las máquinas de impresión, se colocan las tintas adecuadas en las tolvas de almacenamiento, se verifica la cantidad a producir y sus parámetros de producción ( especificaciones, colores, ancho, etc.) para luego realizar la primer prueba, ajustar los colores y comenzar a producir el pedido.

### **2.1.2.4 Transformación y *sliter***

Después de la impresión de la película, esta es llevada a transformación y *sliter*, que es la base donde la película es colocada en sus conos de cartón, y transformada en bobinas de tiras de película continua, cortada al ancho que pide el cliente con sus rangos de producción, para luego ser pesada, etiquetada y colocada en cajas.

### **2.1.2.5 Bodega de producto terminado**

Luego de ser colocada en cajas la película se traslada a bodega de producto terminado para ser enviada o servir de *stock* en bodega para el cliente.

## **2.2 Descripción de la utilización de la materia prima en el proceso**

**I. Acetatos de arte y fotomecánica:** Se compra por rollo el cual es de marca *Azon*, que tiene dimensiones milésimas de espesor y lados de pies por 100 pulgadas.

**II. Problemas de proceso:** Algunos de los problemas existentes en el proceso son:

- a. Cambios por pedidos urgentes que provocan atrasos con otros clientes
- b. En la película el material carbonato de plata viene con fecha ya vencida

**III. Resinas:** Estas son utilizadas según fórmulas, la que puede ser sólo resina o resina pigmentación (color), (ver inciso 1.60 del capítulo uno). La clase de resina a utilizar de polietileno es de alta y baja densidad o polietileno lineal, donde luego son llevadas para su extrusión y así transformarla por medio del calor en película flexible.

**IV. Tintas:** La utilización de éstas en el proceso comienza con la orden de producción a la bodega de tintas en donde se preparan las pinturas con los tonos adecuados por medio de las cartillas de color (es el logotipo aceptado por el cliente). Son tradicionalmente delgadas, altamente fluidas y de rápido secado, no obstante que se está incrementando la utilización de las tintas tipo pasta. Todas ellas son formuladas a partir de resinas reducibles en agua o solvente (para nuestro caso es solvente debido a que se necesita la impregnación en la película de polietileno).

Las tintas varían como ya mencionamos anteriormente en la empresa y se clasifican en tres:

1. Línea para hipoclorito de sodio (comúnmente llamado cloro)
2. Para envasado de refrescos, grasa, agua pura, leche, crema, etc. estos son trabajos planos
3. Tinta proceso, las características son las mismas, pantalla

**V. Planchas para impresión:** Son generalmente hechas de materiales elastómeros, flexibles. La parte del alto relieve, que lleva la tinta, se obtiene por remoción de las áreas de no-impresión por corte, moldeo, grabado, disolución o lavado posterior.

Los materiales de las planchas son compuestos de cauchos naturales o sintéticos y fotopolímeros moldeables. Las planchas son generalmente fijadas al cilindro de plancha con una cinta de doble faz, disponible hasta en anchos de 45 centímetros (aproximadamente 18 pulgadas),

La plancha de impresión flexográfica, es una plancha de relieve flexible, generalmente fabricada de cauchos moldeados naturalmente o sintéticos o de resinas fotopolímeras. Las imágenes en alto relieve las imágenes en alto relieve se forman, por exposición a la luz, polimerización de las resinas y remoción de las áreas no polimerizadas.

### **2.2.1 Controles de calidad aplicados**

A continuación se presentan los métodos utilizados, en las áreas más importantes, como lo es en arte y fotomecánica, donde la inspección visual juega un papel muy importante; el área de resinas donde se indica un método para la evaluación de las resinas y el área de tintas las que forman parte esencial del producto, pues es la imagen y calidad del producto que presenta el cliente a sus compradores la forma actual de evaluar su calidad y la forma técnica como se debe realizar en la mayoría de las mismas.

### **2.2.1.1 Arte y fotomecánica**

Los controles de calidad aplicados, son los visuales. En el área de fotomecánica, se revisan los acetatos a utilizar que estén aceptables sin manchas ni dobleces. Y en el negativo se revisa que no existan faltas de ortografía.

### **2.2.1.2 Resinas**

El control de calidad de las resinas se indica que se debe realizar a través de interferencia estadística. Para esto, es necesario determinar el tamaño de la muestra, la cual estará en función de lote de resina requerido para la producción. Dicha muestra será analizada con base en las normas A.S.T.M. D1238, para pruebas de índice de fundido o *MELT INDEX*.

Para realizar las pruebas de *MELT INDEX*, se utiliza un instrumento de medición llamado *MELT INDEX* o *EXTRUSIÓN PLASTOMETER*.

El índice de fusión es un factor importante en la selección de la resina pues éste determinará las propiedades de los productos que se desean elaborar.

Para hacer una prueba de fusión, se debe seguir el procedimiento siguiente:

1. Se calienta el equipo hasta alcanzar la temperatura requerida para resinas de polietileno o polipropileno, las cuales están entre los 190°C y los 230°C respectivamente.

2. Seguidamente se introduce por el barril o cilindro o extrusor de la máquina de prueba una cantidad de materia prima, de acuerdo con el índice de fluidez esperado, introducida la muestra, por medio de un émbolo, se hace fluir la resina a través del dado, y se toman muestras de la resina que fluye a intervalos determinados de tiempo, según la siguiente tabla:

**Tabla VI.** Tabla de tiempos *MELT INDEX* o *EXTRUSIÓN PLASTOMETER*

| Factor para obtener la tasa de flujo (gramos/10 minutos) | Peso de la muestra (gramos) | Intervalos de corte en minutos |
|--|-----------------------------|--------------------------------|
| 1.67   | 2.5 – 3.0                   |                                |
| 3.33   | 3.0 – 5.0                   |                                |
| 10.00  | 5.0 – 4.0                   |                                |
| 20.00  | 4.0 – 8.0                   |                                |
| 40.00  | 4.0 – 8.0                   |                                |

**Fuente:** Guía de operaciones para la extrusión de película de polietileno

3. Las muestras obtenidas se pesan en una balanza analítica y posteriormente se obtiene el peso medio de las muestras. Con esta información, se determina el *MELT INDEX* de la muestra utilizando la siguiente fórmula:

$$MI = (P*10)/t$$

Donde:

MI = *MELT INDEX*

P = peso medio de las muestras en gramos

t = tiempo de corte en minutos

Con el *MELT INDEX* obtenido, se compara con el *MELT INDEX* específico, el cual debe estar dentro de los límites de aceptación, previamente establecidos, de lo contrario se rechazará el lote completo.



### 2.2.1.3 Tintas

Los controles de calidad que se deben establecer para los puntos principales del punto de investigación están en el proceso de producción, iniciando con las tintas, en ésta se realizan los controles de la tinta ya colocada en película:

- a) **Resistencia al frote o abrasión:** en la empresa se realiza con las manos y se ve que tanta adherencia soporta la tinta y es un examen visual de pasa no pasa. En la adhesión se debe tener un 100%.
- **Forma correcta:** el nivel de aceptabilidad de una tinta es juzgada comparando la resistencia al frote de tintas que históricamente (proveedores) han sido productos satisfactorios. La prueba consiste en frotar un papel con aplicación de presión por los dedos para frotar la superficie con un movimiento de atrás hacia delante. La definición queda a criterio dependiendo la cantidad de tinta desprendida después de realizar varios ciclos de la misma. Es indispensable que las superficies se encuentren libres de incrustaciones, polvo, etc.
- b) **Grasa láctea:** la tinta se somete a grasa para verificar su adherencia.
- **Forma correcta de realización:** en la operación de empaque, trazas de aceite pueden ser transferidos a las superficies impresas de modo que ocurran fallas. Los pasos en una prueba para determinar la resistencia de una película impresa a los efectos del aceite penetrando a través del material se realizan: con un frasco de boca ancha que se llena con una pulgada de profundidad del aceite de prueba. Es importante utilizar el mismo aceite del producto empacado. La muestra es colocada encima del frasco con la parte impresa hacia arriba. También se puede colocar con la cara impresa hacia abajo para examinar películas impermeables.

La muestra es sellada al frasco con un anillo. Luego es invertido sobre una bandeja de vidrio, colocados en un horno por 48 horas a 120°F y una humedad relativa del 90%. Al final del ciclo de prueba la superficie se examina por adhesión mediante las pruebas y arrugado. Cualquier falla es causa de preocupación y posible rechazo de la tinta.

- c) **Prueba al cítrico:** se verifica la resistencia de la tinta al grado de acidez y se espera el desprendimiento de la tinta.
- **Forma correcta de realización:** Se debe aplicar una o dos gotas de solución de prueba apropiada (reactivo) a la impresión. Se permite que el reactivo permanezca sobre ella por algunos momentos. Luego se permite que se deslice del área impresa a la no impresa, en donde cualquier color disuelto puede ser apreciado, el área afectada se puede arañar suavemente para determinar si el vehículo de la tinta ha sido afectado.
- d) **Termo sellado de 90°C:** qué tanto soporta la tinta al realizar un sellado por medio de calor.
- **Forma correcta de realización:** esta solo nos indica que es determinada jalando el selle con la mano o con un jalador el cual da una calificación numérica. La fuerza de selle al calor debe ser comparada con un valor conocido y aceptable. La tinta no se debe transferir o ablandar. Cualquier transferencia en un sellado de máquina automática que tenga transferencia de la tinta o pegajosidad entre las mandíbulas rizadas es insatisfactorio.
- e) **Envasado en caliente 88 – 90°C:** en esta prueba se coloca en agua caliente y luego se frota.
- **Forma correcta de realización:** muchos alimentos por conveniencia pueden ser calentados en el empaque antes de ser servidos.

Los conceptos de hervir en la bolsa y otros similares hacen necesario calificar el material de empaque según su capacidad de resistir el efecto de agua caliente o hirviendo. En una prueba normal de agua hirviendo se debe cortar una muestra impresa en tiras y se coloca en 200 cc de agua en ebullición durante 5 minutos. Las tiras impresas y el agua son examinados. Para ello que las tintas sean aceptables no debe haber ni sangrado ni decoloración.

f) **Prueba en frío:** se coloca en un congelador y luego se frota y se ve la adhesión y se califica de acuerdo al criterio.

- **Forma correcta de realización:** los empaques como pan, helados, etc., son sujetos a condiciones de refrigeración y congelación por tanto las tintas requieren resistencia al agua y al hielo. La prueba se realiza sumergiendo una tira de película en agua y hielo picado. La muestra debe ser mantenida sumergida durante 30 minutos hasta varias horas. Al removerse la muestra del agua con hielo se seca con un papel suave y se arruga mientras está fría y mojada y se examina con frote.

g) **Prueba de viscosidad:** utilizando para ello la copa *Zahn* número dos.

- **Forma correcta de realización:** se debe llenar la copa *Zahn* #2, con un rango de 17 segundos con una cantidad de 068 libras/1000pie<sup>2</sup>, mientras que la misma copa con 16 segundos deposita únicamente 0.44 lb./1000pie<sup>2</sup>. Esto indica que la diferencia de un segundo puede significar una diferencia de más de un 54% en el uso de la tinta. Esto justifica un ahorro sustancial en la utilización de la tinta.

Cuando las tintas son de diferente proveedor se realizan pruebas de compatibilidad. Y en este departamento se tiene que tener en cuenta el tipo de embobinado y puede ser 1 – 2 – 4. (enrollado con figura hacia adentro, con figura hacia fuera, cuantas figuras por rollo)

La papelería enviada como ya mencionamos en 2.1.1.5. también indica una solicitud de tintas del área de impresión.

#### **2.2.1.3.1 Problemas que se presentan en el departamento de tintas**

- **En el secado de tintas:** en este caso si no se seca a tiempo la tinta produce un corrimiento al ser embobinada en la misma máquina, perdiendo la forma original y manchando la demás película sobre el reverso.
- **Intensidad de los colores de pigmentación, blanco, amarillo, azul, negro:** al utilizar una mala combinación de tinta con solvente, en los depósitos de la imprenta se pueden tener colores más fuertes o más opacos del requerido por el cliente.
- **No existen reportes de color por parte del área de imprentas:** estos ayudan en la revisión al final del período de labores, indicando si existe algún pedido con defectos.
- **No se realizan mezclas para una dosificación que de colores exactos:** cuando el departamento de tintas debe tener una medida de dosificación para la disminución de tonalidades con el aumento de solventes.

#### **Soluciones dadas para los problemas del departamento de tintas**

- a. Se deberá de realizar una inspección para el control de calidad en la recepción de lotes de químicos y exigir a los proveedores certificados que garanticen la calidad de sus productos dentro de los parámetros permitidos. (revisión de *MELT INDEX* para resinas ,inciso 2.2.1.2. y en tintas inciso 2.2.1.3.)

- b. Un informe final del día con muestras de las ordenes de producción para inspección por parte de control de calidad que también deberá realizar las inspecciones periódicas durante la producción para corregir o parar la misma.
  
- c. La diversificación de colores provoca que se realicen colores que posiblemente no tengan movimiento seguido en inventario lo que daría como resultado costos muertos, la solución que se indica es para el área de ventas donde vendedores tengan la capacidad necesaria para convencer al cliente de que necesite los colores más comunes en la empresa.

### **2.3 Maquinaria utilizada en el proceso**

Durante el proceso de transformación del polietileno a película ya impresa, se utilizan maquinarias de diferente índole, las cuales forman la mayor parte física del equipo utilizado.

#### **2.3.1 Descripción de cada máquina**

Para efectos de comprender el proceso se describen las máquinas más importantes del proceso, como lo son las extrusoras de película y las imprentas utilizadas.

##### **2.3.1.1 Extrusoras**

Para hacer película de polietileno, la resina es primero fundida mediante calor y presión dentro de la camisa o cilindro de un extrusor y finalmente forzada a través del cabezal.

Para iniciar el paso de la resina por el extrusor, éste se alimenta con la misma a través de una tolva, en forma manual o automática. Dicha tolva posee una ventanilla en uno de sus costados, que permite el control del nivel de la resina, ya que mientras el extrusor está en funcionamiento, la tolva debe mantenerse llena, lo cual permite mantenerla siempre cerrada para evitar posibles contaminaciones.

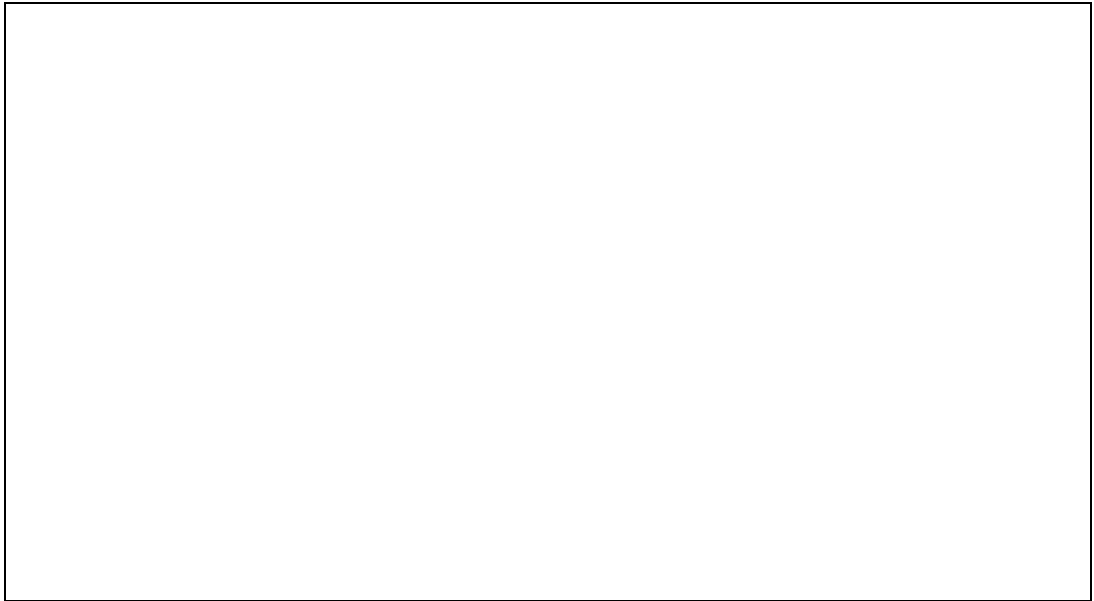
Así cuenta también como de una rejilla magnética en su interior, que permite atrapar cualquier metal ferromagnético que pueda haberse introducido junto a la resina, pues un elemento de este tipo haría mucho daño en un tornillo.

Alimentada la tolva, la resina pasa a través de la garganta de alimentación, que es el punto donde se une el cilindro con la tolva, tiene contacto con las aspas del tornillo en la sección de alimentación, donde la resina empieza a ser calentada por los calefactores que se encuentran alrededor del cilindro, dichas aspas arrastran la resina hacia la sección de compresión, donde la resina continúa su proceso de calentamiento; sin embargo, en esta sección la resina también se afecta por la presión que se forma entre el tornillo y el cilindro. Por último, la resina se traslada a la sección de dosificación donde se transforma en una mezcla uniforme, y una pasa posteriormente al paquete de tamices o filtro, y por último llega a la cabeza donde comienza a fluir a través del dado. ( este es un molde que puede adoptar la forma de una línea o un anillo)

Para controlar la temperatura a través de todo el extrusor y cabeza, se utilizan las termocuplas, que son los dispositivos eléctricos que funcionan como termómetros y mantienen la temperatura estable en cada zona del extrusor.

A continuación se presenta, un diagrama de un sistema *Blown Film Extrusión* con partes identificadas.

**Figura 3.** Extrusor de película de polietileno



**Fuente:** Ing. Mario Lionel Estrada Sosa, Tesis, Guía de operaciones para la extrusión de película de polietileno.

### **2.3.1.2 Prensas de cilindro de impresión central**

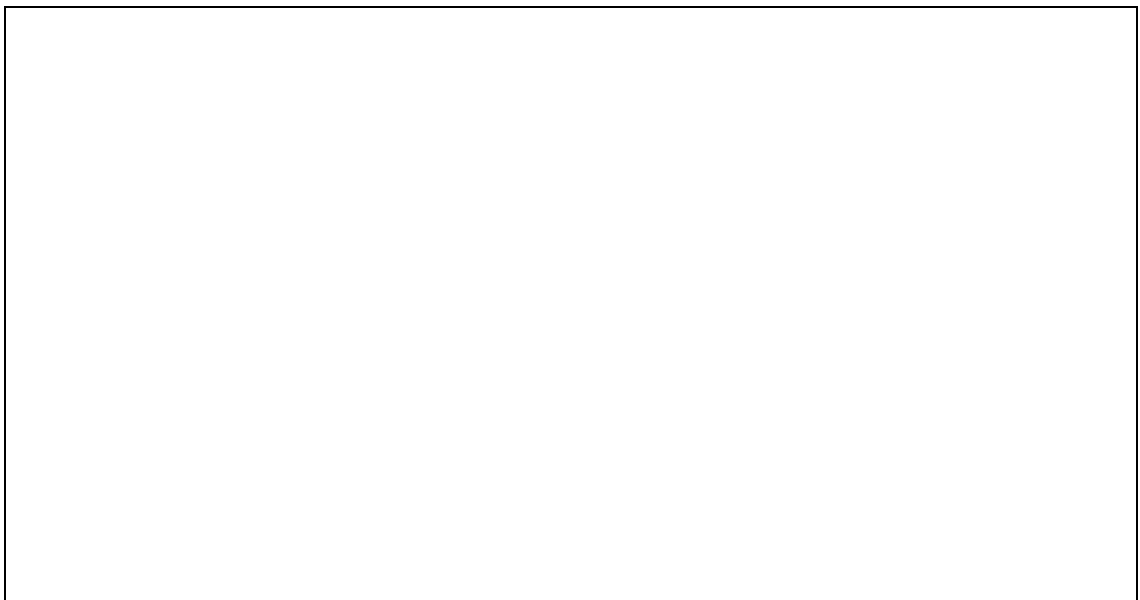
La prensa de cilindro de impresión central, algunas veces llamada de impresión de tambor o común, o prensa IC, soporta todas las estaciones de color alrededor de un solo cilindro de impresión de acero, montado en la estructura principal de la prensa. Una prensa de este tipo muestra en la figura 2. La cinta del material está soportada por el cilindro impresor y está por esto “aprisionada” por la medida que pasa por las diferentes estaciones de color. Esto evita el cambio de registro de color a color.

Puesto que la principal ventaja de la prensa de cilindro central es su habilidad para mantener excelente registro, esta prensa ha llegado a ser la más usada por convertidores interesados principalmente en la impresión de materiales extensibles.

Además, el desarrollo de diseños gráficos más complicados y la continua demanda por impresión multicolor han permitido que esta máquina haya sido usada para todo tipo de sustrato.

La prensa más común es la prensa de cilindro de impresión central de 6 colores. También se encuentran muchas prensas de cuatro colores y algunas de 8 colores.

**Figura 4.** Imprenta flexográfica de impresión central de 6 colores típica, utilizada para película de polietileno



**Fuente:** Flexografía, Principios y prácticas. 3ª. Edición por *Flexográfic Technical Association Inc.*



**Tabla VII.** Tabla de descripción de parte de prensa de impresión central de 6 colores típica

|  |  |
|--|--|
| 1. Soporte de estación de desembobinado    | 2. Frenos magna dobles                               |
| 3. Unidad de empalme                       | 4. Rodillo danzante operado por aire                 |
| 5. Alimentación controlado PIV             | 6. "kamberoller" de alimento guía de bordes          |
| 7. rodillo presor operado por aire         | 8. secador de colores                                |
| 9. cierre vertical hidráulico              | 10. cierre horizontal hidráulico                     |
| 11. perillas para ajuste fino              | 12. indicadores de ajustes de impresión              |
| 13. rodillo de caucho del tintero          | 14. rodillo anilox                                   |
| 15. cilindro portaplancha                  | 16. cilindro de impresión de cilindro de doble pared |
| 17. túnel de secado                        | 18. visor de cinta                                   |
| 19. rodillos enfriadores enfriados por PIV | 20. unidad de rociado de polvo y extractor           |
| 21. estación de corte a hojas              | 22. rodillo Mt. Hope                                 |
| 23. cuchilla para el empalme               | 24. rodillo distribuidor primario                    |
| 25. rodillo distribuidor auxiliar          | 26. Cojinetes de bolas para desplazamiento lateral   |
| 27. soporte de estación rembobinado        | 28. quemador doble                                   |
| 29. sopladores alimentadores (dos)         | 30. conductos de interconexión                       |
| 31. sopladores de exhosto dobles           |  |

**Fuente:** Flexografía, Principios y prácticas. 3ª. Ed. por *Flexográfico Technical Association Inc.*

### 2.3.2 Capacidad de producción de maquinaria

Las capacidades más importantes a tomar son las de la maquinaria de extrusión e imprenta, que se tomaron sobre la base de la capacidad indicada por el productor y/o en algún caso con el análisis de sus dimensiones o velocidades:

Extrusoras: según fábrica se procesan 60 Lb de resina/hora

Imprenta: la capacidad varía de acuerdo al ancho y velocidad, que se ve afectada por la excentricidad que tenga el rodillo anilox colocado en la imprenta. (la excentricidad se mide por medio de nivelación de ejes medidos en pulgadas con el medidor Bernier en milésimas de pulgada).

**Tabla VIII.** Excentricidad medida por medio de nivelación de ejes medidos en pulgadas con el medidor *Bernier* en milésimas de pulgada

| Velocidad (rpm) | Excentricidad (pulgadas) |
|-----------------|--------------------------|
| 100             | 0.02                     |
| 150             | 0.008                    |
| 200             | 0.005                    |
| 300             | 0.002                    |
| 400             | 0.001                    |
| 500             | 0.0008                   |
| 600             | 0.0006                   |
| 700             | 0.0005                   |
| 900             | 0.0004                   |
| 1200            | 0.0003                   |

**Fuente:** Flexografía, Principios y prácticas. 3ª. Ed. por *Flexográfico Technical Association Inc.*

Tomando en cuenta el diámetro del rodillo para calcular la cantidad de película y multiplicado por su peso unitario por pulgada cuadrada se tiene la cantidad a producir. Y la fórmula para establecer la capacidad de la maquinaria queda:

$$\text{Capacidad} = A \times B \times C \times D$$

Donde:

A = Perímetro del rodillo en pies

B = Revoluciones por minuto rpm

C = Ancho del rodillo en pies

D = Peso unitario de la película en lb./pie.

Si se requiere la cantidad de libras a producir en determinado tiempo por hora real de trabajo se multiplicaría por una hora, y la fórmula quedaría así:

$$\text{Capacidad} = A \times B \times C \times D \times T$$

Donde:

T = Tiempo de producción en horas.

## **2.4 Diagrama hombre - máquina**

Cuando existe un ciclo fijo de máquina, tal como ocurre en el proceso de máquinas – herramienta, el diseño de la máquina relacionado con el operador es de gran importancia. La localización y el diseño de los controles, los niveles de trabajo, la disponibilidad de la información, el flujo del trabajo, las características de seguridad y la relativa utilización tanto del hombre como de la máquina dentro del ciclo, son determinantes para la calidad, la productividad y la aceptación por el trabajador en la situación laboral. En el proceso de la máquina de impresión que analizaremos es necesario considerar la posición del lugar de trabajo, el flujo del mismo y la fatiga física y mental producida por estas condiciones del trabajo. En todos los tipos de trabajos existe una interacción entre el trabajador y su ambiente físico. En muchas situaciones los factores del ambiente como el calor, la humedad, la luz, el ruido y los riesgos (riesgos en el área de trabajo por situaciones que puedan provocar un accidente o incidente), pueden producir serios efectos en las mediciones de la fatiga, la productividad, la calidad, la salud y la aceptación del trabajo por el trabajador.

Antes de iniciar el análisis de los diagramas hombre – máquina debemos considerar otros tres aspectos muy importantes como son los factores:

- Físicos
- Fisiológicos
- Psicológicos

La efectividad del hombre como elemento en el proceso de producción depende de cierto número de factores, los cuales incluye, la igualación de los requerimientos del trabajo a sus limitaciones fisiológicas y psicológicas, la disposición y el flujo del trabajo, la organización general por su parte con relación a un amplio plan de manufactura, el diseño de sus herramientas y procesos y su motivación y satisfacción en el trabajo.

**Características en las que el hombre sobrepasa a las máquinas:** aunque existen realmente muy pocas guías objetivas respecto a la designación de los trabajos para los hombres y las máquinas, que no sean las bases económicas, una lista subjetiva de los tipos de tareas más apropiadas para los hombres y para las máquinas se determina de la siguiente manera.

Los seres humanos parecen tener mayor habilidad sobre las máquinas para ejecutar lo siguiente:

- Detectar pequeñas cantidades de luz y sonido
- Recibir y organizar patrones de luz y sonido
- Improvisar y usar procedimientos flexibles
- Almacenar grandes cantidades de información durante largos períodos y recordar hechos importantes en el tiempo apropiado
- Razonar inductivamente
- Ejercitar el juicio
- Desarrollar conceptos y crear métodos

Las máquinas existentes parecen sobrepasar a los humanos en su habilidad para hacer lo siguiente:

- Responder rápidamente a señales de control
- Aplicar una fuerza grande en forma continua y precisa

- Llevar a cabo tareas repetitivas y de rutina
- Almacenar información brevemente y después borrarla por completo
- Ejecutar cálculos rápidamente
- Llevar a cabo simultáneamente muchas funciones diferentes

En nuestro país, debido al bajo costo de mano de obra, se utiliza en su mayoría trabajo manual en máquinas como lo son las imprentas.

A continuación se presenta un cuadro en el cual se indican tareas de operación de los diferentes métodos del análisis del hombre o del sistema hombre – máquina y las formas adecuadas en que se deben analizar para elegir un método.

**Tabla IX.** Métodos del análisis del hombre máquina o del sistema hombre – máquina

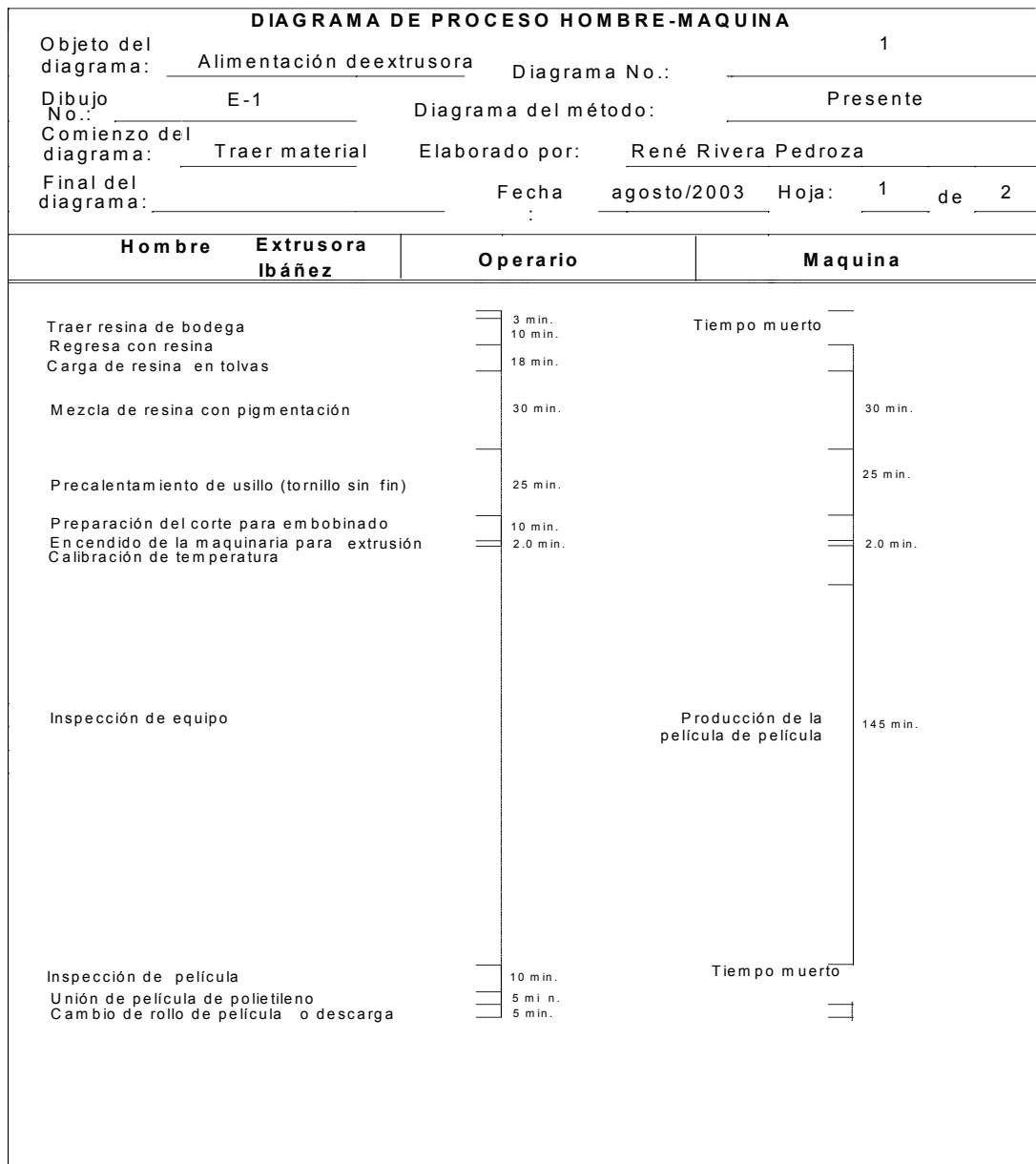
|   | <b>Naturaleza de la actividad</b>                                       | <b>Método de análisis</b>   |
|---|---|---|
| 1 | Tarea repetitiva de ciclo corto, bajo volumen de producción a moderado. | Gráfica de operación o gráfica de operación complementaria con datos estándar de tiempo – movimiento. |
| 2 | Tarea repetitiva de ciclo corto, elevado volumen de producción.         | Gráfica de análisis de micromovimientos, datos estándar de tiempo – movimiento.                       |
| 3 | Tareas repetitivas de ciclo grande.                                     | Gráfica de proceso del flujo de hombres, gráficas de actividades.                                     |
| 4 | Tareas repetibles que incluyen un grupo de hombres y/o máquinas.        | Gráfica de actividades.   |
| 5 | Tareas que incluyen trabajos que se ejecutan en intervalos irregulares- | Clasificación de actividades  |

**Fuente:** Elwood Spencer Buffa, Dirección de operaciones, Problemas y modelos, editorial Limusa, México, Segunda Edición 1982.

La forma particular con que se identifica la situación estudiada nos indica al proceso uno. El diagrama se ha realizado con la finalidad de ver el aprovechamiento real de la maquinaria y el tiempo real de trabajo de un operario. El área estudiada está en extrusión con una máquina MARCA IBÁÑEZ, con una capacidad dada por el fabricante de 60 lb/hora de resina de polietileno.

Diagrama hombre – máquina actual de actividad para la operación de un hombre y una máquina extrusora de película de polietileno.

**Figura 5.** Diagrama hombre – máquina de extrusión







**Forma propuesta:** Una vez realizado el diagrama de hombre – máquina se puede tener los datos para poder calcular matemáticamente, el número de máquinas a asignar a un operador, con la siguiente fórmula.

$$N = \frac{L + M}{L}$$

Donde:

N = número de máquinas a asignar al operario

L = tiempo total de atención del operario por máquina (carga y descarga)

M = Tiempo total de operación de la máquina (suministro de potencia)

De aquí si se asignará otra máquina al operador se debe tomar en cuenta el tiempo de traslado a otra máquina.

De aquí se indica que se utilice la siguiente fórmula:

$$N1 \leq \frac{L + M}{L + w}$$

Donde:

N1 = número de máquinas a asignar al operario

w = tiempo normal para ir a la siguiente máquina

El siguiente paso para determinar la operación del costo de producción por ciclo para una máquina es el siguiente.

El costo del tiempo del operario se calcula de la siguiente manera:

$$CO = \frac{S}{T_j + T_o}$$

Donde:

CO = costo del tiempo de ocio del operario

C = costo del tiempo de ocio del operario

S = salario real en quetzales

T<sub>j</sub> = tiempo de la jornada en horas

T<sub>o</sub> = tiempo de ocio detectado en el proceso

El costo del tiempo de ocio de la maquinaria detectado en el proceso se calcula de la siguiente forma:

$$COM = \frac{CM1}{VU \times TO}$$

Donde:

COM = costo del tiempo de ocio de la maquinaria

CM1 = costo en quetzales de la maquinaria

VU = vida útil de la maquinaria en horas

TO = tiempo de ocio de la maquinaria detectado en el proceso

Ó

$$COM = CM2 \times TO$$

Donde:

CM2 = costo de la maquinaria por hora de acuerdo a la depreciación contable en horas

Al final se debe comparar, la conveniencia de la empresa de mantener una máquina o un operario en tiempo de ocio, y así determinar y promover una solución al problema de poder disminuir el ciclo de trabajo.

Donde:

Costo operario =  $6.83 * 8 * 25 \text{ min.}/60\text{min.} = \text{Q. } 2.84 /\text{hr.}$

Costo máquina =  $(30.28) * 25 \text{ min.} * 1 \text{ hr.}/60 \text{ min.} = \text{Q. } 12.21 /\text{hr.}$

Se puede observar que se puede ahorrar una diferencia de  $12.21 - 2.84 = \text{Q. } 9.37$  al encender antes el calentamiento de la maquinaria.

$$\text{CPC} = \frac{(L + M)(\text{SO} + \text{CM})}{N1}$$

Donde:

CPC = costo de producción por ciclo para una máquina

SO = salario del obrero, en unidades monetarias por hora

CM = costo de la máquina, en unidades monetarias por hora

En el cálculo presentado se toma una máquina extrusora con un valor de Q. 30.28 /hr. y un salario real del trabajador Q. 6.83 /hr. real trabajada (ver apéndice 1)

Si se asigna varias máquinas al mismo operario se tendrá.

$$\text{CTN} = (I + W)[\text{SO} + \text{CM}(N2)]$$

Donde:

CTN = costo total de varias o N máquinas.

$N2 = N1 + 1$

Para obtener el costo por libra de película extruída sin impresión se procede con la siguiente fórmula.

$$\text{CTE} = \frac{\text{SO} + \text{N} \cdot \text{CM}}{\text{LBN}}$$

Donde:

N = número de máquinas asignadas

LBN = libras por hora de las N máquinas asignadas

Todo esto indica el significado y la importancia de realizar un estudio consciente del diagrama hombre – máquina. Solo en referencia al área de extrusión, el mismo sistema se puede utilizar para el área de impresión.

**NOTA IMPORTANTE:** el proceso indicado en el presente inciso, es el indicado para la asignación del hombre a las máquinas, debido a restricciones no se pudo aplicar. Cabe mencionar que las fórmulas están indicadas técnicamente en el libro de Ingeniería Industrial, Métodos, tiempos y Movimientos de Niebel. Se dejan indicados algunos cálculos en los que se puede observar el cálculo de la mano de obra.

## 2.5 El control de calidad aplicado

El equipo utilizado para el control de calidad aplicado en el área de producción, se indica a continuación, describiendo los más importantes, pues contribuyen al desarrollo provechoso de un producto que cumpla con las especificaciones ofrecidas por la empresa.

### **2.5.1 Descripción del equipo**

La forma más importante y funcional del control de calidad aplicada es visual, de tacto, y luego le asigne el equipo que es más exacto y que se describe a continuación.

En el anexo 1, se puede observar todas las pruebas que se pueden realizar a las películas de polietileno y otros elementos, para efectos de nuestro caso solo mencionaremos las actuales y cómo se deben aplicar.

#### **2.5.1.1 Micrómetro**

Es un instrumento que se utiliza en el área de extrusión y se utiliza para medir el espesor de la película en micrones, requerida para un producto específico.

Según el diccionario de la Real Academia Española es un instrumento, aparato o artificio óptico y mecánico destinado a medir cantidades lineales o angulares muy pequeñas. Su unidad de medida es el micrón, que es la millonésima parte de un metro o aproximadamente 0.00004 pulgada. El factor de conversión corriente es: 25 micrones = 0.001 de pulgada.

#### **2.5.1.2 Copa de viscosidades (Copa Zahn #2)**

La copa *Zahn #2*, es utilizada en el departamento de tintas donde se realiza la prueba de viscosidades. La tinta es diluida (por cada pedido recibido) en una copa de acero inoxidable con medida estándar la cual tiene un orificio en la parte inferior y por donde saldrá la tinta a la hora de ser colocada en la copa.

Al mismo tiempo de escurrirse, se toma el tiempo en segundos con un cronómetro para verificar los rangos, donde según el parámetro de tiempo obtenido, se compara con los rangos permisibles para poder ser utilizada. El rango de viscosidades para tintas de base solvente es:

**Tabla X.** Rangos de medidas de viscosidades con una copa *Zahn # 2*

|                           |   |
|---------------------------|---|
| 0 a 21 segundos           | La viscosidad es muy baja y saldría una impresión demasiado opaca.                      |
| 21 - 35 segundos          | Es el rango óptimo para la producción.  |
| 35 segundos – en adelante | Es demasiado densa y hay que diluirla para que no manche ni obstruya la bomba de tinta. |

**Fuente:** *Sun Chemical*

### 2.5.1.3 Refrigerador

Utilizado en el área de tintas para las pruebas de temperatura para luego probar su adhesión por medio del frote con las manos (su prueba mencionada en el inciso 2.2.1)

**(Realización de la prueba en frío:** los empaques como pan, helados, etc., son sujetos a condiciones de refrigeración y congelación por tanto las tintas requieren resistencia al agua y al hielo. La prueba se realiza sumergiendo una tira de película en agua y hielo picado. La muestra debe ser mantenida sumergida durante 30 minutos hasta varias horas. Al removerse la muestra del agua con hielo se seca con un papel suave y se arruga mientras está fría y mojada y se examina con frote.)

#### **2.5.1.4 Calentador y sellador**

Es utilizado para probar la prueba de adherencia y frote. El sellador es para probar su sello. (su uso es mencionado en el inciso 2.2.1.2.)

**(Realización de la prueba de sellado:** esta solo nos indica que es determinada jalando el selle con la mano o con un jalador el cual da una calificación numérica. La fuerza de selle al calor debe ser comparada con un valor conocido y aceptable. La tinta no se debe transferir o ablandar. Cualquier transferencia en un sellado de máquina automática que tenga transferencia de la tinta o pegajosidad entre las mandíbulas rizadas es insatisfactorio.

**Realización de la prueba de calentamiento:** muchos alimentos por conveniencia pueden ser calentados en el empaque antes de ser servidos. Los conceptos de hervir en la bolsa y otros similares hacen necesario calificar el material de empaque según su capacidad de resistir el efecto de agua caliente o hirviendo. En una prueba normal de agua hirviendo se debe cortar una muestra impresa en tiras y se coloca en 200 cc de agua en ebullición durante 5 minutos. Las tiras impresas y el agua son examinados. Para ello que las tintas sean aceptables no debe haber ni sangrado ni decoloración.)

#### **2.5.1.5 Cartillas de color**

Son las que se realizan desde la aprobación del cliente y es la presentación del producto separado por colores. Se distribuye una copia a control de calidad, una a producción y una copia a tintas para verificar que se mantengan los colores con los cuales se ha dado la orden. Para esto nos podemos basar en las tablas I, II, III y IV del capítulo 1.

## **2.6 Realización del diagrama de flujo**

La realización de los diagramas de flujo de proceso tiene como objeto la de sentar la base para mejoras futuras, que pueda realizar el encargado de producción, y contar así con un precedente en la investigación de los procesos de producción.

Además, el diagrama de flujo es utilizado para poner de manifiesto costos ocultos como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales. Donde, una vez expuestos estos periodos no productivos, la persona encargada puede proceder a su mejoramiento.

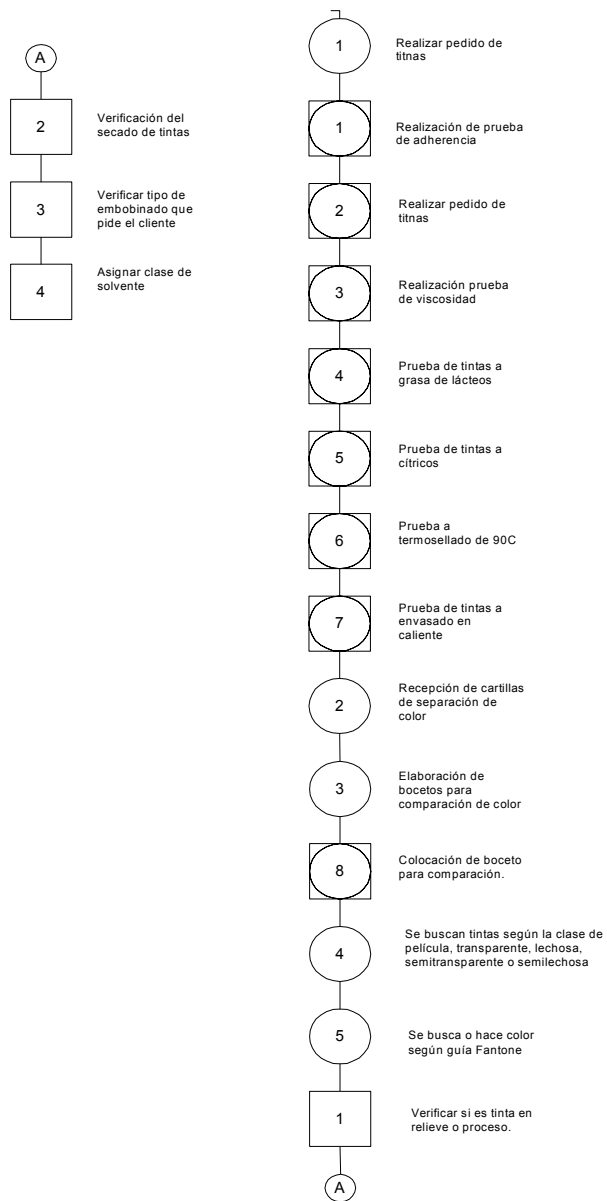
Otro punto de vista es el de registrar las operaciones y las inspecciones, donde el diagrama de flujo de proceso muestra todos los traslados y retrasos de almacenamientos con los que tropieza un artículo en su recorrido por la planta.





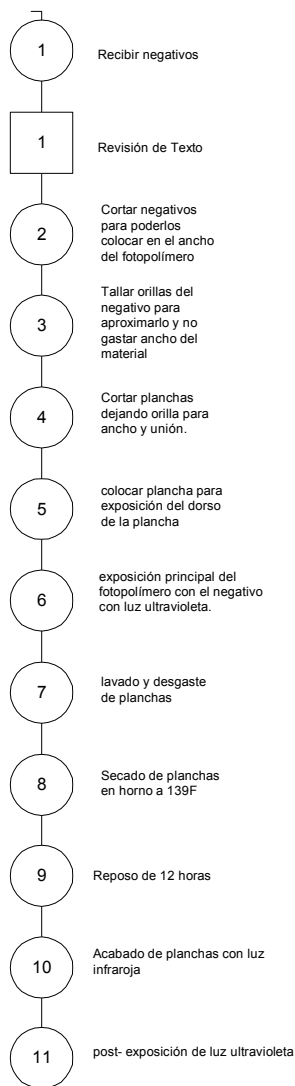
**Figura 8. Diagrama del departamento de tintas**

|                                |                             |                             |             |
|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------|
| <b>EMPRESA:</b>                |                             | <b>DIAGRAMA No.:</b>        | 1           |
| <b>OBJETO DEL DIAGRAMA:</b>    | Proceso de pedido de Tintas | <b>DIAGRAMA DEL MÉTODO:</b> | Actual      |
| <b>EL DIAGRAMA EMPIEZA EN:</b> | Realizar pedido de tintas   | <b>DELABORADO POR:</b>      | René Rivera |
| <b>EL DIAGRAMA TERMINA EN:</b> | Asignar clase de solvente   | <b>FECHA:</b>               | junio/2003  |



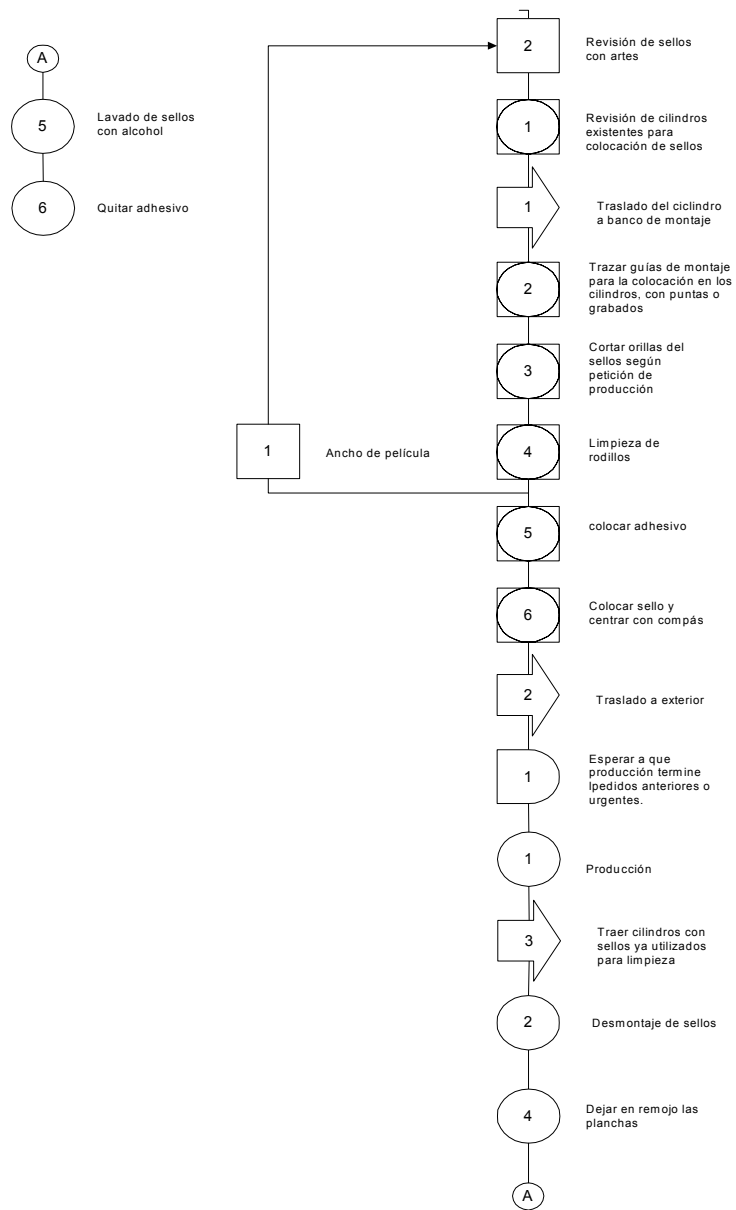
**Figura 9. Diagrama del departamento de fotograbado**

|                                |                                     |                             |             |
|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------|
| <b>EMPRESA:</b>                |                                     | <b>DIAGRAMA No.:</b>        | 1           |
| <b>OBJETO DEL DIAGRAMA:</b>    | Proceso de realización de sellos    | <b>DIAGRAMA DEL MÉTODO:</b> | Actual      |
| <b>EL DIAGRAMA EMPIEZA EN:</b> | Recepción de negativos              | <b>DELABORADO POR:</b>      | René Rivera |
| <b>EL DIAGRAMA TERMINA EN:</b> | Post exposición de luz ultravioleta | <b>FECHA:</b>               | junio/2003  |



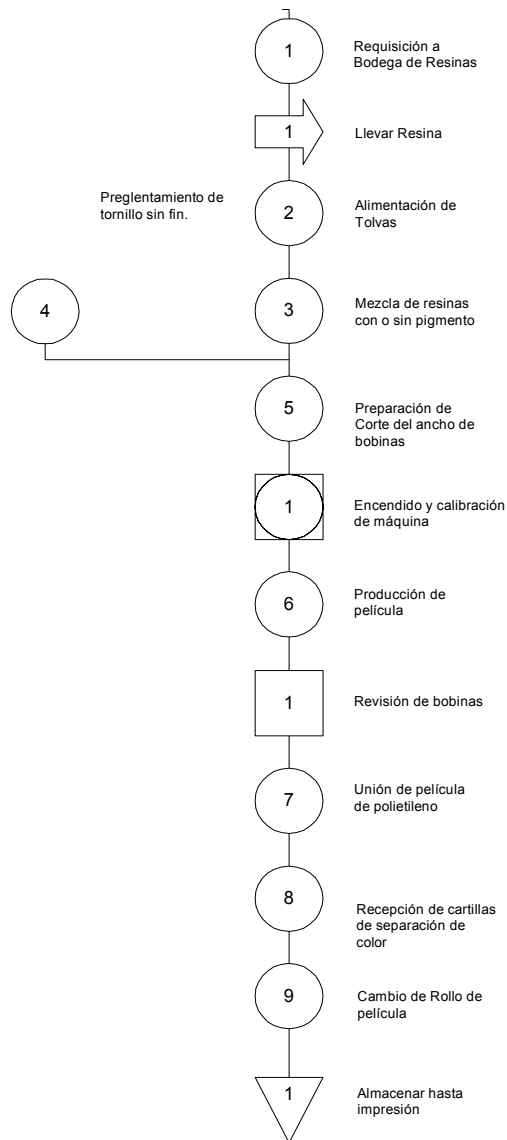
**Figura 10. Diagrama del departamento de montaje**

|                                |                              |                             |             |
|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------|
| <b>EMPRESA:</b>                |                              | <b>DIAGRAMA No.:</b>        | 1           |
| <b>OBJETO DEL DIAGRAMA:</b>    | Proceso de montaje de sellos | <b>DIAGRAMA DEL MÉTODO:</b> | Actual      |
| <b>EL DIAGRAMA EMPIEZA EN:</b> | Realizar pedido de tintas    | <b>DELABORADO POR:</b>      | René Rivera |
| <b>EL DIAGRAMA TERMINA EN:</b> | Asignar clase de solvente    | <b>FECHA:</b>               | junio/2003  |



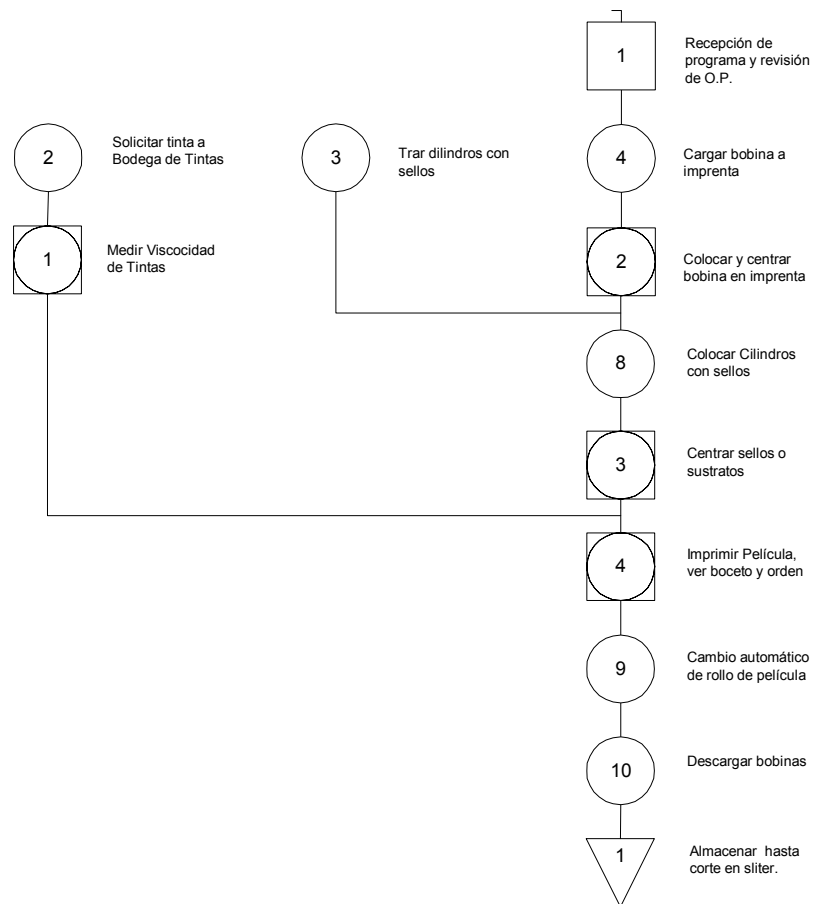
**Figura 11. Diagrama del departamento de extrusión**

|                                |                                 |                             |             |
|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------|
| <b>EMPRESA:</b>                |                                 | <b>DIAGRAMA No.:</b>        | 1           |
| <b>OBJETO DEL DIAGRAMA:</b>    | Proceso de extrusión            | <b>DIAGRAMA DEL MÉTODO:</b> | Actual      |
| <b>EL DIAGRAMA EMPIEZA EN:</b> | Requisición a bodega de Resinas | <b>DELABORADO POR:</b>      | René Rivera |
| <b>EL DIAGRAMA TERMINA EN:</b> | Cambio de rollo de película     | <b>FECHA:</b>               | junio/2003  |



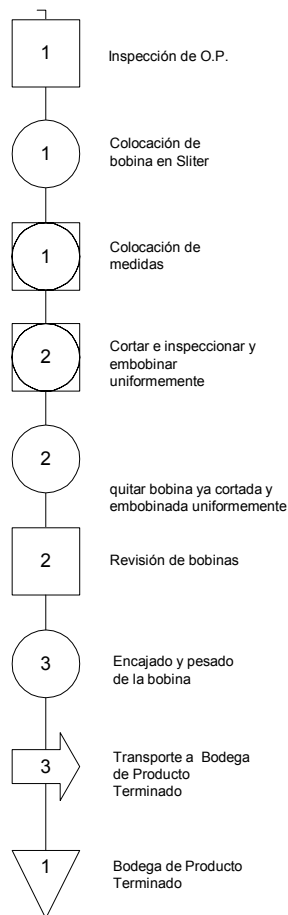
**Figura 12. Diagrama del departamento de impresión**

|                                |                               |                             |             |
|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------|
| <b>EMPRESA:</b>                |                               | <b>DIAGRAMA No.:</b>        | 1           |
| <b>OBJETO DEL DIAGRAMA:</b>    | Proceso Impresión de película | <b>DIAGRAMA DEL MÉTODO:</b> | Actual      |
| <b>EL DIAGRAMA EMPIEZA EN:</b> | Recepción de programa y O.P.  | <b>DELABORADO POR:</b>      | René Rivera |
| <b>EL DIAGRAMA TERMINA EN:</b> | Almacenamiento hasta corte    | <b>FECHA:</b>               | junio/2003  |



**Figura 13. Diagrama del departamento de corte, encajado y pesado**

|                                |                                     |                             |             |
|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------|
| <b>EMPRESA:</b>                |                                     | <b>DIAGRAMA No.:</b>        | 1           |
| <b>OBJETO DEL DIAGRAMA:</b>    | Proceso de corte, encajado y pesado | <b>DIAGRAMA DEL MÉTODO:</b> | Actual      |
| <b>EL DIAGRAMA EMPIEZA EN:</b> | Inspección de orden de Producción   | <b>DELABORADO POR:</b>      | René Rivera |
| <b>EL DIAGRAMA TERMINA EN:</b> | Bodega de Producto Terminado        | <b>FECHA:</b>               | junio/2003  |



## **2.7 Estaciones de impresión en la empresa**

Se trabaja con dos tipos básicos de prensas de impresión flexográfica. Estas prensas se usan generalmente para la impresión de empaques flexibles lo mismo que para rollos angostos.

A pesar del tiempo las imprentas han mantenido el mismo principio, el de la prensa convencional y la prensa de cilindro de impresión central. En el transcurrir del tiempo han ocurrido avances con la utilización de sensores electrónicos que han ayudado a optimizar su utilización.

### **2.7.1 Prensa convencional**

La capacidad más común es de seis colores, y existen dos ventajas principales en este tipo de prensa: primero, es generalmente posible invertir la cinta de material para permitir que ambos lados de el sean impresos durante un solo paso por la prensa. Por medio de diferentes formas de ensarte de la cinta se logra que la tinta seque completamente de que el reverso sea impreso siempre y cuando exista suficiente capacidad de secado en la distancia que separa las dos series de estaciones de color. La segunda ventaja es la accesibilidad a las estaciones de color, lo cual facilita cambios, lavados, etc.

Sus restricciones son: impresos en películas extremadamente delgadas y está generalmente restringida a registros de color que no requieren precisiones mayores de más o menos 1/32 de pulgada.



El tipo de maquinaria utilizada posee estaciones de impresión de color de diseño especial donde es posible tener un registro de color de 360° en cada estación (significa que se puede colocar sello, en todo el perímetro de los cilindros para impresión, que son colocados en cada estación de color), igualmente con engranaje y desengranaje independiente de cada estación de tal forma que se permite al resto de la máquina seguir operando normalmente.

Este tipo de engranaje independiente en los rodillos de impresión permite el fácil manejo y combinación de los colores.

### **2.7.2 Prensa de cilindro de impresión central**

A veces es llamada de tambor, común, o prensa IC, soporta todas las estaciones de color alrededor de un solo cilindro de impresión de acero, montado en la estructura principal de la prensa.

Actualmente se trabaja con un cilindro de 4 colores con un cilindro de 36 pulgadas de diámetro y uno de 6 colores con un cilindro de impresión de 83 pulgadas de diámetro. La tolerancia del tambor es de 0.00025 pulgadas de pulido sobre la superficie de impresión. La tolerancia que se les especifica para cojinetes de éste rodillo es de 0.0013 pulgadas, siendo cojinetes de rodillos esféricos especialmente seleccionados o cojinetes de bronce lubricados a presión.

A medida que las técnicas de secado se mejoraron y se necesitaba menos distancia entre las estaciones de color para secar, se empezaron a usar de nuevo cilindros de impresión más pequeños. Hoy en día la prensa más común de 6 colores, tiene un cilindro de diámetro de 60 pulgadas, aunque aún se encuentran prensas de 6 colores de 83 pulgadas y de un valor intermedio, 70 pulgadas.

A causa de los avances logrados en el secado entre colores ya no aplica el viejo adagio de que “prensas con cilindros más amplios a menudo ofrecen más altas velocidades”. En general, sin embargo, es posible obtener longitudes de repetición más largas sobre un cilindro de impresión más grande que sobre aquellos cilindros de diseño más pequeño.

La prensa de cilindro de impresión central ha encontrado poco uso en aplicaciones donde es necesario imprimir ambos lados del rollo durante un solo paso a través de la prensa.

El corazón de cualquier prensa IC es el cilindro de impresión. La mayoría son manufacturados de hierro colado aunque también es común encontrar cilindros de acero.

Los cilindros de impresión central son normalmente más precisos a la temperatura ambiente de pulimento. Bajo condiciones de operación sin control de temperatura del cilindro este puede absorber el calor proveniente de los secadores de color y elevar su temperatura a 110 °F. Puesto que el pulimento se hace normalmente a 70 °F esto puede representar un aumento en la temperatura del cilindro de 40 °F. Naturalmente con esta elevación de temperatura el cilindro se expandirá. Esta expansión puede resultar en un incremento en el diámetro del cilindro de varias millonésimas de una pulgada y puede causar una presión de impresión excesiva lo cual genera desperdicios. A menos que el cilindro de impresión tenga un controlador de temperatura, el operador puede necesitar graduar el montaje de la impresión durante el transcurso de una corrida en la imprenta.



### 3. MANEJO DE MATERIALES

La planificación del sistema de inventarios o manejo de los materiales que conforma la gama de elementos para la producción de la película de polietileno, consiste en establecer, poner en efecto y mantener las cantidades más ventajosas de materias primas y materiales, además, de los productos ya terminados, empleando las técnicas y los procedimientos adecuados a las necesidades de una empresa. Para la realización de la planificación de materiales de una empresa, en estudio se definió para cada elemento en particular tomando en cuenta los parámetros que ayudan a identificar la forma de proceder a trabajar sus pedidos de materia prima y si es o no conveniente desde el punto de vista, mantener altos niveles de *stock* de inventario.

Antes de iniciar el procedimiento de cálculo es necesario identificar algunos factores y conceptos que participan en el proceso del manejo de materiales que integran la película de polietileno después de su proceso, para luego ser cortada, pesada y empacada, lista para la entrega o servir de *stock* para el cliente.

**La función de los inventarios:** Los inventarios son los que hacen posible la existencia de sistemas racionales para la producción y la distribución. En cada una de las etapas del flujo de productos, los inventarios tienen la importante función de desacoplar varias operaciones dentro de la secuencia, principiando con la materia prima y continuando a través de todas las operaciones de manufactura hasta llegar al almacenamiento de bobinas de película acabadas o a mantener un *stock* de pedido para los clientes.

La política actual se ha establecido en mantener un 50% de materias primas. Pero durante el transcurso del tiempo las facilidades de comunicación y la expansión de muchos proveedores de éstas han dado una solución más viable al problema de mantener un *stock* alto de éstas al de tener uno menor.

### 3.1 Materias primas

Al analizar el movimiento de las materias primas se tiene que conocer el concepto y función de los elementos que forman parte del producto. Dando paso así al método utilizado para el cálculo de pedido de las misma.

**Materias primas:** Es el material que no está terminado, tal como lo es recibido de los proveedores (resinas) para su transformación en el proceso de producción. Además, son elementos que no se han cambiado de su estado original.

**Suministros:** Son artículos de un costo indirecto que se consumen en las operaciones de la fábrica, tales como aceites, lubricantes, artículos para limpieza, cajas de empaque, etc.

**Insumos para materia prima:** Son productos que se utilizan para poder transformar la materia prima a producto terminado. Los más importantes para el proceso en estudio son las resinas y pigmento (color) de la película de polietileno en la extrusión, solventes para tintas, fotopolímeros para el proceso de impresión.

**Productos en proceso:** Son todos aquellos que se encuentran aún dentro del proceso de producción pero que no están terminados.

Cuando se hace un inventario de producto terminado, la empresa en estudio lo realiza con materias primas y producto terminado debido a la dificultad de asignarle un costo al producto en proceso. Para nuestro estudio en particular los productos en proceso son:

- Bobinas de película de polietileno extruídas pendientes de ser impresas
- Bobinas pendientes de ser cortadas a sus medidas  $\pm 3\text{mm}$ . encajadas y pesadas

**Producto terminado:** es todo el producto que ya terminado su ciclo de transformación para ser inventariado y ser almacenado o entregado directamente al cliente. El producto terminado, en el caso presente la bobina de polietileno, impresa, empacada y pesada, lista para ser utilizada por el cliente en el envasado de productos alimenticios por medio de máquinas llenadoras y selladoras.

**Costos que dependen del número de lotes:** al determinar la compra de cierto número de lotes, existen ciertos costos de oficina que surgen al preparar las órdenes de compra, estos costos son los mismos independientemente de la cantidad ordenada.

Los descuentos otorgados por la cantidad comprada y los costos de embarque, son otros factores que incluyen sobre la cantidad de materiales comprados en un tiempo dado y, por tanto, influyen en los niveles de inventario de material. Además que se depende también de la cantidad de órdenes de producción de las unidades que se van a procesar en un tiempo dado. Aquí, los costos de preparación resultan de los costos incrementales de la preparación de órdenes de producción, la preparación de las máquinas y el control del flujo de órdenes a través del taller.

Los costos por manejo de material dentro de la planta afectan el volumen de los lotes de materia prima comprada.

**Los costos de producción:** Tenemos que pueden afectar, el pago por tiempo extra y los costos que se incrementan durante el flujo de la producción, como la contratación, el adiestramiento y los costos de separación que se necesitan balancear con el costo de conservar un inventario adicional.

**Los costos de manipulación e inventario de almacenamiento:** Existen ciertos costos que se aumentan, asociados con el nivel de inventarios.

Están representados por los costos de manipulación de material dentro y fuera de los costos de inventario por almacenamiento, como el seguro, los impuestos, la renta, la obsolescencia, la descompostura y los costos de capital. Estos por lo general están en proporción de los niveles de inventario.

**El costo debido a la falta de existencia:** Estos casos pueden aparecer en formas diversas siendo éstos. La mano de obra ociosa en una línea de producción, o costo debido a la suspensión de las operaciones lo que da como resultado un costo superior al normal. Otro podría indicar el cambio de los clientes con otra empresa por incumplimiento por parte nuestra.

**Los costos por inversión de capital:** Los costos de oportunidad, del capital invertido en el inventario, son un costo significativo en el diseño de modelos de inventario. El factor mismo del costo es el producto del valor de inventario por unidad, el tiempo que la unidad está en inventario y la tasa de interés apropiada.

En general, la tasa de interés apropiada debe reflejar las oportunidades para la inversión de fondos comparables dentro de la organización y, naturalmente, no debe ser menor que el costo de préstamos financieros. Como los fondos están invertidos en los inventarios, no pueden emplearse en la compra de equipo, construcciones u otras inversiones que produzcan utilidades.

**Proveedores:** Según algunos autores existen síntomas comunes de desempeño deficiente en administración de materiales y compras que dan por resultado costos de operación muy altos.

- Proliferación de proveedores
- Ubicación de los proveedores: la entrega se realiza por vía marítima desde el exterior y el tiempo de entrega oscila entre 30 y 45 días, pero existen representantes locales que pueden entregar en menor tiempo, pero a un mayor costo.
- Falta de énfasis en las consideraciones acerca del nivel de servicio. Aquí existen elementos cada uno se debe tomar en cuenta al momento de realizar una compra en beneficio de la empresa, y estos son:
  - a. Calidad
  - b. Tiempo de entrega
  - c. Velocidad para surtir los pedidos
  - d. Desempeño en la puntualidad de entrega
  - e. Capacidad para responder a la demanda
  - f. Apoyo técnico
  - g. Garantía de productos y servicio de partes
  - h. Mejoras en el transporte
  - i. Términos para pagar. El tiempo común de pago que otorgan los proveedores actuales son de a30 a 45 días
  - j. Prácticas para hacer pedidos



- Tendencia a reaccionar entre los compradores
- Altos niveles de inventario de materia prima

A continuación, se detallan los elementos del sistema enseñado en la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, de forma clara para establecer una comparación con la política actual del manejo de materiales en los distintos materiales que intervienen en el proceso.

Los elementos básicos necesarios para el cálculo de las materias primas a pedir son:

- a. Inventarios mínimos y niveles de reorden:** El sistema para controlar inventarios mínimos y nivel de reorden para la resina (polietileno) se realiza teniendo el consumo mensual de cada tipo de resina (ver inciso 5.4).

Se utilizará un sistema gráfico de control de inventarios, expresado en libras de consumo por tipo de resina en forma mensual sobre la proyección para el mes que se calculará y teniendo los parámetros de control sobre tiempo de entrega de pedidos.

- b. Nivel teórico de consumo:** Este nivel es de importancia para el planificador pues indica el estado en que se encuentra la existencia de materiales teórica en cualquier momento del período planificado y que se indica en la gráfica.
- c. Nivel máximo de la demanda:** nos sirve para determinar la política de la empresa en cuanto a sus existencia de materiales en la bodega de materias primas y materiales.

**d. Stock mínimo de seguridad:** Se utiliza para cubrir las diferencias en el tiempo en las entregas de materiales por parte del proveedor, regularmente los tiempos de entrega de los materiales sufren diferencias en el récord de entregas aunque sea el mismo proveedor y el mismo producto. Se tiene que tener la seguridad o el cálculo del promedio de tiempos de entrega para poder prevenir un atraso.

Antes de todo debemos calcular para cada producto el promedio del tiempo de entrega de los proveedores con la que realizaremos el siguiente procedimiento: con la media calculada, buscamos e identificamos la de mayor tiempo de entrega para sacar su diferencia y poder así utilizarla en nuestros cálculos.

### 3.1.1 Polietileno

Las entregas se realizan por vía marítima y los tiempos de entrega oscilan entre 30 y 45 días dependiendo del proveedor que lo envíe, para nuestro caso en particular utilizaremos los factores de entrega de uno en particular. El Inventario de tiempos de entrega: Basado en referencia a los promedios de entrega de los pedidos anteriores en la empresa.

**Tabla XI.** Tiempos promedio de entrega de materia prima

| No.      | Entrega de Materia Prima | Tiempo en % de entrega de M.P. |
|----------|--------------------------|--------------------------------|
| 1        | Entrega                  | 1.30                           |
| 2        | Entrega                  | 1.00                           |
| 3        | Entrega                  | 1.05                           |
| 4        | Entrega                  | 1.25                           |
| 5        | Entrega                  | 1.50                           |
| 6        | Entrega                  | 1.15                           |
| Promedio |                          | 1.21 meses.                    |

### **3.1.2 Tintas flexográficas**

La disposición de los proveedores de atención al abastecer de tintas es inmediata, pero se mantienen los colores más utilizados durante todos los procesos, que son el blanco, amarillo, azul y negro, un objetivo de toda empresa en la práctica es operar con una sola dimensional sus operaciones para poder manejar mejor sus costos. Se inicia con las dimensionales, gramo / libra de película producida.

Ya teniendo la proyección en libras a producir y sus fechas de pedido y entrega, se puede aplicar el promedio de tintas por libras producidas anteriormente que es de gramos por libra de polietileno.

### **3.1.3 Planchas de polietileno**

Las planchas de fotopolímero tienen el consumo de a 10 a 12 cajas de 8 planchas cada una, su pedido no implica cálculo pues los proveedores proveen con entrega inmediata. Y se puede mantener un stock de 2 cajas, siempre y cuando no manteniendo las planchas no mas de 6 meses debido a su reacción a la exposición con la luz.

### **3.1.4 *Master bach* o pigmento**

El pedido de este material se hace conjuntamente con el de la resina de polietileno color blanca, para su referencia ver tabla XIII.

### **3.1.5 Cajas de cartón**

Las cajas de cartón se piden de acuerdo al promedio establecido por bobina que ha sido de 44 a 46 libras de película y teniendo el total de libras proyectadas a utilizar, y siendo el tiempo de entrega de 1 semana máximo, se tiene que: En los contratos con los proveedores, la empresa se puede comprometer a recibir una entrega de un 10% más o menos del pedido.

### **3.1.6 Etiquetas de pesado**

Teniendo la cantidad de cajas ya pedidas se hace necesario hacer el pedido de etiquetas de pesado, siendo la misma cantidad pues a cada caja se le coloca una etiqueta, con una balanza electrónica que registra e imprime automáticamente el peso obtenido de la bobina producida. Siendo 5050 etiquetas a pedir.

### **3.1.7 Otros**

Los insumos para sellos de cajas son: *type* ancho para pistolas de pegado y barras de silicone que se utilizan con pistolas con resistencia eléctrica que la derriten y luego se coloca en las solapas de las cajas para ser selladas. Estos materiales son de importancia para el sello pero afectan poco en la inversión de retención en bodega, por lo que solo se mencionan.

## **3.2 Tiempo de entrega de materia prima de los proveedores**

Tabla de tiempos de entrega de los proveedores utilizada por bodega y el encargado de compras:

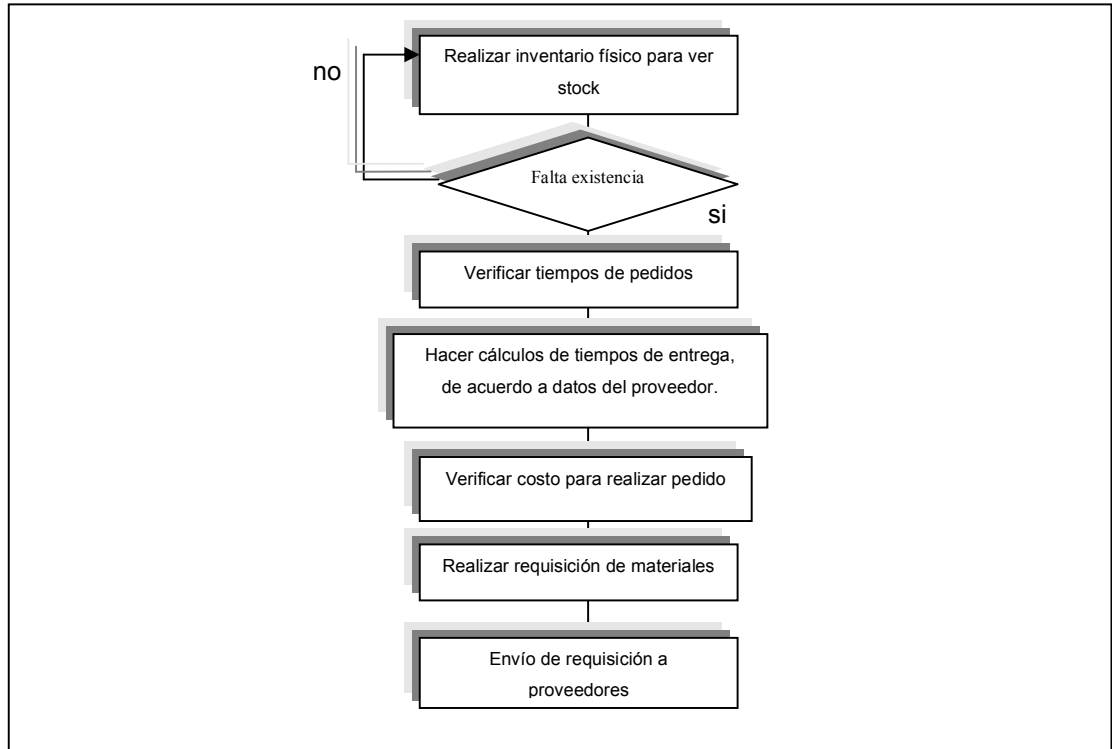
**Tabla XII.** tiempos aproximados de entrega de proveedores

| <b>proveedor</b>         | <b>Tiempo</b> |
|--------------------------|---------------|
| Resinas y pigmentos      | 30 – 45 días  |
| Tintas                   | 2 a 3 días    |
| Planchas de fotopolímero | 30 a 45 días  |
| Cajas de cartón          | 8 a 15 días   |
| Etiquetas de pesado      | 10 a 15 días. |

### **3.3 Realización del diagrama de flujo para pedido de materia prima a los proveedores**

Este diagrama muestra el procedimiento que se realiza para la requisición de materiales a los proveedores. El encargado de compras debe generar su informe de existencia, para que gerencia de el visto bueno, donde se tiene que tener presente el tiempo de entrega de los mismos. Para una visión clase se puede consultar la tabla XI, del inciso 3.2.

**Figura 14.** Diagrama del proceso de pedidos de materia prima a proveedores



### 3.4 Factores que afectan los tiempos de pedido

Existen causas que contribuyen a que el tiempo de entrega de los pedidos de materia prima, se realicen fuera de tiempo, pudiendo así causar atrasos, entre los factores más importantes están:

- Pedidos con poco tiempo de anticipación
- Falta de entrega en las fechas ofrecidas por el proveedor
- Atrasos en aduanas
- Atrasos de la entrega por parte del transporte.

### 3.5 Fórmula utilizada para el control de pedidos de materia prima

Las fórmulas de los elementos de donde parte el cálculo para el pedido de las materias primas que se utilizan para la fabricación del producto son:

$$Nr = (P/C)*PI$$

Donde:

Nr = Nivel de reorden

P = Planificado

C = ciclo

PI = política

$$NTC = (E/P)*C$$

Donde:

NTC = Nivel teórico de consumo

E = existencia

$$NME = (P/C)*PI$$

Donde:

NME = Nivel máximo de existencia

Sm =  $(P/C)*PI$  = *Stock* mínimo

### 3.6 Cálculo de pedidos de materia prima

Todo producto está formado por varios materiales, y para eso se necesita que toda empresa esté preparada para reaccionar ante las exigencias de sus ventas.

Esto requiere tener un abasto necesario de materias primas, y para ello, el encargado de compras debe estar en capacidad de poder comprender y realizar los cálculos necesarios para que éstas lleguen a tiempo a bodega de materiales.

De manera, que se presenta la secuencia de cálculo siguiente, con la que se pretende establecer la base técnica y profesional para mejorar el proceso de existencias de las materias en bodega.

### **3.6.1 Cálculo para resina**

De acuerdo a las demandas por tipo de resina, se presenta la gráfica donde se indica las demandas por mes.

La diferencia de tiempos según autores se toma entre el tiempo promedio menos el tiempo mayor de entrega. Siendo la diferencia de  $1.21 - 1.50 = 0.29$  meses.

El tiempo para la política de ciclo del producto no afecta debido a las cualidades de material, se establece un inventario promedio ( los materiales se dan a producción de bodega por promedio), y para efectos de cálculo lo establecemos de dos meses.

$$\text{Stock mínimo} = (201,649.28 \text{ lb./2 m.}) * 0.29 \text{ m} = 29239.15 \text{ lb.}$$

$$\text{Nivel de reorden} = (201,649.28 \text{ lb./2 m.}) * 1.21 = 121,997.81 \text{ lb.}$$

$$\text{Nivel máximo} = (201,649.28 \text{ lb./2 m.}) * 1.21 \text{ m.} = 121,997.81 \text{ lb.}$$



Debido al nivel máximo que se ha mantenido, el nivel máximo se establece como el mismo, por razones de espacio y disminuir la manutención de inventario en bodega.

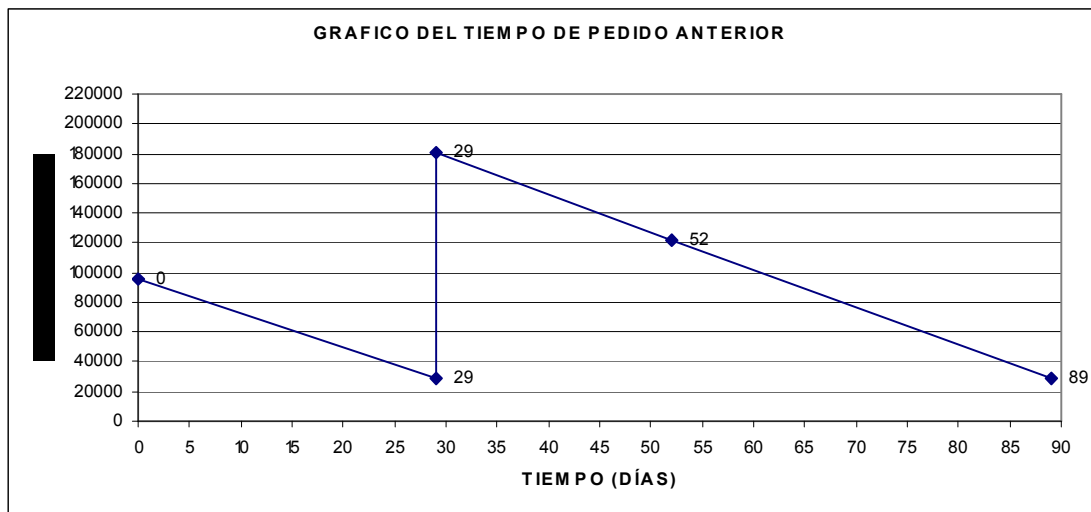
Para el consumo teórico del material se pudo constatar que se tiene la mitad de la existencia que para nuestro caso sería: 95,824.64 libras de resina de polietileno.

Consumo teórico =  $(95824.64 \text{ lb.}/201,649.28 \text{ lb.}) \cdot 2 \text{ meses} = 0.95 \text{ m.} = 28.5 \text{ d.}$

Pedido óptimo =  $2 \cdot (29,239.15 \text{ lb.}) + 121997.81 \text{ lb.} = 180,476.11 \text{ lb.}$

Debiendo ser las formas gráficas actuales.

**Figura 15.** Gráfico de orden de pedidos



Se debe tomar en cuenta que el cálculo se debe realizar en cada inicio de período, pues debido a la tendencia de la gráfica ésta debe ir cambiando en forma ascendente, además de tener una estrecha observancia en cada cambio para no crear un *stock* en inventario mayor del esperado.

Tomando de partida el 1 de julio/2002, la entrega se realizaría el 29 del mismo mes, para cuando se llegue al *stock* mínimo en inventario, y para lo cual llegará el pedido donde tendremos la cantidad máxima de pedido, luego el 21 de agosto del mismo año (se le restó un día, porque de acuerdo al mes calendario julio y agosto tienen 31 días), se debió haber realizado otro nuevo pedido el 28 de septiembre.

De acuerdo a la tabla XIII (capítulo 5) de porcentajes de utilización de los elementos, para producir la película de polietileno, se deberá pedir las cantidades de acuerdo a los porcentajes utilizados en el período, y calcular para el período siguiente, basándose para ello en las comparaciones pertinentes con las proyecciones realizadas para cada nuevo período a estudiar.

Se debe analizar, el mantener la política de mantener el cálculo de un stock mínimo en comparación de mantener 100,824.64 a 29,239.15 lb. De resinas, viendo las ventajas de manejar una menor cantidad de inventarios y poder comparar el costo beneficio de la inversión retenida o costo de oportunidad del capital.

### **3.6.2 Cálculo para tintas**

Con los datos del inciso anterior, 10 gramos por 201,649.28 lb. Se tiene la cantidad de  $3,024,739.2 \text{ gramos} * 1 \text{ kg.} / 1000 \text{ g.} * 2.2016 \text{ lb/} 1\text{kg.} * 1\text{cubeta/} 45 \text{ lb.} = 98.65$  cubetas de pintura requeridas para la impresión.

### **3.6.3 Cálculo para *master bach* o pigmento**

Para referencia se debe tomar la tabla XIII, para calcular las libras de pigmento se debe multiplicar el porcentaje promedio de utilización en las fórmulas de la empresa de donde, se obtiene que:

$$\text{Pigmento} = 15\% \times 201,649.28 = 30,247.39 \text{ lb. de resina}$$

Cantidad a pedir de pigmento es de 30,247.39 = 30,250 libras utilizando cantidades exactas.

### **3.6.4 Cálculo de cajas de cartón**

Cantidad de cajas a solicitar =  $201,649.28 \text{ lb.} / 44 \text{ lb.} * 1.10 = 5,041$  cajas o sea 5,050 cajas se necesitan para la proyección.

### **3.6.5 Asignación de materia prima al proceso**

La asignación de materiales se realiza por medio de las ordenes de producción, que son elaboradas junto con el programa, de ahí, el encargado de cada área, realiza las requisiciones de materiales a bodega.

Una forma de asignar el material es de acuerdo con las metas programadas para un día. De ahí, se puede tener de referencia el cálculo de materiales anteriores, partiendo de tener la cantidad de libras de polietileno se puede predecir la cantidad de cajas, cantidad de tinta por libra producida, etiquetas de pesado, etc.

## **4. PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

La planificación y programación de una producción necesita información para poder realizarse y retroalimentarse continuamente para prevenir cualquier cambio que se pudiera dar durante el período planificado.

Para realizar una propuesta ha sido necesario utilizar información como lo es, los objetivos del área de producción actuales, la forma actual en que se realiza la planificación pues se debe estar consciente de que cada empresa utiliza un sistema diferente, y por último los aspectos importantes que se deben tener en el área de producción como lo son las ordenes de producción por área, el listado de empleados por turno, la consulta diaria del material y capacidades, otros informes como lo es la evaluación del personal que es el elemento más importante, pues de ella depende la buena coordinación entre las áreas, etc.

A continuación se indican los elementos existentes y formas que se proponen para lograr un mejor rendimiento.

### **4.1 Objetivos del área de producción**

Como se ha mencionado los objetivos del área de producción en los objetivos generales y específicos se persigue producir más con calidad y con los mismos insumos con lo que se reducen el costo de producción por desperdicios.

Entre los objetivos tenemos:

- Mejorar la planificación actual
- Mantener un control de los desperdicios
- Mantener los controles de los estándares de calidad de la película de polietileno
  - Espesor de la película
  - Ancho de la película
  - Calidad del personal
  - Aprovechamiento de la calidad de la maquinaria
  - Mantener los tiempos de entrega
  - Coordinación con mantenimiento sobre paro de producción por calendarización

#### **4.2 Breve descripción de la planificación actual**

Se realiza con base a la experiencia, e inicia cuando se genera una orden de producción por un agente de ventas sobre la base de necesidades del cliente, se pide al cliente un diseño y se devuelve al cliente para su aprobación y/o cambios, luego de estar ya aprobada por el cliente y dado el punto de vista de producción, de que sí se puede producir, y se ha comparado con la cartilla de colores de que si se tienen los colores en bodega o pedirlos a los proveedores para que se tengan listos el día que se ha dado para la producción, luego se genera el proceso como el siguiente:

- a. departamento de arte y fotomecánica
  - generación de bocetos, teniendo en cuenta los colores
  - Envío de bocetos para separación de colores en la creación de positivos si el dibujo contiene varios colores, pues el proceso se lleva a cabo por coloración de colores.

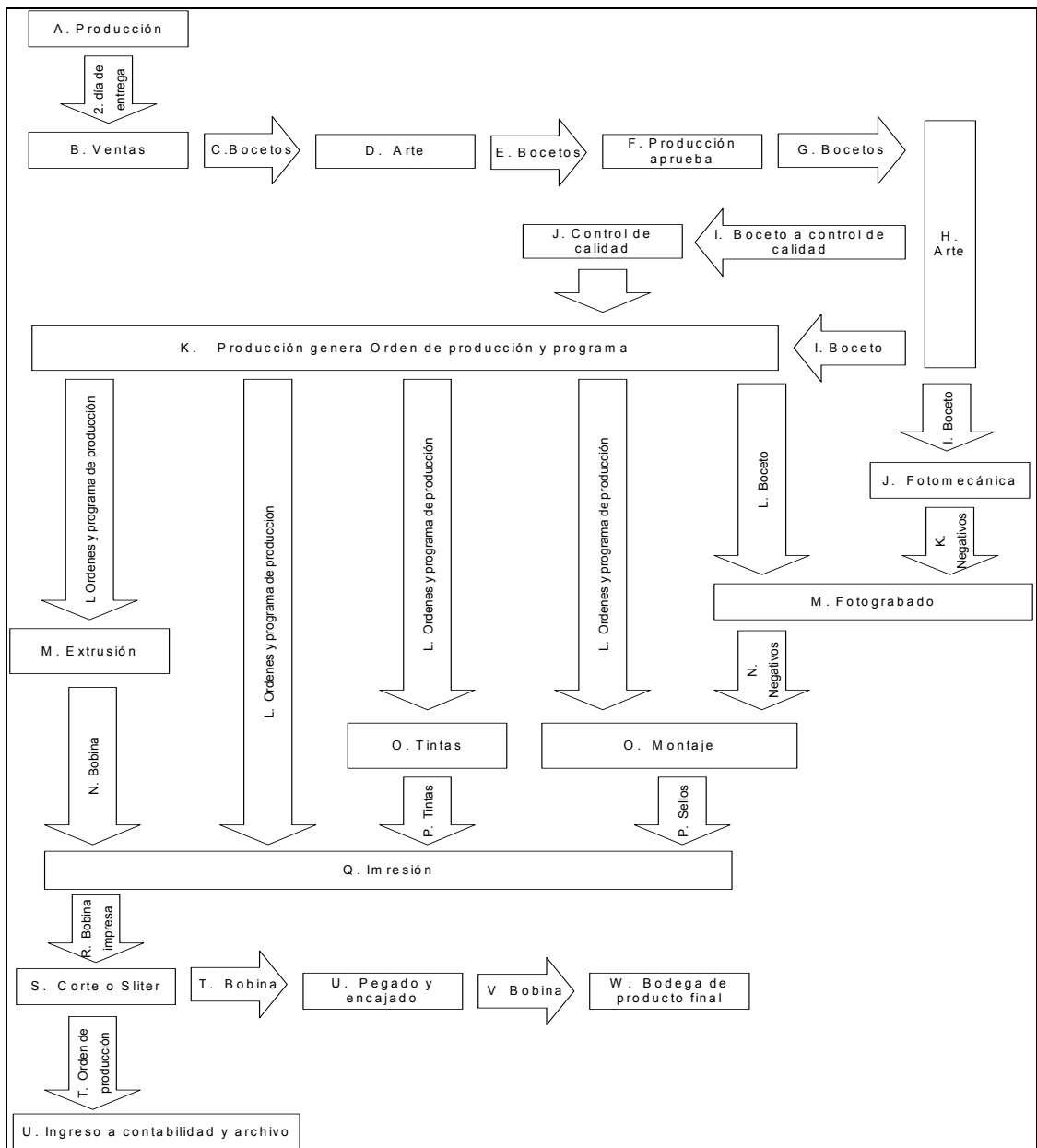
- o Parar al área de fotomecánica, donde se montan los positivos en planchas transparentes, para ser pasados a negativos por medio de una cámara especial.

Paralelo, pasa al departamento de producción la ya correcta, donde se genera una copia para dar inicio al proceso, para cuando se tenga que producir la película, y la original se archiva por cliente, llegado tres días antes o cuatro dependiente si va al exterior, que se tienen de colchón, se verifican las cantidades a producir para realizar el programa de producción del día, (con el programa se genera, la orden de producción de impresión y orden de extrusión).

- b. Copia al departamento de tinta: esta se utiliza para verificar que se tengan las cantidades de tinta necesarias, además de tener un boceto para tener las tonalidades de tintas necesarias.
- c. Luego pasa al departamento de fotograbado donde con los negativos provenientes de fotomecánica, se procede a realizar los sellos de fotopolímero. (Estos son dados a fotograbado desde el día de la aprobación de la orden, debido al tiempo de preparación que necesitan).
- d. Luego de estar ya preparados los sellos flexibles se pasa al departamento de montaje para ser montados el día de producción que se le indique. Al mismo tiempo, por la mañana al entregar la orden de extrusión y el programa de producción, se realiza la mezcla de resinas para que por medio de extrusoras se fabrique la película requerida para el cliente.
- e. Luego de estar lista la bobina, se almacena, para ser utilizada por producción.

- f. Ya teniendo la película lista, en impresión se verifica con la programación del día, se llevará la bobina para colocarla en la imprenta, se verificará con la O.P. los colores necesarios para solicitarlos a bodega, y se recogen los cilindros con los sellos ya montados. Al tener todo se procede a centrar la maquinaria y a dar marcha al pedido.

**Figura 16. Diagrama del seguimiento del proceso de una orden de Producción**





La planificación actual se realiza de una manera muy organizada y funcional pero lo que se pretende es proponer métodos teóricos basados en la investigación práctica y algunos utilizados en el transcurso de la Carrera de Ingeniería de Mecánica Industrial. Parte de la planificación se puede ver en el capítulo 2. El proceso de planificación empieza después de que el cliente ha aprobado o autorizado la orden de producción de su película.

El área de producción manda una orden al área de tintas, extrusión y al área de montaje. Estas áreas en combinación cumplen la orden de tintas adecuadas, planchas listas para la impresión y la calidad de película que se requiere.

En la planificación normal se tienen los elementos:

- Orden de mezcla de resinas
- Orden de tintas
- Orden a fotograbado para realizar los sellos y luego colocarlos en los cilindros para impresión
- Orden de impresión, y
- Orden de *sliter* donde es cortada al ancho requerido la película

Estas órdenes contienen: el cliente, dirección, especificaciones que requiere el cliente, cantidad requerida de pedido, imprenta en la que se va a imprimir, tipo de embobinado y lo más importante fecha de inicio y entrega que es la que se tiene que respetar (teniendo la producción con dos días de anticipación por cualquier imprevisto), son cortadas a la medida y embobinadas, pesadas y empacadas para ser trasladadas a bodega de producto terminado.

Para efecto de estudio se tomó un producto en particular y así sirva de base para los cálculos que se requieran.

### **4.3. Aspectos importantes a considerar**

Existen muchos factores que participan en la producción, algunos de los más importantes, son la cierre de las ordenes de producción, la parte humana que labora en la planta, y un aspecto que ayuda al encargado de producción que es el mantenimiento del calendario de planta, etc., se debe estar consciente de la utilización valiosa de cada elemento que se tiene y que se puede mejorar en planta.

#### **4.3.1. Cierre de órdenes de producción**

Estas consisten en el informe final de lo planificado y deben contener, el cliente, dirección, cantidad de material utilizado, desperdicios, fecha en que fueron emitidas y terminadas las órdenes, si son órdenes atrasadas, y la cantidad total de producción. Todo con la finalidad de ingresarlo al área de contabilidad y realizar la factura y envío del cliente. Terminando así la entrega del producto a un cliente y archivando la orden de producción reportada por empacado y pesado.

#### **4.3.2. Listado del número de turnos y empleados**

El número de turnos en la planta es de dos, siendo éstos de doce horas cada uno, con lo cual los empleados gozan de cuatro horas extraordinarias al día con turnos rotativos (para comprensión el Código de Trabajo establece que un trabajador no puede exceder de doce horas y con lo cual se cumple con la ley, según el artículo 122).

La cantidad de empleados por turno, necesarios para el proceso en planta partiendo de:

- Arte y fotomecánica (2)
- Control de calidad (1)
- Extrusión (3)
- Fotograbado (1)
- Montaje (3)
- Tintas (2)
- Imprentas (6)
- *Sliter* (2)
- Bodega (1)
- Mantenimiento (3)
- Producción (2)

Haciendo un total de 25 en turno.

- Control de calidad (1)
- Extrusión (3)
- Fotograbado (1)
- Montaje (3)
- Tintas (2)
- Imprentas (6)
- *Sliter* (2)
- Bodega (1)
- Mantenimiento (1)
- Producción (1)

Haciendo un total de 21 en turno nocturno.

#### **4.3.3. Mantenimiento de calendario de planta**

Para este se presenta un calendario según el año de trabajo, usando para ello una clasificación por centro de trabajo.

**Figura 17.** Formato de calendario para el mantenimiento de planta  
Centro de trabajo XX

| AÑO 2003 (366 días) |            |               |         |               |                      |                 |               |
|---------------------|------------|---------------|---------|---------------|----------------------|-----------------|---------------|
| No.                 | MES        | FIN DE SEMANA |         | Días festivos | Días de paralización | Días ordinarios | Total de días |
|                     |            | sábado        | domingo |               |                      |                 |               |
|                     | Enero      |               |         |               |                      |                 |               |
|                     | Febrero    |               |         |               |                      |                 |               |
|                     | Marzo      |               |         |               |                      |                 |               |
|                     | Abril      |               |         |               |                      |                 |               |
|                     | Mayo       |               |         |               |                      |                 |               |
|                     | Julio      |               |         |               |                      |                 |               |
|                     | Junio      |               |         |               |                      |                 |               |
|                     | Agosto     |               |         |               |                      |                 |               |
|                     | Septiembre |               |         |               |                      |                 |               |
|                     | Octubre    |               |         |               |                      |                 |               |
|                     | Noviembre  |               |         |               |                      |                 |               |
|                     | Diciembre  |               |         |               |                      |                 |               |

El calendario diario de las funciones detalladas para el área de producción es el programa de producción diaria que contiene:

- Número de órdenes de producción
- Cliente
- Fecha de inicio
- Fechas de entrega
- Cantidad a producir
- Observaciones

Debemos considerar además, la utilización de los centros de trabajo, valiéndonos para ellos de los diagramas de flujo (del capítulo 2).

#### **4.3.4. Consulta diaria del estado del material**

Este informe debe ser entregado durante el inicio de cada jornada de trabajo al encargado de la programación de la producción y para ello se puede referir al control de inventarios en el capítulo tres para cada material. Con este informe el encargo de programación o asistente de producción realiza la nueva programación para el día siguiente con los materiales existentes.

#### **4.3.5. Se debe estar en la capacidad de obtener la información del material en función de la capacidad, artículos y cantidades**

Este se realiza teniendo la información anterior y de los incisos posteriores para este punto necesitamos saber, con qué contamos, la capacidad instalada, la eficiencia, posibles demoras que se pueden presentar, etc., y lo más importante, el elemento humano en su rendimiento, su capacidad y productividad.

El costo en que se puede incurrir con retraso de la producción, o para una producción por realizar otra urgente.

#### **4.3.6. Otros informes que se deben tener**

En la actualidad se cuenta con factores materiales y humanos importantes, pero se pretende dar una nueva visión o idea que contribuya al mejor desempeño de las actividades.

En la planificación de operaciones de una producción se debe tener información de todos los factores que forman parte de ella, pues se debe estar perfectamente consciente de las posibilidades de que se pueda producir con la mejor calidad posible.

Entre los elementos más importantes en la planificación de operaciones que se consideran están:

#### 4.3.6.1. Órdenes de producción

Se tienen algunos de los modelos utilizados para la producción de las áreas más importantes como lo son el área de extrusión, impresión y corte.

**Figura 18.** Orden de extrusión

|                      |       |                           |  |                          |        |           |        |
|----------------------|-------|---------------------------|--|--------------------------|--------|-----------|--------|
| No. DE PEDIDO: _____ |       | No. DE ORDEN. _____       |  | A EXTRUIR: _____         |        |           |        |
| CLIENTE: _____       |       | MARCA: _____              |  |                          |        |           |        |
| TUBO: _____          |       | LIENZO: _____             |  | ANCHO: _____             |        |           |        |
| COLOR _____          |       | RESINAS : (1) _____       |  | (2) _____                |        | (3) _____ |        |
| MÁQUINA: _____       |       | PREPARADO: (1 LADO) _____ |  | 2 LADOS _____            |        |           |        |
| FECHA                | TURNO | OPERADOR                  |  | ACUM.                    | HRS. T | TIPO      | CODIGO |
|                      |       |                           |  |                          |        |           |        |
|                      |       |                           |  |                          |        |           |        |
|                      |       |                           |  |                          |        |           |        |
|                      |       |                           |  |                          |        |           |        |
|                      |       |                           |  |                          |        |           |        |
| FECHA: _____         |       |                           |  |                          |        |           |        |
| HORA DE INICIO _____ |       |                           |  | FECHA Y DÍA FINAL: _____ |        |           |        |
| OBSERVACIONES _____  |       |                           |  |                          |        |           |        |

**Figura 19.** Orden de impresión

| No. DE PEDIDO: _____      |           | No. DE ORDEN: _____   |                          |        |      |        |
|---------------------------|-----------|-----------------------|--------------------------|--------|------|--------|
| CLIENTE: _____            |           | MARCA: _____          |                          |        |      |        |
| CANTIDAD: _____           |           | MEDIDA: _____         |                          |        |      |        |
| ESPEJOR O MATERIAL: _____ |           | EMBOBINADO: _____     |                          |        |      |        |
| RODILLO: _____            |           | No. DE COLORES: _____ |                          |        |      |        |
| MÁQUINA: _____            |           | SELLO: _____          |                          |        |      |        |
|                           |           |                       |                          |        |      |        |
| FECHA                     | TURN<br>O | OPERADOR              | ACUM.                    | HRS. T | TIPO | CODIGO |
|                           |           |                       |                          |        |      |        |
|                           |           |                       |                          |        |      |        |
|                           |           |                       |                          |        |      |        |
|                           |           |                       |                          |        |      |        |
|                           |           |                       |                          |        |      |        |
| FECHA: _____              |           |                       |                          |        |      |        |
| HORA DE INICIO _____      |           |                       | FECHA Y DÍA FINAL: _____ |        |      |        |
| OBSERVACIONES _____       |           |                       |                          |        |      |        |

**Figura 20.** Orden de corte

| No. DE PEDIDO: _____               |       | No. DE ORDEN: _____ |                          |         |      |        |
|------------------------------------|-------|---------------------|--------------------------|---------|------|--------|
| CLIENTE: _____                     |       | MARCA: _____        |                          |         |      |        |
| CANTIDAD: _____                    |       | MEDIDA: _____       |                          |         |      |        |
| ESPEJOR O MATERIAL: _____          |       | EMBOBINADO: _____   |                          |         |      |        |
| DIÁMETRO EXTERIOR: _____           |       | MÁQUINA: _____      |                          |         |      |        |
| MÁQUINA: _____                     |       | SELLO: _____        |                          |         |      |        |
| PROCESO SIGUIENTE: _____           |       |                     |                          |         |      |        |
| FECHA                              | TURNO | OPERADOR            | ACUM.                    | HRS. T. | TIPO | CÓDIGO |
|                                    |       |                     |                          |         |      |        |
|                                    |       |                     |                          |         |      |        |
|                                    |       |                     |                          |         |      |        |
|                                    |       |                     |                          |         |      |        |
| FECHA: _____                       |       |                     |                          |         |      |        |
| HORA DE INICIO: _____              |       |                     | FECHA Y DÍA FINAL: _____ |         |      |        |
| CONTROL DE HORAS TRABAJADAS: _____ |       |                     | HORAS PARADAS: _____     |         |      |        |
| OBSERVACIONES: _____               |       |                     |                          |         |      |        |

#### **4.3.6.2. Órdenes por centro de trabajo**

Estas serán distribuidas al final de cada turno con lo que se tendrá el programa y las órdenes por centro de trabajo para el día siguiente, siendo responsabilidad de la persona encargada de programación y también del encargado de producción quien tiene a su cargo la aprobación, organización, dirección y cambio de los programas de producción.

#### **4.3.6.2. Eficiencia de los empleados**

El factor humano es la parte fundamental de cualquier proceso, siendo esta la que estimula y hace que se realice la planificación con la maquinaria y herramienta necesaria.

Los elementos necesarios para realizar la evaluación del personal son:

- Conocer la cultura organizacional
- Identificar los posibles factores de resistencia al cambio, para volverlos parte del cambio
- Realizar una descripción y análisis de cada puesto, para identificar sus requerimientos para cada evaluación
- Realizar el formulario de necesidades, utilizados por el trabajador
- Capacitar a los jefes e involucrarlos para que realicen la evaluación de desempeño lo más objetivamente y sin prejuicios personales como se indica más adelante en este mismo inciso.
- Diagnóstico de las necesidades de capacidad
- Realizar el inventario de habilidades para comparar con los requerimientos de la empresa



Las modalidades de mejoramiento de calidad que se han extendido con las exigencias de la globalización han puesto en vista, todos los elementos que participan en una producción siendo en procesos de manufactura el elemento humano.

Un método justificable es la constante evaluación del rendimiento del personal y para ello hay aspectos que se tienen que tomar en cuenta al iniciar dicha evaluación.

Uno de ellos es la ergonomía del diseño de las estaciones de trabajo, pues es ahí donde la persona va desarrollando su máxima capacidad. Los directivos realizan formalmente evaluaciones periódicas de la actuación de sus empleados para asegurarse que desempeñan su trabajo con arreglo a los estándares exigidos por la organización, pues las organizaciones progresistas mantienen un sistema de evaluación de la actuación. (Ver cuadro de evaluación más adelante).

En la práctica, la evaluación está generalmente basada en una combinación de los mencionados estándares objetivos y de las apreciaciones subjetivas del evaluador. Un estándar objetivo es, pues, aquel valor o medida con la que se compara cuantitativamente la actuación de un empleado y los juicios subjetivos son aquellos formados por la opinión del supervisor y generalmente se emiten para evaluar la iniciativa, la autonomía y la cooperación.

Los fines de las evaluaciones son:

- a) Alentar los comportamientos positivos a la vez que corregir y atajar los negativos.

- b) Proporcionan una información en la que basar posteriores acciones relativas al *status* profesional del empleado, tales como subidas de sueldo, promociones, transferencias o despido.
- c) Poner de relieve una serie de pormenores que luego servirán para determinar las necesidades inmediatas de formación del empleado, así como su desarrollo futuro.

#### **4.3.6.2.1. Modelos y métodos de evaluación**

El impreso más utilizado como guía y registro de la evaluación es el **modelo de rasgos o factores**. En este modelo el evaluador se encuentra con varios factores en cada uno de los cuales tiene que asignarle al empleado una calificación que puede ser la “deficiente”, “satisfactoria” o “excelente”, este modelo también recibe el nombre de “elección forzada”.

Para atenuar la falta de unidad de criterio, muchas compañías amplían el modelo con unas escalas definitorias de los distintos grados de actuación. Es decir, se proporciona una descripción de lo que en un factor determinado constituye, por ejemplo, una actuación “excelente”, “satisfactoria” y “deficiente”. Esto da una mayor uniformidad a las interpretaciones de los evaluadores y contribuye también a reducir las sesgadasuras. A veces se asigna a cada factor un peso o valor distintos según su importancia y por extensión también a cada una de sus calificaciones. Esto permite que el directivo pueda calcular una puntuación global para cada una de las actuaciones que evalúe, pero antes de evaluar al personal debe tener una evaluación y requisitos de los puestos, además de la ficha respectiva por cada trabajador.

Primero se le debe pedir que escriban en un formulario, las capacitaciones, que opinan, les hacen falta para mejorar su desempeño. Se procede a la entrevista, después de haber leído sus comentarios, y estudiado los requisitos antes necesarios para los puestos y así se presenta un modelo utilizable a continuación de calificación para la entrevista que el entrevistador puede utilizar y calificar a su criterio después de haber analizado todos los factores necesarios.

Con el cuadro siguiente, se tiene un rango de puntuación donde el evaluador debe establecer el rango de desempeño aceptable de 200 puntos y los puntajes bajos de 50 puntos cuando haya que buscar la solución para mejorar la eficiencia del empleado.

**Figura 21.** Cuadro indicativo de aspectos a evaluar en un trabajador

| No. de identificación:   |   | D  |  |  |  |  | AI |
|--|---|--|--|--|--|--|----|
| Período de evaluación:   |   | Escala de actuación                          |  |  |  |  |    |
| Factor:  |   | 8  | 12   | 16   | 20   |  |    |
| 1. Calidad de trabajo: Grado de cumplimiento de los estándares de calidad. | 4<br>descuidado   | Lo mismo para cumplir                        | Realiza un trabajo aceptable.                                  | Los rechazos y los errores son raros.              | Demuestra una calidad excepcionalmente alta.       |  |    |
| 2. Conocimiento del puesto. Comprensión de todas las clases del puesto.    | 25<br>Experto en su propio puesto                         | Experto, pero solo en su propio puesto.      | Conoce el trabajo bastante bien.                               | Necesita mejorar. Conoce lo imprescindible.        | Conocimiento inadecuado.                           |  |    |
| 3. Cantidad de trabajo Producción de trabajo no defectuoso                 | 8<br>Produce la calidad requerida pero rara vez más.      | Produce con frecuencia más de lo estipulado. | Lento, su producción rara vez alcanza la producción requerida. | Extraordinariamente rápido. Su producción es alta. | Normalmente hace más de lo que se le pide.         |  |    |
| 4. Fiabilidad Trabajar con arreglo a las instrucciones                     | 20<br>Fiable, no es necesaria la comprobación.            | Requiere muy poca comprobación.              | Sigue las instrucciones.                                       | Necesita frecuentes comprobaciones.                | Necesita una comprobación y vigilancia.            |  |    |
| 5. Iniciativa Pensar constructivamente y originar acciones.                | 9<br>Actúa y decide bien, pero requiere cierta habilidad. | Requiere solo una supervisión mínima.        | Piensa y actúa constructivamente no necesita supervisión.      | Requiere supervisión constante.                    | Solo las decisiones fáciles. Trabajador rutinario. |  |    |

**Fuente:** Curso de *Management* en 36 horas, Editorial McGraw-Hill, 1999.

Son aspectos que se deben analizar al iniciar un sistema de evaluación:

- a) La resistencia al cambio por parte del personal, debido a que se puede tener incertidumbre y cambio en la información por los canales que se envíe.
- b) Apoyo por parte de la gerencia, sin atribuir cuestionamientos antes de verificar los hechos.

#### **4.3.6.4 Eficiencia de los centros de trabajo**

La fórmula de los centros de trabajo se ha calculado con base a la fórmula siguiente:

$$E = M/R$$

Donde:

E = Eficiencia del centro

M = Meta de producción

R = Real producido

Queda indicado que ésta recomendación de la determinación de la meta del centro de trabajo se coloca según sea la capacidad de la maquinaria por hora, para el caso en particular de la extrusora, tenemos.

El total de días efectivos al años 2002 son: 249 por lo cual tenemos  $249 \times 24$  horas = 5976 horas efectivas.

Con lo que la meta que se establece por hora basados en la proyección realizada en el capítulo 5, de 201649.28 libras de resina, sería:

**Meta esperada** = 201649.28 libras / 5976 hr. = 33.74 lb./hr.

Lo que indica que se debe tener capacidad de tener 3.74 lb./hr. De película empacada lista para entregar. Para efectos de estudio solo se analizó un cliente, por lo que al tener varios pedidos aumenta la cantidad de libras a producir por hora.

**Capacidad esperada del extrusor** = 60 lb./hr.

**Eficiencia** = 33.74 lb./hr. \* 100 = 56.23% de aprovechamiento de la capacidad de la maquinaria.

**Eficiencia de la impresoras** = 52 lb./hr. Esperada.

**Eficiencia** = 33.74 / 52 \* 100 = 64.85% de aprovechamiento de la capacidad esperada de la maquinaria.

Los puntos que afectan el tiempo real de producción son:

- a) Cambios de turno
- b) Desperdicio de materia prima
- c) Tiempo de limpieza de maquinaria
- d) Tiempo de alimentación de maquinaria
- e) Desperfectos de maquinaria en proceso
- f) Espera de ordenes de producción

#### **4.3.7. Mantenimiento de rutas**

Este aspecto es el que nos permite mantener los datos relativos al encaminamiento respecto a un pedido determinado.

La información referente a las rutas comprende detalles de las funciones explícitas que se exijan, con el fin de producir la película de polietileno de algún cliente específico, proporcionando el fundamento de la programación de órdenes de producción.

Existen dos áreas responsables de mantener la ruta de las ordenes de producción y verificar porque éstas se cumplan en su totalidad. Estas son Control de Calidad quien verifica la calidad del producto y quien debe tener la autoridad de parar un proceso, si se esta produciendo fuera de los parámetros de calidad permitidos y producción quien debe velar porque la orden se realice de acuerdo al establecido en la orden de producción en el tiempo establecido.

#### **4.3.8. Centro de trabajo**

Los centros de trabajo deben realizar controles de calidad respectivos, para la evaluación posterior a los resultados obtenidos durante le proceso de producción, y así hacer las correcciones pertinentes y establecer los métodos necesarios. (Ver inciso 5.6.1).

#### **4.3.9. Otros aspectos**

Todos los aspectos que se mencionan se indican como elementos fundamentales que deben ser analizados para evaluar el rendimiento de la producción y se mencionan a continuación.

#### **4.3.9.1. Tiempo de ejecución**

Los tiempos de ejecución se han tomado de acuerdo al estudio de tiempos de cada estación, con lo cual se ha analizado de acuerdo a la capacidad del operario (diagrama hombre – máquina) y a la capacidad instalada (especificaciones del equipo según fabricante).

El análisis se deberá realizar.

- Analizando los tiempos disponibles de operarios, tiempos de ocio, pérdidas de tiempo en cambios de turnos, etc.
- La capacidad instalada es de acuerdo al aprovechamiento total de sus dimensiones. Un ejemplo claro, es el aprovechamiento total del ancho de los cilindros de impresión con lo cual debe tenerse un porcentaje claro (ancho de película / ancho del cilindro), que indique su productividad y por otro lado las limitaciones según las dimensiones especificadas por los cliente.

#### **4.3.9.2. Tiempo de preparación**

Es el tiempo que se necesita antes de empezar a utilizar las máquinas, es de mucha importancia, pues si se realiza una preparación conciente del equipo, revisiones, materiales, etc., se podrá tener certeza del equipo durante el tiempo del proceso.

#### **4.3.9.3. Número de operadores**

El número de operarios por proceso que son necesarios para el buen funcionamiento se mencionan en el inciso 3.2 del capítulo 3.



- Extrusión (3)
- Fotograbado (1)
- Montaje (3)
- Imprentas (6)
- *Sliter* (2)

Haciendo un total de 15 operadores de maquinaria en planta.

#### **4.3.9.4. Horas máquina**

Están determinadas por el tiempo de uso según el inciso 4.3.9.7 adelante, donde se identifica un total de 9.97 horas efectivas del persona, de aquí el tiempo efectivo de toda la planta.

#### **4.3.9.5. Tiempo estándar**

**Expresión del tiempo estándar:** El tiempo estándar para una operación dada es el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación.

La suma de los tiempos elementales dará el estándar en minutos por libras de película de polietileno procesadas o por horas, utilizando un cronómetro.

#### **4.3.9.6. Tiempo de espera en cola**

El objetivo final de analizar situaciones de espera consiste en generar medidas de desempeño para evaluar los sistemas reales.

No obstante, como cualquier sistema de espera, opera como función del tiempo, se sugiere analizar los diagramas de proceso de las distintas áreas de la empresa, para poder así identificar en forma clara y sencilla los puntos donde se debe mejorar el sistema.

#### 4.3.9.7. Horas de trabajo de turno

Según investigación, en cada estudio de tiempo de trabajo real de los trabajadores se debe tener un margen de tolerancia por retrasos personales inevitables y por fatiga, generalmente es alrededor del 15%. Sin embargo, en ciertos casos puede ser necesario proporcionar una tolerancia adicional para establecer un estándar justo.

En el desarrollo de una tabla de tolerancia, el porcentaje se calcula generalmente con base en una jornada de trabajo (480 minutos = 8 horas) ya que el tiempo de producción no se conoce. En la aplicación de las tolerancias, la tolerancia total se convierte en un factor de tolerancia.

Siendo en la investigación de la planta la siguiente tabla, después de realizar la recopilación de datos pertinente:

**Tabla XIII.** Porcentajes de factores de tiempo para descuento del tiempo real de trabajo

| Factor  | Porcentaje |
|---|------------|
| Personal  | 3.0%       |
| Fatiga  | 5.5%       |
| Retrasos inevitables                                      | 4.0%       |
| Cambio de turnos  | 2.0%       |
| Total   | 14.5%      |
| Factor de tolerancia = $100\% / (100\% - 14.5\%) = 1.169$ |            |

**Fuente:** Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos, Benjamín W. Nievel. 9ª. Ed.

Donde:

F = Fatiga

$$F = (T - t) * 100 / T$$

Donde:

F = coeficiente de fatiga

T = tiempo requerido para realizar la operación al final del trabajo continuo.

t = tiempo necesario para efectuar la operación al principio del trabajo continuo.

Así, el tiempo normal debe ser multiplicado por 1.169 para determinar el tiempo real que se ha de utilizar.

La tolerancia se basa en el tiempo de producción normal, puesto que es este valor al que se aplicará el porcentaje en estudios subsecuentes.

En el estudio se tiene que el tiempo real de trabajo en planta sería multiplicado durante 12 horas que es la jornada de labores.

$$12 \text{ ----- } 100\%$$

$$X \text{ ----- } 16.9\%$$

$$\text{Tiempo real} = 16.90 - 12/100 = 2.028$$

$$\text{Siendo efectivas } 12 - 2.028 = \mathbf{9.972 \text{ horas}}$$

#### **4.3.9.8. Empleados por turno**

La cantidad de los empleados por turno, empleados actualmente para el proceso en planta forman un total de 21 en turno nocturno. Y un total de 25 en turno diurno. (ver distribución de empleados en inciso 4.3.2.)

#### **4.3.10 Informe de programación de despacho**

La persona de programación debe tener aptitudes matemáticas, para aprovechar al máximo el ancho de la película producida y además, de estar informado del ancho de los sellos para utilización programación de los rollos adecuados de polietileno, dando así la indicación de la cantidad de sellos a colocar en los cilindros, al personal de montaje.

Se debe tener un archivo de las ordenes de producción, clasificados por fechas, que servirá para formar el programa del día.

Al estar preparado el programa se debe enviar una copia al despacho quien tiene a su cargo la asignación de las rutas de entrega del transporte. En despacho se tiene que estar informado por parte de producción sobre la película existente en bodega, y si existiere algún atraso en producción.

El encargado de despacho deberá dar seguimiento a la orden ya terminada y pasarla al mismo tiempo a facturación para que se genere la respectiva factura al cliente, y si en caso fuera necesario la licencia de exportación para asignarla al conductor del transporte.

#### **4.4 Base para el desarrollo del proyecto**

Considerados los objetivos del área de producción y algunos de los aspectos más importantes para su buen funcionamiento, se procede a sentar la base para el desarrollo del proyecto, que consiste en identificar las formas de proceso para así asignar el o los métodos y controles necesarios, como sigue:

#### 4.4.1 Elementos del sistema de producción.

Los elementos del sistema que sirven para el desarrollo del proceso: Historial de datos de producción: para ello nos basaremos primero en periodos pasados de producción, para luego identificar en un periodo siguiente nuestro mes de proyección.

**Orden de producción:** Es la parte que indica todo el proceso, pues en ella se contemplan los requisitos básicos siguientes para poder iniciar:

- **Materia prima:** Es la base para fabricar lo que es parte del producto
- **Mano de obra indirecta:** es la parte administrativa que no interviene directamente en el proceso de fabricación
- **Mano de obra directa:** es todo el personal que contribuye directamente en la fabricación de la película
- **Maquinaria y equipo:** transformar la materia prima en producto listo para el cliente, quien lo transformará de nuevo para sus beneficios.

#### 4.4.2 Controles previos al proceso

La falta de control en los procesos tiende a generar desperdicios provocados por producto que no servirá al cliente y aunque se puede reprocesar repercutirá en el costo y tiempo de proceso. Para esto se proponen los siguientes controles, basándonos para ello en el análisis de los diagramas de proceso.

- a) En la actualidad se realiza solo la mezcla teórica de la resina con lo cual se envía la orden al encargado de extrusión. Se recomienda un control para que se supervise la homogeneidad de la mezcla.
- b) Comparación por parte de control de calidad en la revisión de las ordenes de producción.
- c) Verificación de los espesores por medio de formatos de controles de medias ya establecidas como a continuación se presente, y que sea operado por control de calidad.

#### **4.4.3 Identificación del proceso**

El producto único, es la fabricación de película de polietileno impresa, siendo pedidos continuos que se producen para empaque, para envoltura de materiales líquidos (agua purificada, cloro, refrescos, leche, etc.), por lo que el proceso no cambia su patrón de fabricación.

Una definición, es que son productos que se pueden inventariar por medio de la cantidad de libras de polietileno procesadas, agregándole a ello un promedio de libras de tintas utilizadas durante el período en estudio.

#### **4.4.4 Qué es una producción continua**

Son procesos que se caracterizan por maquinas para usos especiales o por automatización, equipo de trayectoria fija para el manejo de materiales de producción de artículos en grandes volúmenes de producción.

La función del control de la producción en éstas, está dirigida hacia el mantenimiento del ritmo del flujo de la producción, de manera que se produzca el número requerido de artículos. Debido a que este sistema de producción se caracteriza por un gran volumen de producción, el control del inventario adquiere mucha importancia y puede ser responsabilidad de planeación y control de la producción.

#### **4.4.5 Método para planificar**

Para planificar las funciones de la producción se deben analizar los procesos:

- Revisión y comparación de objetivos y metas establecidas y logradas
  
- Análisis de la proyección producción siguiente:
  - Análisis de las producciones anteriores (gráfica de comportamiento)
  - La utilización de un método de proyección y
  - Capacidad instalada
  
- Análisis de entrega de ordenes de producción:
  - Asignación de los días de colchón para producción.
  - Establecimiento de cantidad de producción por día de acuerdo a la capacidad instalada.
  - Días comprometidos de producción, de acuerdo a pedidos existentes.
  - Identificación de próximos días de entregas a clientes y aviso al departamento de ventas para comprometer entregas con clientes.

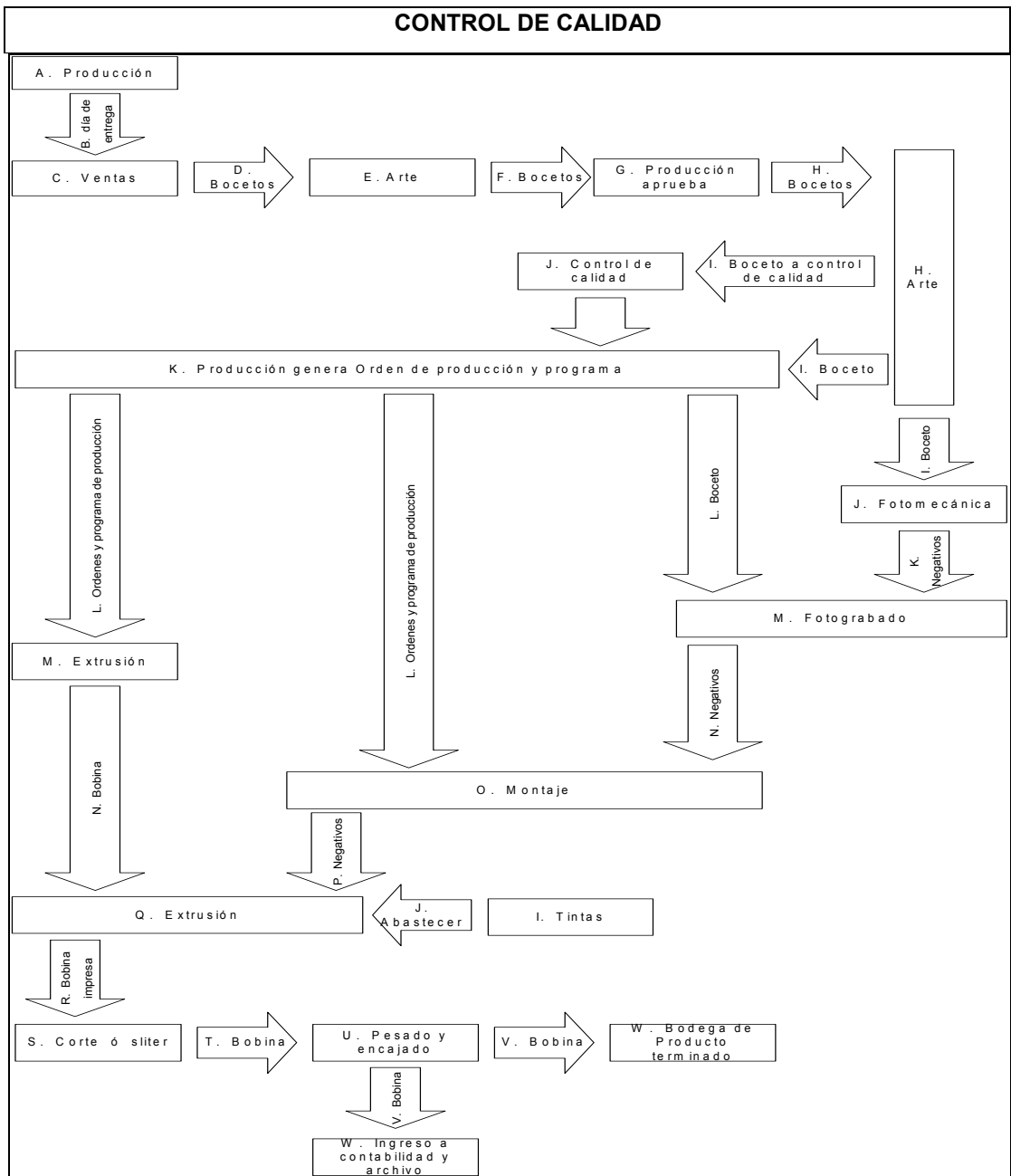
- Para el establecimiento de un método de debe comenzar con conocer la ruta de una orden para producción.

El proceso en sí es un seguimiento de pasos, claros con objetivos de cumplir con los estándares de calidad permisible en el tiempo asignado. Iniciando para ello después de aprobada por producción una orden, ingresa al sistema esperando su turno para el día del pedido.

El diagrama siguiente muestra de forma amplia, la ruta que sigue el pedido de un cliente al generarse su orden de producción, siendo flexible a cambios:



**Figura 22.** Diagrama de seguimiento para planificación del proceso de Producción



## **5. PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE OPERACIONES Y PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

Para lograr una buena planificación de las operaciones y programación en una planta, contamos con la información obtenida y propuesta en los capítulos anteriores, pero aún así, es amplio el conocimiento que se debe tener sobre más elementos que contribuyen a mantener o subir la eficiencia de las áreas de trabajo. Ya propuestos algunos métodos y formatos podemos saber que es hora de dar un procedimiento, de la secuencia de la producción, para definir la forma en que se llevarán a cabo los pasos para dirigirla.

### **5.1 Identificación de los cuellos de botella del proceso para tener la eficiencia de la línea**

Se considera que las áreas que proceden a fomentar una baja en la utilización del sistema son aquellas en las cuales se presenta una mala utilización del sistema y que suelen llamarse cuellos de botella.

Un concepto básico consiste en que la situación de producción se enfoca en que debemos balancear el flujo de material a través del sistema y no la capacidad del sistema. Pues esto genera un movimiento uniforme y continuo de materiales de una operación a la siguiente y reduce el tiempo de entrega y el inventario que espera en cola. El mejor uso del equipo y los inventarios bien planificados como se indica en el capítulo 3, pueden disminuir el costo total haciendo más rentable la inversión.

Tiempos de entrega más cortos significan una mejora en el servicio al cliente y proporcionan una ventaja competitiva a la empresa.

El proceso indicado para el manejo de los cuellos de botella y eliminar las restricciones que representa en el proceso de producción para nuestro caso en particular es:

- a. Poder identificar las restricciones del sistema y asignarles prioridades de acuerdo con su impacto sobre el proceso de producción.
- b. Determinar la manera de explotar esas restricciones para mejorar el sistema.

Para mantener una meta establecida se han encontrado pasos importantes para el manejo de los cuellos de botella convencionales.

1. No debemos balancear la capacidad sino el flujo de los materiales en el proceso de producción.
2. La extrusión por contar con un nivel superior de la demanda significa un no cuello de botella.

El punto identificado como un cuello de botella se encuentra en el departamento de arte, que puede tardar de 8 a 20 días para generar un sello aprobado por el cliente.

Para disminuir el tiempo de entrega se debe optimizar el proceso de producción de logotipos para los clientes, dando un servicio más personalizado, y convenciendo a ventas que debe mejorar su sistema de ventas a clientes nuevos, con muestras de capacidades en el departamento de arte.

3. No es lo mismo la utilización que la activación de un recurso, es tratar de aprovechar todo el sistema, basándonos en la capacidad total del equipo donde se encuentra el cuello de botella.
4. Una hora perdida en nuestro cuello de botella es una hora perdida en todo el sistema, para nuestro sistema de producción ésta se identifica que podemos producir más en todo el sistema antes del cuello de botella, pero si el proceso se paraliza en el cuello de botella detenemos la obtención de producto terminado.
5. Debemos estimar que el tiempo ahorrado antes de nuestro cuello de botella no es mayormente significativo para nuestro sistema
6. Los cuellos de botella indican el grado de producción que podemos tener a nivel general.
7. La cantidad del lote de producción en transferencia al proceso de producción no tiene que ser igual al lote de productos en proceso.
8. El lote de producción puede ser variable pero no mayor que la capacidad que tenemos en nuestro cuello de botella.

9. Antes de establecer los pedidos de prioridades debemos considerar y tomar en cuenta la capacidad de nuestro cuello de botella.

Una técnica identificada para el análisis, manejo y solución de los cuellos de botella se identifica como la técnica de tambor – amortiguador – cuerda.

**Técnica de tambor – amortiguador – cuerda:** En el flujo del producto el recurso de capacidad restringida que está identificado como nuestro cuello de botella pues está determinada su capacidad, determina la producción total, que corresponde al tambor que determina la producción total de toda la operación.

Las operaciones que siguen al recurso de capacidad limitada o cuello de botella, se programarán de acuerdo al programa del mismo. Y por último la cuerda representada por la línea de puntos se ata a la operación inicial en el nivel de las materias primas.

El segundo cuello de botella se encuentra identificado en el proceso de impresión de polietileno pues no se cuenta con la suficiente cantidad de rodillos para las imprentas existentes, siendo inevitable la espera de los mismos en el área de montaje para colocar nuevos sellos, se sabe que 3 personas son del área de montaje que tienen que esperar a que se desocupen para preparar un nuevo pedido.

## **5.2 Recopilación de datos**

La recopilación de datos se hizo como cierta alteración para guardar la confidencialidad de los datos a petición de la empresa.

Siendo realizada la investigación de los mismos dentro de la planta de producción y dentro del proceso administrativo, pues se pretende indicar los beneficios de las técnicas de planeación:

### 5.2.1 Datos históricos para pronósticos

Los datos históricos recopilados de los pronósticos dentro de la empresa (Los siguientes datos que a continuación se presentan datos sin alterar las tendencias de la producción por resguardo de la empresa), se indican a continuación, iniciando para ello en el análisis de las gráficas para verificar su tendencia.

**Tabla XIV.** Historial de demanda en producción

| Número | Mes        | Producción en libras de película de polietileno ya terminada |
|--------|------------|--|
| 1      | Julio/1999 | 178,251  |
| 2      | Agosto     | 178,952  |
| 3      | Septiembre | 179,542  |
| 4      | Octubre    | 177,854  |
| 5      | Noviembre  | 179,254  |
| 6      | Diciembre  | 179,985  |
| 7      | Enero/2000 | 180,452  |
| 8      | Febrero    | 181,245  |
| 9      | Marzo      | 181,251  |
| 10     | Abril      | 182,455  |
| 11     | Mayo       | 183,256  |
| 12     | Junio      | 183,676  |
| 13     | Julio      | 183,205  |
| 14     | Agosto     | 187,525  |
| 15     | Septiembre | 185,425  |
| 16     | Octubre    | 187,521  |
| 17     | Noviembre  | 186,528  |
| 18     | Diciembre  | 186,857  |
| 19     | Enero/2001 | 187,652  |
| 20     | Febrero    | 189,526  |
| 21     | Marzo      | 191,524  |
| 22     | Abril      | 192,543  |
| 23     | Mayo       | 190,215  |
| 24     | Junio      | 190,539  |
| 25     | Julio      | 191,543  |
| 26     | Agosto     | 194,876  |

### Continuación

|    |            |         |
|----|------------|---------|
| 27 | Septiembre | 192,548 |
| 28 | Octubre    | 193,562 |
| 29 | Noviembre  | 195,983 |
| 30 | Diciembre  | 196,542 |
| 31 | Enero/2002 | 198,579 |
| 32 | Febrero    | 200,187 |
| 33 | Marzo      | 199,254 |
| 34 | Abril      | 202,451 |
| 35 | Mayo       | 200,264 |
| 36 | Junio      | 201,985 |

#### 5.2.2. Eficiencia de las áreas

El análisis de métodos de producción se ha clasificado por áreas para poder determinar las operaciones como parte del todo, y que contribuye al mejoramiento total del sistema de producción. Las fórmulas utilizadas se detallan a continuación:

Eficiencias de los centros de trabajo:

Generalizando el tiempo perdido por el operario se determina:

$$E = Hr/Ha$$

Donde:

E = Eficiencia

Hr = Horas reales utilizadas

Ha = Horas asignadas en el trabajo.

Según el cálculo de horas laboradas es de 9.97 y las horas empleadas totales son de 12.

Siendo la eficiencia =  $(9.972/12)*100 = 83.1\%$ , lo que se debe comparar de acuerdo, a lo esperado por producción.

La capacidad de las máquinas es:

- Extrusoras = 60 lb./hr.
- Impresoras = 52 lb./hr.
- Embobinadoras = 75 lb./hr.

### **5.2.3. Cantidad de operarios por máquina**

Para asignación de los operarios a cada maquinaria utilizada se debe llevar a cabo, el estudio presentado de diagrama hombre – máquina en el área de extrusión, y así hacer las comparaciones respectivas, con respecto a si procede tener la maquinaria o al operario en tiempo de ocio.

Tomado el inciso 4.3.2., la cantidad de los empleados, utilizados en las máquinas es:

- Por extrusora 1 operario
- Fotograbado 1 operario
- Para imprentas flexo 2 operarios por máquina
- Para sliter o cortadora 1 operario

### **5.2.4. Tiempo estándar de producción**

La persona que tiene a su cargo la dirección y análisis de producción debe tener en su sistema de dirección, la necesidad de establecer y mantener los tiempos estándares de tiempo, que sean justos, siendo de estricta equidad para el trabajador y para la empresa.

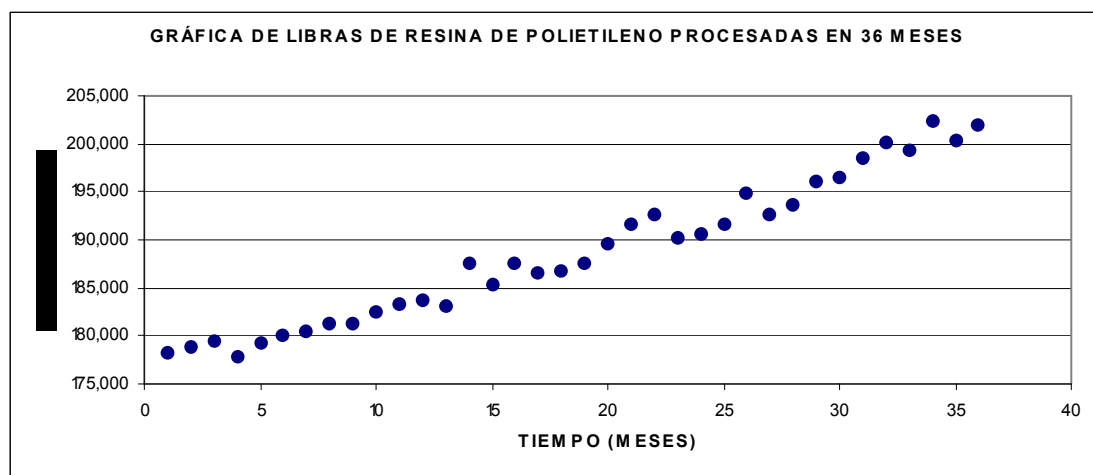


Para todo esto se debe tomar en cuenta los estudios realizados en los capítulos dos y cuatro (incisos, 2.3 diagramas hombre – máquina, 2.5 realización del diagrama de flujo, 4.3.6.3. estaciones de impresión en la empresa, eficiencia de los empleados, 4.3.6.4., eficiencia de los centros de trabajo, 4.3.8. centro de trabajo y 4.3.9. otros aspectos).

Para mantener control en los distintos centros de trabajo y así mantener los tiempos estándares asignados o establecidos, se debe mantener una evaluación cada 6 meses, debido al trabajo y tiempo que debe asignar a todas las áreas.

### 5.3. Análisis de gráficos para identificación del método a utilizar

**Figura 23.** Producción de la película impresa de polietileno durante 36 meses



Al llevar los datos históricos de producción a gráfica se puede observar que se tiene una producción que ha ido en forma ascendente, la cual debe ser muy bien comprendida por el área de gerencia de planta para poder interpretar y analizar los siguientes factores:

- a) Para analizar los diferentes métodos aplicados a la situación ascendente
- b) Comparar su capacidad de producción actual e identificar el punto aproximado de cuando se debe analizar un análisis la adquisición de nueva maquinaria debido a que la capacidad de producción instalada si se tiene un aumento puede llegar a ser incapaz de cubrir con la demanda creciente.

**5.4. Utilización de los métodos de pronósticos para identificar el método con el menor error posible**

Los cálculos realizados se realizaron con el método de regresión lineal.

Fórmula principal:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i * \sum_{i=1}^n (X_i^2) - \sum_{i=1}^n X_i * \sum_{i=1}^n Y_i}{(n * \sum_{i=1}^n (X_i) - (\sum_{i=1}^n X_i)^2)}$$

$$A = \frac{(N \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i * \sum_{i=1}^n Y_i)}{(N * \sum_{i=1}^n (X_i) - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2)}$$

Año a pronosticar =A + BX

Siendo:

Y = Dato de pronóstico a calcular

A = El valor del eje Y cuando el valor del eje X = 0 (intercepto)

B = La pendiente de la curva.

X = Dato de pronóstico a calcular

n = Número de datos a utilizar

A = 175,740.00

$$B = 700.25$$

$$Y = 201,649.28$$

$$X = \boxed{37}$$

Utilizando el método de regresión lineal con su fórmula  $Y = A+BX$ , se obtuvo como resultado el pronóstico para el año número nueve: 201,649.28 lb. De resina de polietileno, indicando el menor error con respecto a la producción real que es de 4,359 lb.

Con el año identificado se calculará a continuación la cantidad total de resina utilizada por mes, utilizando para ello como base el porcentaje de consumo por mes en los años anteriores los ingredientes utilizados en la extrusión para formar la película de polietileno.

**Tabla XV.** Porcentaje promedio utilizado de resinas

| <b>Clasificación de Resina</b> | <b>Porcentaje en mezcla</b> | <b>Mes 37/julio/2002</b> |
|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Resina lineal                  | 35%                         | 70,577.248               |
| Resina de baja densidad        | 30%                         | 60,494.784               |
| Resina de alta densidad        | 20%                         | 40,329.856               |
| Pigmento                       | 15%                         | 30,247.392               |
| <b>Total</b>                   |                             | <b>201,649.28</b>        |

De acuerdo a los datos históricos obtenidos se pudo realizar un promedio del porcentaje de utilización de materiales, para poder indicar las cantidades necesarias de material para el año nueve por mes de producción, realizando un segundo pronóstico analizando el sistema por mes de venta.

Con los datos obtenidos procedemos a la realización de los pedidos, por medio de los cálculos realizados en el capítulo tres. Definiendo así una herramienta utilizable y recomendable para la optimización de las operaciones de la producción, en el manejo de sus pedidos de materia prima.

## **5.5. Planificación, programación y asignación de la fecha de entrega de los pedidos de producción**

El propósito de la programación es optimizar el uso de los recursos, de manera que se alcancen los objetivos de producción. En general, la programación involucra la asignación de las fechas a trabajos o pasos específicos de una operación. Aunque debemos tener claro que la asignación de una programación. El desarrollo de una programación confiable para la terminación de los trabajos a tiempo requiere de un método o disciplina para determinar la secuencia en que se realizará el trabajo programado.

Un buen enfoque de programación debe ser simple, sin ambigüedades fácilmente comprensible y ejecutable por el departamento de producción y por los que deben utilizarlo. Las reglas deben establecer metas difíciles pero realistas, que sean suficientemente flexibles como para resolver conflictos inesperados y permitir la planeación, ya que las prioridades pueden cambiar de manera continua. Cuando la gente confía y utiliza estas reglas, la programación se convierte en un medio formal y confiable de comunicación, que es el objetivo de esta propuesta.

Se pueden emplear muchas técnicas de programación para programar. El tipo de técnica utilizada depende del volumen de las órdenes, la naturaleza de las operaciones y la complejidad del trabajo global. La selección de la técnica depende también del grado de control requerido sobre el trabajo mientras se procesa.

### 5.5.1. Método de programación

Un procedimiento técnico utilizado después que se ha establecido el método de producción, es el programar las cantidades de productos planeados a través del proceso de fabricación.

En general, las técnicas de programación pueden clasificarse como:

**a) Programación hacia delante:** la programación hacia delante también conocida como programación adelantada, supone que la obtención de materiales y las operaciones comienzan tan pronto como se conocen los requerimientos. Los eventos o etapas se programan desde el punto de vista de estos requerimientos. Los eventos o etapas se programan desde el punto de vista de estos requerimientos. La programación hacia delante se utiliza en muchas compañías, donde los trabajos se realizan de acuerdo con la orden del cliente y la entrega se pide tan pronto como sea posible.

La programación hacia delante es conveniente cuando el proveedor suele retrasarse en el cumplimiento de las fechas. La lógica hacia delante causa generalmente una acumulación de inventario en proceso, lo que cuesta dinero.

**b) Programación hacia atrás.** También conocida como programación inversa, la última operación en el despacho se programa primero. Entonces se fija el resto de las operaciones, una a la vez, en orden inverso, según sea necesario. Por último, al calcular el tiempo de obtención de materiales, se determina el tiempo de inicio.

Se utiliza principalmente teniendo especificado ya el diagrama de proceso para poder determinar por experiencia el tiempo de producción dependiendo el tipo de película requerido. Después de determinar las

fechas requeridas para los sub-trabajos más importantes, esta programación utiliza las fechas requeridas para cada componente y trabaja hacia atrás para determinar la fecha adecuada de liberación para cada orden de fabricación de las bobinas. Se hace observar que ésta minimiza el inventario en proceso. Se utiliza para establecer el inicio de la orden y las fechas esperadas del trabajo utilizando el tiempo de entrega.

Aunque se debe tener en consideración que existen momentos en que se puede hacer una combinación de las dos, pues debido a que existen ordenes de urgencia para clientes especiales se puede alterar el orden de la producción teniendo en consideración que clientes pueden esperarnos o algo muy importante conservar un día a dos de colchón para imprevistos (desperfectos de maquinaria, atrasos en materia prima, planificación de mantenimiento, etc.).

Otro aspecto que se debe indicar es que la producción por lo general no es exacta y que se tienen desperdicios o tirajes de película donde la programación de la misma puede ser mayor o menor, por lo que, se debe realizar el negocio con el cliente por parte de ventas de enviarle un más o menos el 10% de su pedido.

La programación depende del tipo de proceso que se lleve a cabo, utilizando para ello diversos tipos de métodos:

- Regla de Jonson
- Gráficas de *Gantt*
- Programa de evaluación y revisión (técnica PERT)
- Método indicador.

El método funcional y de fácil aplicabilidad es el de programación hacia delante, para lo cual, se pretende hacer uso y manejo del diagrama de *Gantt*, que se adapta más a la producción de la película de polietileno.

Se presenta un calendario en pizarra, donde se va colocando en cada cuadro de las fechas, la meta asignada y la producida real para realizar la comparación y ver causas de retrasos. Con esto se tiene la forma visual para ver qué día se entregará.

Al saber la cantidad del pedido, número de colores de impresión = cantidad de cilindros con sellos a utilizar del producto se debe asignar el tiempo a cada actividad, variando así los días de entrega debido a la cantidad de producción estimada.

Ya tenido la cantidad de producción por hora de 33.74 lb./hr. De película terminada se multiplica por 12 horas de turno y tenemos la cantidad de 404.88 = 405 lb./jornada que sería la meta para el día del mes proyectado.

**Figura 24.** Calendario de programación y planeación de producción

| <b>Domingo</b> | <b>Lunes</b>       | <b>Martes</b>      | <b>Miércoles</b>   | <b>Jueves</b>      | <b>Viernes</b>     | <b>Sábado</b>      |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                | 1<br>Meta<br>Real  | 2<br>Meta<br>Real  | 3<br>Meta<br>Real  | 4<br>Meta<br>Real  | 5<br>Meta<br>Real  | 6<br>Meta<br>Real  |
| 7              | 8<br>Meta<br>Real  | 9<br>Meta<br>Real  | 10<br>Meta<br>Real | 11<br>Meta<br>Real | 12<br>Meta<br>Real | 13<br>Meta<br>Real |
| 14             | 15<br>Meta<br>Real | 16<br>Meta<br>Real | 17<br>Meta<br>Real | 18<br>Meta<br>Real | 19<br>Meta<br>Real | 20<br>Meta<br>Real |
| 21             | 22<br>Meta<br>Real | 23<br>Meta<br>Real | 24<br>Meta<br>Real | 25<br>Meta<br>Real | 26<br>Meta<br>Real | 27<br>Meta<br>Real |
| 28             | 29<br>Meta<br>Real | 30<br>Meta<br>Real |                    |                    |                    |                    |

### 5.5.2. Diagrama de *Gantt* para programación

Ya obtenido la ayuda visual del calendario de programación y planeación de la producción del período proyectado, procedemos a determinar el diagrama de *Gantt* para los próximos o próximo día de entrega.

Las gráficas de *Gantt* son simples y fáciles de diseñar y comprender: para ello se pueden utilizar tableros comerciales de programación que utilizan barras magnéticas, clavijas, insertos de plástico y otros dispositivos. Su desventaja es que no se considera en detalle la secuencia de las operaciones.



Algunos textos señalan las desventajas del gráfico, por lo que como ya se mencionó en el inciso 5.02.4., es necesario antes de su aplicación , hacer uso y estudio de los métodos aplicables alas distintas operaciones de la fabricación de la película de polietileno impresa, analizados en los capítulos anteriores:

Estas desventajas que se mencionan son:

- a) No se considera en detalle la secuencia de las operaciones
- b) Tampoco son evidentes los tiempos de entrega de los trabajos individuales
- c) Tiempos muertos de maquinaria, ya que se deben acumular
- d) No reflejan los tiempos de mantenimiento
- e) Descomposturas de maquinaria, y
- f) El desempeño del trabajador, etc.

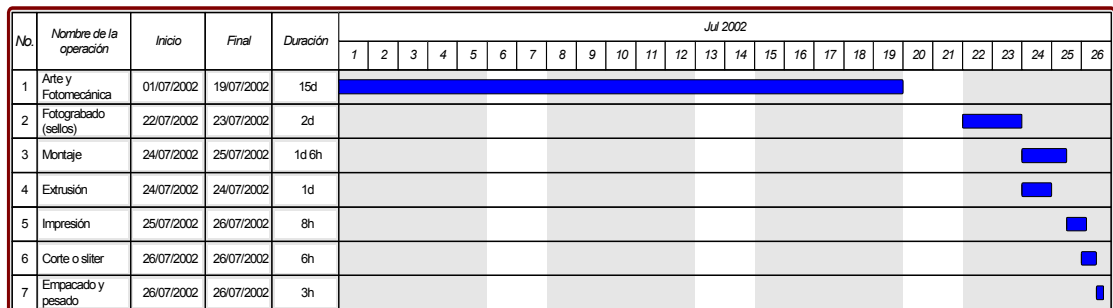
Ya teniendo todos los elementos se presenta un gráfico iniciando con el proceso de un cliente nuevo ( los que ya cuentan con sus sellos de pedidos anteriores obvian el proceso de inicio de arte y fotomecánica y en fotograbado a menos que sea necesario una renovación de sellos de fotopolímero), como sigue:

Para nuestro caso en estudio, se tiene una orden donde el cliente necesita 100,000 empaques flexibles (siendo que el vendedor ya ha estudiado el tipo de película a utilizar por metro cuadrado vendido de película. Calculando queda  $1 \text{ gramo} / \text{empaque} * 100,000 \text{ empaques} = 100,000 \text{ gr.} * 1 \text{ lb.}/454 \text{ gr.} * 1.10 \text{ desperdicio y más} = 242.30 \text{ lb.}$ ).

Se asigna el tiempo que lleva la realización desde que el vendedor llega a él, arte y fotomecánica realizan el boceto y los negativos respectivos de 15 días (se analiza de una vez el cilindro a utilizar para la impresión por el número de impresiones en el perímetro y ancho del cilindro, para realización de los negativos), para la realización de sellos asignarán 2 horas (ver capítulo 2), para el montaje de los sellos se asignan 12 horas, para la impresión se necesitan  $242.20/33.74 \text{ lb./hr.} = 8 \text{ horas}$ , corte o *sliter* = 6 horas. Y empackado y pesado 3 horas. La extrusión se realiza el mismo día del montaje en una jornada de trabajo.

Ya tenidos los datos podemos asignarlos en el respectivo diagrama.

**Figura 25.** Diagrama de *Gantt* para entrega de una orden de producción



### 5.5.3. Órdenes de producción

Ya analizados los tiempos de entrega y obtenidas las cargas de producción en los diferentes métodos gráficos visuales, se ingresan los datos al programa de producción diario, junto con las ordenes a las distintas áreas de trabajo, utilizando para ello los formatos presentados en los incisos 4.3.6.1.

## 5.6. Controles de producción durante el proceso

Durante la fabricación se debe contar con un sistema de controles adecuado, que establezca en todas las operaciones del proceso, la supervisión y control del comportamiento y análisis de los datos obtenidos para futuras correcciones o cambios en el sistema, valiéndonos para ello de los controles ya establecidos, mencionados en los capítulos anteriores.

Otros diversos elementos que se utilizan, pueden ser formatos para establecimiento de historiales que sirvan para encontrar parámetros que nos sirvan para mejorar la planificación.

### 5.6.1. Tareas dentro del control del proceso

a) Dentro de las tareas para mantener un estándar en los controles propuestos tenemos:

- l) **Estándares de actuación:** Estos estándares se derivarán de los objetivos originalmente establecidos durante la planificación y serán concretos y mensurables, se deberá utilizar la fórmula siguiente para establecer la meta con el pronóstico realizado para establecer de qué manera se han logrado.

$$\%P = \frac{Pr}{Pp}$$

Donde:

%P = Porcentaje de productividad

Pr = Producción real obtenida

Pp = Producción pronosticada esperada

Otra forma que podemos recomendar sería:

$$\%P = \frac{Pr}{Ci}$$

Donde:

Ci = Capacidad productiva instalada

- b) Para todas las áreas: Tarjeta de operación de producción: se utiliza para establecer o determinar rutas, programas, instrucción, nóminas, actuación del operario, costos, presupuestos y otros controles necesarios para la operación eficaz del proceso.

**Figura 26.** Tarjeta de operaciones de producción

| <b>TARJETA DE OPERACIONES DE PRODUCCIÓN</b> |           |        |  |                 |         |                  |               |
|---|-----------|--------|--|-----------------|---------|------------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN: _____                          |           |        |  |                 |         | ROLLO No.. _____ |               |
| FECHA DE: _____                             |           |        |  |                 |         |                  |               |
| ENCARGADO. _____                            |           |        |  |                 |         | FECHA: _____     |               |
| O.P.  | OPERACIÓN | DEPTO. | MÁQUINAS Y<br>HERRAMIENTAS<br>ESPECIALES | MIN.<br>PREPAR. | JORNADA |                  | MIN.<br>ROLLO |
|   |           |        |  |                 |         |                  |               |
|   |           |        |  |                 |         |                  |               |
|   |           |        |  |                 |         |                  |               |
|   |           |        |  |                 |         |                  |               |
|   |           |        |  |                 |         |                  |               |
|   |           |        |  |                 |         |                  |               |
|   |           |        |  |                 |         |                  |               |
|   |           |        |  |                 |         |                  |               |

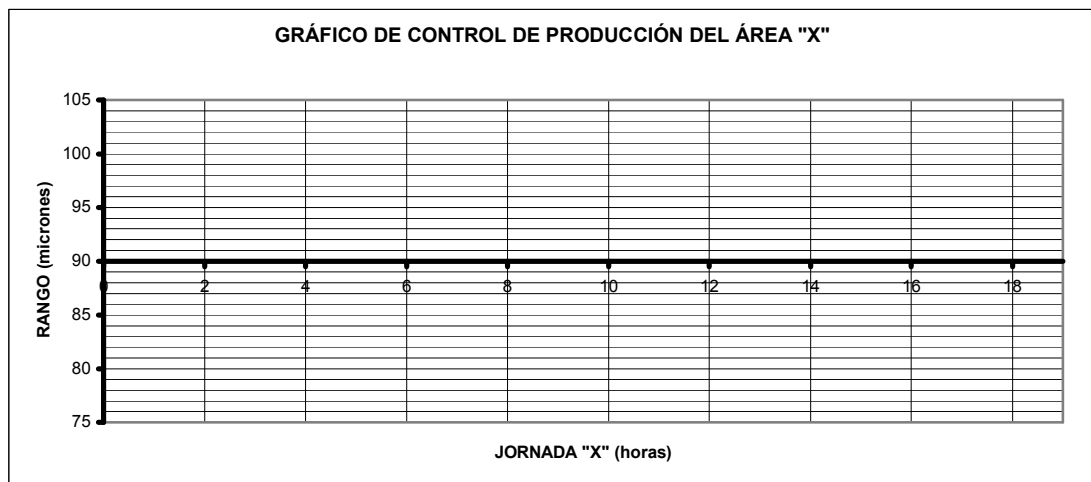
- c. **Control de materiales:** Dentro del conjunto de las operaciones de la empresa, la cantidad de materias primas, suministros, influyen de manera significativa en los costos totales, por lo que indica al área de gerencia la inspección del seguimiento y comparación de los métodos indicados en el capítulo 3
- d. **Control de calidad:** En esta se deben indicar los conceptos y puntos a los que se debe dar seguimiento para mantener el proceso de mejora de las operaciones en la producción.
- I. Inspección:** El sistema que se indica es el de pasa no pasa para el producto final, pues debido a la continuidad de la película no pueden realizar cortes de la misma ya como producto terminado. Los aspectos que se tomaron en cuenta para nombrar esta actividad radica en tener en cuenta en el proceso de producción de la misma y crear un filtro funcional y no burocrático, como lo es:
- i. **Departamento de arte:** La inspección y corrección de bocetos, tanto en los logotipos como en la ortografía, que es un área sensible de fallas.
- ii. **Departamento de fotograbado:** La inspección visual de logotipos, inspección de ortografía, prueba física de nuevos proveedores de fotopolímeros, solventes, etc.
- iii. **Departamento de extrusión:** Para el área de extrusión: se indica tener un control estadístico del sistema de producción de la película de polietileno, teniendo para ello que utilizar el operario un esquema de controles estadísticos, tomando muestras, cada cierto período de tiempo, indicado por el encargado de producción. Estas cartillas de

control servirá para detectar si el proceso esta fuera de control o si se necesita una corrección.

La media y límites se establecen de acuerdo al espesor requerido para el producto pedido por el cliente , para luego calcular con el número de muestras.

En forma manual y funcional, la persona de producción al recopilar los datos debe anotar los límites dados por el cliente para la gráfica y dárselo al operador de la máquina para que pueda registrar el comportamiento de la misma.

**Figura 27.** Formato para gráfico de control de jornada



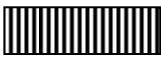



**Utilización:** A cada hora transcurrida el operador deberá tomar muestra de la película producida, y medir su espesor con el micrómetro y anotar en el diagrama su espesor encontrado, en caso de salirse de la gráfica según sea el caso:

- Verificar y ajustar controles
  
- Avisar a control de calidad
  
- Si es demasiado parar inmediatamente la máquina
  
- Verificar boquilla de extrusión.
  - o Departamento de montaje: El control que se ejerce es el de cazar los diferentes sellos en los cilindros que forman la figura completa, color por color. Debido a la demanda creciente aunque se tenga una máquina con tecnología avanzada para centrar colores, la forma manual es más eficiente y satisfactoria para las exigencias de los clientes.
  
  - o Departamento de impresión: se deberá realizar una copia del boceto por parte de producción para comparar las corridas impresas en su primer etapa para verificar posibles errores, desgaste de sellos y/o fallas mecánicas en la maquinaria (se reportará al departamento de mantenimiento), el sistema que se presenta es:

**Observación importante:** Se recomienda utilizar los métodos de control de rangos y control de medias, los cuales establecen un control dentro de las limitantes establecidas por el cliente.

**Figura 28.** Formato de aprobación de control de calidad en imprenta

| <b>FORMATO DE APROBACIÓN DE CONTROL DE CALIDAD EN IMPRENTA</b>  |   |
|---|---|
| No. DE PEDIDO: _____  | No. DE ORDEN: _____   |
| CLIENTE: _____  | MARCA: _____  |
| CANTIDAD: _____   | MEDIDA: _____   |
| ESPESOR MATERIAL: _____   | EMBOBINADO: _____   |
| RODILLO: _____  | No. DE COLORES: _____   |
| MÁQUINA: _____  | SELLO: _____  |
|   |   |
| <b>PRODUCTO</b><br><b>X</b><br><br>                       | <b>PRODUCTO</b><br><b>X</b><br><br>                        |
| Ingrediente:<br>Hecho por alimentos<br>Producto X<br><br> | Ingrediente:<br>Hecho por alimentos<br>Producto X<br><br> |
| OBSERVACIONES:  |   |
| Vo. Bo. Supervisor de turno   |   |

De ahí se verificará al final del turno junto con otros controles y órdenes de producción, y se inspeccionará utilizando una muestra del tiraje del producto para que se indique su aprobación o no, y ser archivada junto a los sellos.





## CONCLUSIONES

1. El conocimiento del proceso de polietileno lleva consigo una secuencia de pasos que se utilizaron convenientemente; para organizar, primero, las actividades de planta, como son los procedimientos de control de calidad en la recepción de materias primas, que se utilizarán para producir el producto con medidas de calidad aceptable. Después de esto, se procedió a analizar los procesos presentes que dieron origen a diagramas para un estudio futuro de métodos de trabajo. Aquí, se realizaron formatos y procedimientos de calidad para las áreas críticas que son: tintas, resinas, extrusión, imprenta y corte o *sliter*. Ya definidos formatos, procesos y controles se analizó el comportamiento de producción, durante los últimos 36 meses, que, indicó un comportamiento ascendente en producción, la que se definió con un método de regresión lineal, dando una proyección de 201,649.28 libras de producto terminado, sentando la base para poder dividirlo en los elementos que lo forman en un promedio porcentual individual. Esto indica, una técnica para disminuir y comparar con la política de almacenamiento del 50% de materias primas en bodega que genera un mayor costo. Tenido esto, la división de materiales indica lo siguiente: en libras de resina, *stock* mínimo 29,239.15 lb., Nivel de reorden 121,997.81 lb., Nivel máximo 121,997.81 lb., tiempo de consumo teórico 28.5 días y un pedido óptimo de 180,476.11 lb. Generando la gráfica de comportamiento para un mes de producción. En tintas se tiene un pedido de 99 cubetas de 45 lb., cada una. En Pigmento o *master bach* 30,247.39 lb. y por último la asignación de 5050 cajas para empaque de la bobina. Donde, ya conocido un proceso de producción y asignada su materia prima, se procede a obtener una forma de programación para la entrega de un

producto, el que fue asignado en el inciso 5.5.2. dando un resultado 27 días de entrega.

2. Todo, nos indica un orden profesional de seguimiento de la forma de planificación y programación de la producción, que concluye con el control de calidad durante el proceso, para garantizar la calidad a los clientes, generando un círculo de producción, que queda con un proceso a la vista del encargado de producción, quien decidirá los cambios para las mejoras continuas.
3. El método actual de planificación y programación no tiene establecida una base de secuencia escrita, pero referido a la mejora continua dio origen a presentar los métodos matemáticos y gráficos (diagramas hombre – máquina, diagramas de flujo de proceso, proyección con regresión lineal, diagrama de *Gantt*, etc.) que pueden representar una reducción de costos, que es lo que espera toda empresa privada.
4. Como se indicó, el análisis de la gráfica de comportamiento de ventas de los últimos 36 meses (figura 23), demuestra que su comportamiento pertenece a una forma ascendente con un proceso continuo, dando origen así, a su estudio con el método de regresión lineal. Pero, no obstante, se debe estar conciente, de que solo se ha analizado un mes, con lo que el planificador debe analizar los períodos siguientes, observando muy de cerca el comportamiento de la gráfica de ventas, y realizar los cambios en el método de proyección que sean convenientes.

5. La capacidad de producción la establece el equipo más lento, que es en imprentas, siendo de 52 lb. de película por hora (inciso 5.2.2), la que indica un 30.66% debajo de la capacidad en embobinadoras y 13.33% por debajo de la capacidad de las extrusoras, dando indicadores del punto crítico de observación, que es imprentas, de donde se sentó la base para su estudio en los diagramas de flujo de operaciones. (inciso 2.6, figura 12).
6. El método de programación de la producción asignado al tipo de proceso continuo, es el de programación hacia delante, valiéndonos para ello de un diagrama de *Gantt* que dio como resultado, la entrega de un pedido de 100,000 empaques, en 26 días, que generó una forma visual de consulta de la entrega, mostrando así, los espacios de tiempo flexibles a cambios, que pueden servir para una entrega urgente.
7. El encargado de producción es la clave para el establecimiento y seguimiento del proceso, para generar una mejora continua y corregir los errores que se presenten, debe de considerar el tiempo conveniente, para cualquier atraso, por lo que debe velar porque se cumplan las actividades asignadas en su totalidad. Tomando en todo caso el elemento humano, que es la fuerza motora en nuestro medio.



## RECOMENDACIONES

1. Al establecer cualquier método, se le debe asignar a la persona encargada, el tiempo necesario para poder dar seguimiento a los estudios y así, realizar los historiales y las comparaciones necesarias para evaluar las formas propuestas de planificación presentadas y las ventajas que se pueden adquirir.

El recurso humano es la parte esencial para poder realizar cualquier cambio, y es por ello, que se deben considerar las posibles resistencias al cambio. Se debe de tener el apoyo necesario de la gerencia.

2. cada sistema de planificación en las empresas varía, por lo que se debe tener referencia de otros métodos para que se puedan hacer comparaciones y así buscar mejores beneficios.
3. el encargado de planta, debe analizar la gráfica durante cada proyección realizada, para poder detectar los cambios, en los que sea necesario utilizar otros métodos. Además del establecimiento de cálculo de requerimiento de materiales durante cada período, debido a que varía si cambia la tendencia.
4. Durante el desarrollo y seguimiento de los métodos, se debe crear un historial para posteriores estudios. La medición de las eficiencias en todas las áreas de trabajo debe ser parte de un estudio más intenso, así como el requerimiento necesario de cada uno.

5. El control de los pedidos a proveedores se debe establecer al inicio de los períodos de evaluación, para detectar cambios que puedan provocar devoluciones en los productos por defectos en la fabricación.
6. Con los diagramas de flujo, se puede definir las operaciones o áreas de trabajo donde se provoque mayor desperdicio y así establecer un control de los mismos, esto, es muy importante, pues los desperdicios se suman a los costos del producto terminado, dando como resultado menor competitividad ante otras empresas del mismo ramo.
7. Hoy, existen programas adecuados al funcionamiento de cada empresa, por lo que se recomienda evaluar otras alternativas, que puedan aumentar la respuesta de producción, a la planificación, al contar con datos más exactos, gráficas del comportamiento en cualquier momento que se desee y en un menor tiempo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Bittel, Lester R. **Curso McGraw – Hill de management en 36 horas.** McGraw – Hill / INTERAMERICANA DE ESPAÑA S.A. 331 pp.
2. Havard, Bob. **Métodos de evaluación del rendimiento.** Editorial Gedisa S.A. impreso en Barcelona, España, <http://www.gedisa.com> 222 pp.
3. Estrada Sosa, Mario Lionel. **Guía de operaciones para la extrusión de película de polietileno.** Tesis Ingeniería Industrial, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1994, 87 pp.
4. F.T.A. (*Flexografic Thechnical Association, Inc. and Fundation of Flexografic Thechnical Association, Inc.*) **Flexografía, principios y prácticas.** Impreso en Estados Unidos de América, 443 pp.
5. Niebel, Benjamín W. **Ingeniería industrial, métodos y movimientos.** 9ª. Edición. 1996, Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. México, D.F. 880 pp.
6. Seetharama L. Narasimhan y otros. **Planeación de la producción y control de inventarios.** PRENTICE – HALL HISPANOAMERICANA, S.A. 710 pp.
7. Sumanth, Ph. D., David J. **Administración para la productividad total, un enfoque sistemático y cuantitativo para competir en calidad, precio y tiempo.** Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. México, 1999. 396 pp.
8. Spencer Bufo, Elwood. **Dirección de operaciones, problemas y modelos.** Editorial Limusa, México. Segunda Impresión 1982.
9. Torres, Sergio. **Guía para el curso de control de la producción.** Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Mecánica Industrial. S.I. / S.E. / S.A.
10. Diccionario Bilingüe Español / Inglés – English / Spanish Copyright C. Langenscheidt KG Berlin and Munich 2000.





## APÉNDICES

### Apéndice 1

Ejemplo para el cálculo de costos para análisis de comparación de los tiempos de ocio de hombres y máquinas.

**Costo real aproximado por hora de un trabajador con un salario mínimo:**  
El salario mínimo para actividades no agrícolas es de Q. 27.67 quetzales al día por una jornada ordinaria de trabajo, según Acuerdo Gubernativo No. 838–2000, artículo 2, “Fijación de salarios mínimos para actividades agrícolas y no agrícolas”.

El cálculo del salario real para un empresario a la hora de contratar a un trabajador se lleva a cabo así:

El trabajador labora un jornada diurna de 8 horas y 4 horas extras, 44 a la semana, teniendo derecho al pago de su séptimo.

$$Q. 27.65/8 \text{ horas} = Q. 3.46 \text{ /hora} \times 1.5 = Q. 5.18/\text{hora extraordinaria.}$$

Como se mencionó en el 3.1 del capítulo 3 los días hábiles para el proceso en estudio son 253. Teniendo éstos podemos tener que se trabajarán 4 horas diarias y 4 horas los días sábados en jornada extraordinaria pero también se le paga al trabajador el día domingo como promedio de lo devengado durante la semana.

Costo = Q. 27.65 x 360 días + Q. 5.18 x 4 horas x 360 días = Q. 17413.20  
Como se debe pagar un sueldo base ( 27.65 x 30 = Q. 829.50 por:

**Tabla XVI.** Distribución de pago de liquidación a un trabajador, durante un año de trabajo

|               |            |
|---------------|------------|
| Indemnización | Q. 829.50  |
| Aguinaldo     | Q. 829.50  |
| Bono 14       | Q. 829.50  |
| Vacaciones    | Q. 829.50  |
| Total         | Q. 3318.00 |

Total por hora = Q. (3318.00 + 17413.20) / 253 días / 12 horas = 6.83 / hora real trabajada.

**Costo por hora de maquinaria:** Una maquinaria se deprecia a un 20% de su costo en forma anual, que sirve de base para llegar a determinar el tiempo de vida útil, el que puede ser utilizado para calcular el costo por hora para ser agregado al costo del producto a vender.

Otra forma es tomar en cuenta las horas de vida útil de trabajo que la máquina soportará, dadas las en las especificaciones del fabricante y así dividir el costo total entre las horas de servicio.

En el costo total de la maquinaria debemos incluir:

- a) Costo por mantenimiento (lubricantes, grasas, piezas, costo mano de obra de personal, etc., costo asignado mensual Q. 1,200.00 / 30 días / 24 hr. = Q.1.67 /hr.
- b) Costo del consumo de energía de la maquinaria mensual Q. 600.00 / 30 días / 24 horas. = Q. 0.83 / hr.
- c) Vida útil de una extrusora = 200,000 horas.

Costo de depreciación de la maquinaria por hora =  $Q. 1,200,000 * 20\% / 360 \text{ días} / 24 \text{ horas} = Q. 27.78 / \text{hr.}$

Teniendo el total  $Q. 27.78 + 1.67 + 0.83 = Q. 30.28 / \text{hr.}$

---

## Apéndice 2

**Tabla XVII.** Cuadro de cálculos sobre los pronósticos

| X   | Y         | XY          | X <sup>2</sup> | X*SUMXY       | (SUMX) <sup>2</sup> | Y <sup>2</sup>    |
|-----|-----------|-------------|----------------|---------------|---------------------|-------------------|
| 1   | 178,251   | 178,251     | 1              | 128,391,104   | 443,556             | 31,773,419,001    |
| 2   | 178,952   | 357,904     | 4              | 256,782,208   |                     | 32,023,818,304    |
| 3   | 179,542   | 538,626     | 9              | 385,173,312   |                     | 32,235,329,764    |
| 4   | 177,854   | 711,416     | 16             | 513,564,416   |                     | 31,632,045,316    |
| 5   | 179,254   | 896,270     | 25             | 641,955,520   |                     | 32,131,996,516    |
| 6   | 179,985   | 1,079,910   | 36             | 770,346,624   |                     | 32,394,600,225    |
| 7   | 180,452   | 1,263,164   | 49             | 898,737,728   |                     | 32,562,924,304    |
| 8   | 181,245   | 1,449,960   | 64             | 1,027,128,832 |                     | 32,849,750,025    |
| 9   | 181,251   | 1,631,259   | 81             | 1,155,519,936 |                     | 32,851,925,001    |
| 10  | 182,455   | 1,824,550   | 100            | 1,283,911,040 |                     | 33,289,827,025    |
| 11  | 183,256   | 2,015,816   | 121            | 1,412,302,144 |                     | 33,582,761,536    |
| 12  | 183,676   | 2,204,112   | 144            | 1,540,693,248 |                     | 33,736,872,976    |
| 13  | 183,205   | 2,381,665   | 169            | 1,669,084,352 |                     | 33,564,072,025    |
| 14  | 187,525   | 2,625,350   | 196            | 1,797,475,456 |                     | 35,165,625,625    |
| 15  | 185,425   | 2,781,375   | 225            | 1,925,866,560 |                     | 34,382,430,625    |
| 16  | 187,521   | 3,000,336   | 256            | 2,054,257,664 |                     | 35,164,125,441    |
| 17  | 186,528   | 3,170,976   | 289            | 2,182,648,768 |                     | 34,792,694,784    |
| 18  | 186,857   | 3,363,426   | 324            | 2,311,039,872 |                     | 34,915,538,449    |
| 19  | 187,652   | 3,565,388   | 361            | 2,439,430,976 |                     | 35,213,273,104    |
| 20  | 189,526   | 3,790,520   | 400            | 2,567,822,080 |                     | 35,920,104,676    |
| 21  | 191,524   | 4,022,004   | 441            | 2,696,213,184 |                     | 36,681,442,576    |
| 22  | 192,543   | 4,235,946   | 484            | 2,824,604,288 |                     | 37,072,806,849    |
| 23  | 190,215   | 4,374,945   | 529            | 2,952,995,392 |                     | 36,181,746,225    |
| 24  | 190,539   | 4,572,936   | 576            | 3,081,386,496 |                     | 36,305,110,521    |
| 25  | 191,543   | 4,788,575   | 625            | 3,209,777,600 |                     | 36,688,720,849    |
| 26  | 194,876   | 5,066,776   | 676            | 3,338,168,704 |                     | 37,976,655,376    |
| 27  | 192,548   | 5,198,796   | 729            | 3,466,559,808 |                     | 37,074,732,304    |
| 28  | 193,562   | 5,419,736   | 784            | 3,594,950,912 |                     | 37,466,247,844    |
| 29  | 195,983   | 5,683,507   | 841            | 3,723,342,016 |                     | 38,409,336,289    |
| 30  | 196,542   | 5,896,260   | 900            | 3,851,733,120 |                     | 38,628,757,764    |
| 31  | 198,579   | 6,155,949   | 961            | 3,980,124,224 |                     | 39,433,619,241    |
| 32  | 200,187   | 6,405,984   | 1,024          | 4,108,515,328 |                     | 40,074,834,969    |
| 33  | 199,254   | 6,575,382   | 1,089          | 4,236,906,432 |                     | 39,702,156,516    |
| 34  | 202,451   | 6,883,334   | 1,156          | 4,365,297,536 |                     | 40,986,407,401    |
| 35  | 200,264   | 7,009,240   | 1,225          | 4,493,688,640 |                     | 40,105,669,696    |
| 36  | 201,985   | 7,271,460   | 1,296          | 4,622,079,744 |                     | 40,797,940,225    |
| 666 | 6,793,007 | 128,391,104 | 16,206         | 9.E+10        | 443,556             | 1,283,769,319,367 |



# ANEXOS

## Anexo 1

Tabla XVIII. Pruebas aplicables a diferentes materiales

| Nombre                           | No. | Papeles | Papel "glassin" y resistente a la grasa | Cartones | Polietileno | Polipropileno, orientado | Polipropileno, sin orientar | poliéster | Cloruro de Polivinilo | Cloruro de Polivinidelo | Cloruro de Polivinidelo | Hidrocloruro de Caucho | Celofán, M.S. | Celofán, recubrimiento con polímeros | Acetato de celulosa | Nylon (poliamida) | Aclar | Foja de Aluminio | Corrugado |
|----------------------------------|-----|---------|---|----------|-------------|--------------------------|-----------------------------|-----------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------|-------|------------------|-----------|
| Peso básico( rendimiento)        | 1   | X       | X                                       | X        | X           | X                        | X                           | X         | X                     | X                       | X                       | X                      | X             | X                                    | X                   | X                 | X     | X                | X         |
| Calibre                          | 2   | X       | X                                       | X        | X           | X                        | X                           | X         | X                     | X                       | X                       | X                      | X             | X                                    | X                   | X                 | X     | X                | X         |
| Resistencia al reventamiento     | 3   | X       | X                                       | X        | +           | +                        | +                           | -         | -                     | -                       | +                       | -                      | -             | -                                    | +                   | -                 | -     | X                | X         |
| Resistencia al rasgado           | 4   | X       | X                                       | X        | X           | X                        | X                           | X         | X                     | X                       | -                       | -                      | -             | -                                    | X                   | X                 | -     | X                | X         |
| Porosidad                        | 5   | X       | X                                       | X        | +           | +                        | +                           | +         | +                     | +                       | +                       |                        |               |                                      |                     | +                 | +     | X                |           |
| Contenido de humedad             | 6   | X       | X                                       | X        |             |                          |                             |           |                       |                         |                         | X                      | X             | X                                    | X                   |                   |       | X                | X         |
| Resistencia a la tensión         | 7   | X       | X                                       | X        | X           | X                        | X                           | X         | X                     | X                       | X                       | X                      | X             | X                                    | X                   | X                 | X     | X                |           |
| Suavidad                         | 8   | X       | X                                       | X        |             |                          |                             |           |                       |                         |                         |                        |               |                                      | X                   |                   | X     | X                | X         |
| Opacidad                         | 9   | X       | X                                       |          | X           | X                        | X                           | X         | X                     | X                       | X                       | X                      | X             | X                                    | X                   | X                 |       | X                |           |
| Blancura                         | 10  |         | X                                       | X        |             |                          |                             |           |                       |                         |                         |                        |               |                                      |                     |                   |       |                  |           |
| Densidad                         | 11  |         |   |          | X           | X                        | X                           | X         | X                     | X                       | X                       | X                      | X             | X                                    | X                   | X                 |       |                  |           |
| Resistencia en húmedo            | 12  | X       | X                                       | X        |             |                          |                             |           |                       |                         |                         |                        |               |                                      |                     |                   |       | X                |           |
| Resistencia al aceite y la grasa | 13  | X       | X                                       | X        | X           | X                        | X                           | X         | X                     | X                       | X                       | X                      | X             | X                                    | X                   | X                 | X     | X                | X         |
| Estabilidad dimensional          | 14  | X       | X                                       | X        | X           | X                        | X                           | X         | X                     | X                       | X                       | X                      | X             | X                                    | X                   | X                 | X     | X                |           |
| Olor                             | 15  | X       | X                                       | X        | X           | X                        | X                           | X         | X                     | X                       | X                       | X                      | X             | X                                    | X                   | X                 | X     | X                | X         |
| Agujeros "pinoles"               | 16  | X       | X                                       | X        | X           | X                        | X                           | X         | X                     | X                       | X                       | X                      | X             | X                                    | X                   | X                 | X     | X                |           |
| Sabor                            | 17  | X       | X                                       | X        | X           | X                        | X                           | X         | X                     | X                       | X                       | X                      | X             | X                                    | X                   | X                 | X     | X                | X         |
| Brillo                           | 18  | X       | X                                       | X        | X           | X                        | X                           | X         | X                     | X                       | X                       | X                      | X             | X                                    | X                   | X                 | X     | X                | X         |
| Continuidad del recubrimiento    | 19  | X       | X                                       | X        |             |                          |                             |           | X                     | X                       |                         | X                      | X             |                                      |                     |                   |       | X                |           |
| Adhesión del recubrimiento       | 20  |         |   |          |             |                          |                             | X         |                       |                         |                         | X                      | X             |                                      | X                   | X                 | X     |                  |           |
| Rigidez                          | 21  | X       | X                                       | X        | X           | X                        | X                           | X         | X                     | X                       | X                       | X                      | X             | X                                    | X                   | X                 | X     | X                | X         |
| Contaminación por partículas     | 22  | X       | X                                       | X        |             |                          |                             |           |                       |                         |                         |                        |               |                                      |                     |                   |       |                  | X         |
| Resistencia a la luz             | 23  | +       | X                                       | X        | +           | +                        | +                           | +         | +                     | +                       | +                       | +                      | +             | +                                    | +                   | +                 |       | X                | X         |
| Superficie plana                 | 24  |         |   |          | X           | X                        | X                           | X         | X                     | X                       | X                       | X                      | X             | X                                    | X                   | X                 |       |                  |           |
| Deslizamiento                    | 25  | X       | X                                       | X        | X           | X                        | X                           | X         | X                     | X                       | X                       | X                      | X             | X                                    | X                   | X                 | X     | X                | X         |
| Resistencia a la caída           | 26  |         |   |          | X           | X                        | X                           | X         | X                     | X                       | X                       | X                      | X             | X                                    | X                   | X                 |       | X                | X         |
| Claridad                         | 27  | X       |   | X        | X           | X                        | X                           | X         | X                     | X                       | X                       | X                      | X             | X                                    | X                   | X                 | X     | X                |           |
| Brumosisidad                     | 28  |         |   |          | X           | X                        | X                           | X         | X                     | X                       | X                       | X                      | X             | X                                    | X                   | X                 |       |                  |           |
| Tratamiento superficial          | 29  |         |   |          | X           | X                        |                             |           |                       |                         |                         |                        |               |                                      |                     | X                 |       |                  |           |
| Termosellabilidad                | 30  | +       | +                                       |          | X           | X                        | X                           | +         | X                     | X                       | X                       | X                      | X             | X                                    | X                   | +                 | +     | +                |           |
| Punto de bloqueo                 | 31  | +       | +                                       | +        | X           | X                        | X                           | +         | X                     | X                       | X                       | X                      | X             | X                                    | X                   | +                 | +     | +                |           |

## Continuación

|  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tasa de transmisión de vapor de agua       | 32 |   |   |   | X | X | X | X | X | X | X | X | X | + | + | X | X | X |   |
| Resistencia al impacto                     | 33 |   |   |   | + | X | X | X | X | X | X | + | + | + | X | X | + | X | + |
| Permeabilidad de un gas                    | 34 |   |   |   | + | X | X | X | X | X | X | X | X | + | X | X | X | X |   |
| Temperatura a la cual se vuelve quebradizo | 35 |   |   |   | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |   | X |   |
| Contaminación superficial                  | 36 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | X |   |   |
| Resistencia a la delaminación              | 37 |   |   |   | X |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | X | X |
| Cromatógrafo                               | 38 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Resistencia superficial                    | 39 |   | X | X |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | X | X |

+ = cuando es aplicable en recubrimientos, o cuando el producto lo requiere para su uso final o por consideraciones ambientales.

**Fuente:** Flexografía, principios y prácticas. *FLEXOGRAPHIC TECHNICAL ASSOCIATION, INC. FOUNDATION OF FLEXOGRAPHIC TECHNICAL ASSOCIATION, INC. 95 west, 19 th Street, Huntington Station, NY 1746. (página 246)*