



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

**INCREMENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
GESTIÓN, PARA EL CRECIMIENTO EN LA PRODUCCIÓN DE
SACOS DE POLIPROPILENO**

Andrés García Cifuentes

Asesorado por Inga. Lissy Arasol Donis Abzun

Guatemala, enero de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**INCREMENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN,
PARA EL CRECIMIENTO EN LA PRODUCCIÓN DE SACOS DE
POLIPROPILENO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ANDRÉS GARCÍA CIFUENTES

ASESORADO POR LA INGA. LISSY ARASOL DONIS ABZUN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

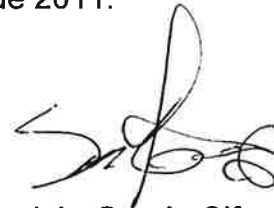
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Karla Lisbeth Martínez Vargas
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
EXAMINADORA	Inga. Norma Sarmiento Serrano de Zeceña
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

INCREMENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN, PARA EL CRECIMIENTO EN LA PRODUCCIÓN DE SACOS DE POLIPROPILENO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha enero de 2011.



Andrés García Cifuentes

Guatemala, 10 de febrero de 2011

Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Director
Escuela Mecánica Industrial
Facultad de ingeniería USAC
Señor Director:

Me dirijo a usted para informarle que ha finalizado la etapa de asesoría del trabajo de graduación del estudiante Andrés García Cifuentes con carne 2003-13272, previo a obtener el título de ingeniero Industrial. El trabajo en mención se titula: **INCREMENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN, PARA EL CRECIMIENTO EN LA PRODUCCIÓN DE SACOS DE POLIPROPILENO.**

Después de haber revisado dicho trabajo, considero que este cumple con los objetivos propuestos en el protocolo aprobado por esta escuela y para los efectos correspondientes, me suscribo de usted.

Atentamente



Ing. Lissy Arasol Donis Abzun
Asesor

Lissy Arasol Donis Abzun
Ing. Industrial
Colegiado 8803



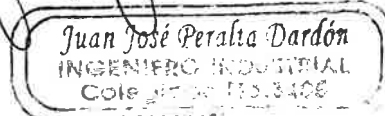
REF.REV.EMI.098.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **INCREMENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN, PARA EL CRECIMIENTO EN LA PRODUCCIÓN DE SACOS DE POLIPROPILENO**, presentado por el estudiante universitario **Andrés García Cifuentes**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A large, stylized handwritten signature in black ink, overlapping the text below it.

Ing. Juan José Peralta Dardón
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, junio de 2011.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **INCREMENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN, PARA EL CRECIMIENTO EN LA PRODUCCIÓN DE SACOS DE POLIPROPILENO**, presentado por el estudiante universitario **Andrés García Cifuentes**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, enero de 2012.

/mgp



DTG. 041.2012.

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **INCREMENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN, PARA EL CRECIMIENTO EN LA PRODUCCIÓN DE SACOS DE POLIPROPILENO**, presentado por el estudiante universitario **Andrés García Cifuentes**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Bello
Decano

Guatemala, 25 de enero de 2012.

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Mi padre

Por demostrarme que no existen impedimentos para alcanzar metas y ser mi fuente de inspiración para cada una de las cosas que realizó, tanto en lo personal como en lo profesional. Gracias padre, por tu amor incondicional y por el sacrificio que realizas día a día para que yo sea una persona de éxito. Este proyecto y sobre todo mi título de ingeniero, son en honor a ti.

Mi madre

Por enseñarme que con amor, pasión y dedicación se puede lograr tener una vida plena. También por el amor tan grande que me has demostrado a lo largo de mi vida y por creer y confiar en mí.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por darme la sabiduría, fuerza y recursos para alcanzar una meta tan esperada y soñada.
- Mis hermanos** Monci, Gueri y Esteban, porque de cada uno aprendo cada día y de alguna forma han contribuido positivamente en mi vida.
- Mi novia** A Sarriá por apoyarme de forma incondicional durante y después de los años de universidad.
- Mi asesor** Inga. Lissy Donis Arasol Abzun, por su orientación a lo largo del desarrollo del presente trabajo.
- Mis amigos** Por cada uno de los momentos que hemos compartido. Especialmente a Carmen Villatoro, por su apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XV
GLOSARIO.....	XX
RESUMEN.....	XXVII
OBJETIVOS.....	XXIX
INTRODUCCIÓN.....	XXXI
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Antecedentes de la empresa SACOS AGROINDUSTRIALES	1
1.2. Estructura organizacional.....	3
1.3. Misión	4
1.4. Visión	4
1.5. Política de calidad.....	5
1.6. Los plásticos y propiedades.....	5
1.6.1. Tereftalato de polietileno (PET).....	5
1.6.1.1. Propiedades del PET.....	5
1.6.1.2. Desventajas.....	6
1.6.1.3. ¿Cómo se fabrica?	6
1.6.2. Policloruro de vinilo (PVC).....	7
1.6.2.1. Características.....	8
1.6.2.2. Polimerización	10
1.6.3. Polipropileno (PP)	11
1.6.3.1. Estructura química.....	11
1.6.3.2. Tacticidad	11
1.6.3.3. Tipos.....	12

1.6.3.3.1.	PP homopolímero.....	12
1.6.3.3.2.	PP copolímero.....	12
1.6.3.4.	Propiedades.....	13
1.6.3.4.1.	Propiedades mecánicas	14
1.6.3.4.2.	Propiedades térmicas.....	15
1.6.3.5.	Aplicaciones.....	15
1.6.4.	Poliestireno (PS)	17
1.6.4.1.	Tipos de poliestireno.....	18
1.6.4.2.	Estructura del poliestireno cristal	19
1.6.4.2.1.	Peso molecular.....	19
1.6.4.2.2.	Ramificación.....	19
1.6.4.2.3.	Tacticidad	20
1.6.4.3.	Estructura del poliestireno choque.....	20
1.6.4.3.1.	Tipo de caucho.....	20
1.6.4.3.2.	Partículas de caucho.....	21
1.6.4.3.3.	Injerto	22
1.6.4.3.4.	Reticulación.....	23
1.6.4.4.	Química del poliestireno	23
1.6.4.4.1.	Mecanismos de reacción.....	23
1.6.4.5.	Propiedades	24
1.6.5.	Otros	25
1.7.	Proceso de extrusión para la fabricación de sacos de polipropileno	25
1.7.1.	Descripción general.....	25
1.7.2.	Como se fabrica un saco de polipropileno	26
1.7.2.1.	Proceso de extrusión de polipropileno.....	26
1.7.2.1.1.	Maquinaria utilizada en el proceso de extrusión	28

1.7.2.1.2.	Materiales utilizados en el proceso de extrusión	29
1.7.2.1.2.1.	Resina de polipropileno.....	29
1.7.2.1.2.2.	Carbonato	30
1.7.2.1.2.3.	Pigmento.....	31
1.7.2.1.2.4.	Aditivos	33
1.7.2.2.	Proceso de telares de polipropileno	35
1.7.2.2.1.	Maquinaria utilizada en el proceso de telares	35
1.7.2.2.2.	Materiales utilizados	36
1.7.2.3.	Proceso de impresión de sacos de polipropileno	36
1.7.2.3.1.	Maquinaria utilizada.....	38
1.7.2.3.2.	Materiales utilizados	38
1.7.2.4.	Proceso de corte y conversión de sacos de polipropileno.....	38
1.7.2.4.1.	Maquinaria utilizada.....	39
1.7.2.4.2.	Materiales utilizados	39
2.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DE LA EMPRESA	41
2.1.	Productividad en el proceso de extrusión	41
2.2.	Problemática encontrada	43
2.2.1.	Perfiles de velocidad	44
2.3.	Herramientas utilizadas en el diagnóstico.....	45
2.3.1.	Planificación y análisis de sistemas	45
2.3.2.	Diseño e implantación de sistemas.....	47
2.3.2.1.	Fase de preparación.....	48

2.3.2.2.	Fase de introducción	51
2.3.2.3.	Fase de consolidación.....	52
2.3.3.	Estrategia de producción	52
2.3.4.	Integración de sistemas de manufactura	52
2.3.4.1.	Manufactura	54
2.3.4.2.	Integración.....	55
2.3.5.	Gestión de cadena de abastecimiento.....	55
2.3.5.1.	Áreas.....	56
2.3.5.2.	Actividades	56
2.3.5.2.1.	Estratégico	56
2.3.5.2.2.	Táctico	57
2.3.5.2.3.	Operacional.....	58
2.3.5.3.	El efecto <i>Bullwhip</i> o efecto "Látigo"	59
2.3.6.	Simulación de sistemas de ingeniería.....	59
2.3.7.	Seguridad y salud industrial	60
2.3.8.	Definición de productividad.....	64
2.3.9.	Medición actual de la productividad.....	66
2.3.10.	Situación actual de la productividad.....	67
2.3.11.	Factores internos y externos que afectan la productividad.....	69
2.4.	Sistema de control de calidad.....	71
2.4.1.	Definición de un sistema de control de calidad.....	71
2.4.1.1.	Importancia de la calidad.....	72
2.4.2.	Herramientas básicas del control de calidad	72
2.4.2.1.	Hoja de control.....	74
2.4.2.2.	Histogramas.....	76
2.4.2.3.	Diagrama de Pareto.....	78
2.4.2.4.	Diagrama de causa efecto	80

2.4.2.5.	La estratificación	80
2.4.2.6.	Diagrama de dispersión	81
2.4.2.7.	Gráficas de dispersión.....	82
2.4.2.8.	Necesidad de la participación total.....	84
2.4.3.	Parámetros de medición y control existentes	85
2.4.3.1.	Parámetros para prestar el servicio.....	85
3.	PROPUESTA DE SISTEMA DE GESTIÓN	89
3.1.	Productividad	89
3.1.1.	Aumento de la velocidad en extrusores.....	89
3.1.2.	Modificación física del sistema de conversión del motor ..	90
3.1.2.1.	Variando la tensión.....	91
3.1.2.2.	Variando el numero de polos.....	92
3.1.2.3.	Variado de la resistencia del secundario	96
3.1.2.4.	Variando la frecuencia.....	97
3.1.3.	Disminución de tiempos muertos	100
3.1.4.	Comparación de propuestas	102
3.1.5.	Selección de la propuesta más adecuada para incrementar la productividad de la empresa	103
3.1.5.1.	Mejoramiento de los procesos productivos ...	104
3.1.5.2.	Insumos necesarios en la implementación....	110
3.1.5.2.1.	Taller para la elaboración participativa del plan de producción y costos.....	110
3.2.	Control estadístico de calidad	115
3.2.1.	Metodología del control estadístico de los procesos.....	115
3.2.2.	Gráficas de control para datos variables	117
3.2.2.1.	Gráficas X (“x media”).....	117

3.2.2.2.	Gráficas X Y s “Desviación estándar”	118
3.2.3.	Análisis de patrones en diagramas de control	119
3.2.4.	Puntos fuera de los límites de control	120
3.3.	Resultados experimentales.....	120
3.3.1.	Diseño de formato para registro de datos.....	121
3.3.2.	Control por variables.....	121
3.3.3.	Proceso de extrusión	122
3.3.3.1.	Tres elementos básicos de la extrusión	122
3.3.3.2.	Dados de extrusión.....	124
3.3.3.3.	Producción de tubos extruidos	127
3.3.3.4.	Flujo del plástico durante la extrusión	130
3.3.3.5.	Distribución de temperatura en la extrusión ...	138
3.3.3.6.	Tipos de máquinas extrusoras	141
3.3.3.6.1.	Extrusoras de desplazamiento positivo	141
3.3.3.6.2.	Extrusora de pistón (inyectora)...	141
3.3.3.6.3.	Extrusoras de fricción	141
3.3.3.6.4.	Extrusora de cilindros	142
3.3.3.6.5.	Extrusora de rosca	142
3.4.	Determinación de aspectos a considerar en el control de calidad en el proceso de extrusión	142
3.4.1.	Descripción	142
3.4.2.	Diagrama de flujo del sistema de control de calidad actual.....	144
3.4.3.	Elementos del sistema actual de control de calidad	145
3.4.3.1.	Personal involucrado	145
3.4.3.2.	Equipo y herramienta	145
3.5.	Políticas del sistema actual de control de calidad.....	147

3.6.	Análisis del control de calidad actual	149
3.6.1.	Formatos de control y registro	149
3.6.2.	Decisiones correctivas y/o preventivas	150
3.6.3.	Espesor de la película de plástico.....	151
3.6.3.1.	Cámara de succión	155
3.6.3.2.	Cuchilla de aire	155
3.6.3.3.	Estabilizadores laterales	156
4.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN	161
4.1.	Implementación del sistema escogido	161
4.1.1.	Materiales a utilizar.....	161
4.1.2.	Procedimiento de implementación	162
4.1.3.	Pruebas preliminares.....	163
4.1.4.	Ventajas del sistema	164
5.	SEGUIMIENTO.....	169
5.1.	Descripción de la situación posterior a la implementación.....	169
5.1.1.	Medición de resultados.....	170
5.2.	Monitoreo y medición mediante un análisis de resultados.....	171
5.2.1.	Importancias del control	173
5.2.2.	Tipos de controles	173
5.2.3.	Áreas del control.....	174
5.3.	Evaluaciones del cumplimiento con los requisitos establecidos ..	176
5.4.	Auditorías periódicas del sistema de gestión	177
5.4.1.	Estado de ganancias y pérdidas	178
5.4.2.	Auditoría financiera.....	178
5.4.3.	Auditoría administrativa	179
5.4.4.	La auditoría en sí certifica.....	180

5.4.5.	Reportes informes	181
5.5.	Corrección de las no conformidades y toma de acciones para el cumplimiento de la propuesta	181
5.5.1.	Gráfica de punto de equilibrio	182
5.5.2.	La gráfica de Gantt	183
5.5.3.	Pert (Técnica de revisión y evaluación de programas) ...	183
6.	IMPACTO AMBIENTAL	185
6.1.	Consideraciones claves en el proceso de evaluación de impacto ambiental.....	185
6.1.1.	Propósito	185
6.1.2.	Necesidad	185
6.1.3.	Participación pública	186
6.2.	El estudio de pre evaluación.....	188
6.3.	Enfoques interdisciplinarios	191
6.4.	Alternativas a la acción propuesta	191
6.4.1.	Impacto	193
6.4.1.1.	Impactos primarios	193
6.4.1.2.	Impactos secundarios.....	195
6.4.1.3.	Impactos a corto plazo	195
6.4.1.4.	Impactos a largo plazo	196
6.4.1.5.	Impactos positivos	196
6.4.1.6.	Impactos negativos.....	196
6.4.1.7.	Impactos acumulativos	197
6.4.1.8.	Otros impactos	198
6.4.1.8.1.	Impactos directos	198
6.4.1.8.2.	Impactos indirectos o inducidos..	198
6.4.1.8.3.	Impacto reversible	199

6.4.1.8.4.	Impacto irreversible	199
6.5.	Usos a corto plazo	199
6.6.	Mantenimiento	199
6.7.	Realce del medio ambiente a largo plazo	200
6.8.	Mitigación y compensación	200
6.8.1.	Planificación	201
6.8.2.	Programación	202
CONCLUSIONES		203
RECOMENDACIONES.....		205
BIBLIOGRAFÍA.....		207

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de producción	3
2.	Dosificadores y mezcla	26
3.	Mando de control y horno	27
4.	Banco de rodillos y embobinadoras	27
5.	Maquinaria del proceso de extrusión	28
6.	Telares de polipropileno.....	35
7.	Telar de polipropileno	36
8.	Impresora flexográfica	38
9.	Maquinaria para corte y conversión.....	39
10.	TVC de extrusión de polipropileno.....	67
11.	TVC de telares de polipropileno.....	67
12.	TVC de impresión de polipropileno.....	68
13.	TVC de corte de polipropileno	68
14.	Diagrama causa – efecto	80
15.	Control de velocidad por relación del voltaje en línea.....	92
16.	Devanado estático de dos polos para cambio de polos.....	93
17.	Devanado de 2 a 4 polos mediante polos consecuentes.....	94
18.	Control de velocidad mediante variación de la resistencia del rotor	97
19.	Curva Característica U/F.	98
20.	Curva característica por variación de frecuencia.	99
21.	Cadena de valor propuesta.....	105
22.	Extrusión.....	123

23.	Métodos de extrusión.	124
24.	(a) Dado, (b) Resultado de la extrusión.	125
25.	Recorte de dado	126
26.	Dado hecho con abertura adicional para balancear el flujo,	126
27.	Dado de extrusión para producción múltiple de filamentos.	127
28.	Tipos de arreglos del mandril.	128
29.	Brazo y mandril.....	129
30.	Dado puente de cuatro aberturas.	130
31.	Estirado de alambre.....	131
32.	Secciones del dado	133
33.	Deformación	133
34.	Defecto de extrusión.....	135
35.	Sección fundida de una barra redonda con desprendimiento.....	136
36.	Aumento de los grandes granos periféricos.	137
37.	Curvas.	139

TABLAS

I.	Propiedades mecánicas del polipropileno (PP)	14
II.	Propiedades térmicas del polipropileno (PP).....	15
III.	Propiedades del poliestireno (PS)	24
IV.	Rendimiento actual de las máquinas extrusoras.....	42
V.	Productividad en el proceso de polipropileno.....	66
VI.	Cuadro de los datos de presión del aire de soplado y porcentaje de defectos de tanque plástico.....	82
VII.	Rangos de variables.....	86
VIII.	Porcentaje de tiempos muertos.....	101
IX.	Comparación de métodos	102

X.	Detalle del marco proceso de producción.....	106
XI.	Análisis de resultados obtenidos	109
XII.	Formato de cuadro donde se muestra en forma ordenada y detallada, la demanda de los mercados.....	112
XIII.	Sugerencias de los productores sobre lo que se debe hacer como organización para cumplir con cada una de las demandas del mercado.	113
XIV.	Sugerencias de los productores ordenadas según la disponibilidad y necesidad de recursos, materiales y equipos, insumos y conocimiento.	114
XV.	Temperaturas típicas de extrusión y velocidades para algunas mezclas de polipropileno.	140
XVI.	Controles utilizados con más frecuencia en los factores de control	172

GLOSARIO

Aditivos

Los aditivos son necesarios para obtener un material que sea susceptible de ser utilizado finalmente. La cantidad de opciones disponibles de estos aditivos es impresionante, pero los fabricantes deben tenerlos en cuenta para poder realizar un producto adecuado a la aplicación necesaria.

Análisis por estratificación

Este es un instrumento que nos permite pasar de lo general a lo particular en el análisis de un problema.

BOPP

Son capas de polipropileno fabricadas de tal forma que una cara sea de impresión brillante y la otra opaca.

Calidad funcional

Todos los productos tienen una función específica. La calidad funcional es la calidad de conseguir la función pretendida de un producto. La función del producto existe antes que la voz del cliente. Es imprescindible que la función del producto sea optimizada antes de emitir los planos de ingeniería.

Calidad perceptiva

Son todos los mecanismos o acciones que se realizan para detectar la presencia de errores cualitativos.

Carbonato

Es un compuesto químico, de fórmula CaCO_3 . Es una sustancia muy abundante en la naturaleza, formando rocas, como componente principal en todas partes del mundo. Es el principal componente de conchas y esqueletos de muchos organismos.

Copolimero

Es una macromolécula compuesta por dos o más unidades repetitivas distintas, que se pueden unir de diferentes formas.

Dado de extrusión

Es la boquilla o parte final de una máquina extrusora.

Dennier

Son los gramos que pesan 9 000 metros de hilo.

Diagrama de flujo

Es una representación gráfica de un algoritmo o proceso. Se utiliza en disciplinas como la programación, la economía, los procesos industriales y la psicología cognitiva.

Diagrama de Pareto

Es una herramienta que se utiliza para priorizar los problemas o las causas que los generan.

Dosificadores

Son conductos de una máquina específica que regula cada materia prima y la mezcla en las proporciones que se requiera.

Elastomerica

Los elastómeros son aquellos polímeros que muestran un comportamiento elástico. El término, que proviene de polímero elástico, es a veces intercambiable con el término goma que es más adecuado para referirse a vulcanizados.

Extrusión

La extrusión de polímeros es un proceso industrial, en donde se realiza una acción de prensado, moldeado del plástico, que por flujo continuo con presión y empuje, se lo hace pasar por un molde encargado de darle la forma deseada.

Flexografía

Es una técnica de impresión en relieve, puesto que las zonas impresas de la forma están realizadas respecto de las zonas no impresas.

Hilo rafia

Son los hilos producidos de una película de polipropileno extruida, con características específicas por aplicación.

Histogramas

Es una gráfica de barras que nos permite describir el comportamiento de un conjunto de datos, pero en este caso las diferentes observaciones de una misma variable se grafican alrededor de un valor medio o central.

Homopolimero

Se denomina homopolímero al polímero obtenido de la polimerización de propileno puro.

Impresora flexografica

Es una máquina de impresión en la que las imágenes a imprimir se curvan sobre un cilindro. La impresión puede efectuarse sobre gran número de sustratos, incluyendo papel, cartón y plástico, que pueden alimentarse por folios o mediante un rollo continuo.

Índice de fluidez

El índice de fluidez es una prueba reológica básica que se realiza a un polímero para conocer su fluidez. Se mide en g/10min. Se define como la cantidad de material (medido en gramos) que fluye a través del orificio de un dado capilar en 10 minutos, manteniendo constantes presión y temperatura estándares.

Película de polipropileno

Es el resultado de la extrusión de polipropileno.

Policloruro de vinilo (PVC)

El cloruro de polivinilo o PVC (del inglés *polyvinyl chloride*) es un polímero termoplástico. Se presenta como un material blanco que comienza a reblandecer alrededor de los 80 °C y se descompone sobre 140 °C.

Poliestireno

El poliestireno (PS) es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno. Existen cuatro tipos principales: el PS cristal, que es transparente, rígido y quebradizo; el poliestireno de alto impacto, resistente y opaco, el poliestireno expandido, muy ligero, y el poliestireno extrusionado, similar al expandido pero más denso e impermeable.

Polimerización

Es un proceso químico por el que los reactivos, monómeros (compuestos de bajo peso molecular) se agrupan químicamente entre sí, dando lugar a una molécula de gran peso, llamada polímero.

Polipropileno

El polipropileno (PP) es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno). Pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes.

Trama

Son los hilos horizontales que lleva una tela producida en un telar plano o circular de polipropileno.

Urdimbre

Son los hilos verticales que lleva una tela producida en un telar plano o circular de polipropileno.

RESUMEN

El diseño e implementación de un sistema de gestión en el contexto organizacional actual contribuye al desarrollo de un enfoque de mejora continua hacia la competitividad, a través de la eficiencia y la eficacia en su gestión integral.

El incremento en la productividad es la manera más efectiva de asegurar un aumento en las utilidades, así como la optimización de tiempo y aprovechamiento de insumos en la realización de productos.

Describe la situación actual del departamento de extrusión de polipropileno. Así mismo presenta una descripción actual de los procesos, equipo utilizado, indicadores utilizados y mediciones de productividad en el departamento de producción.

Se determina que para mejorar la productividad se necesita incrementar la velocidad de producción de los extrusores, a través de la velocidad de salida del labio extrusor.

Para esto se establecen todas las variables que se podrían modificar para lograr este incremento, así como características y especificaciones necesarias para realizar la mejora propuesta. También se mencionan las herramientas a utilizar y mecanismos de medición. Se analizan varios métodos y se comparan los beneficios obtenidos de cada una, adicionalmente se miden los beneficios obtenidos en términos de productividad.

Se establecen los recursos técnicos, materiales y económicos necesarios para la implementación de la propuesta. Se determina el equipo necesario, se asignan responsabilidades, se determinan parámetros de control, se realizan pruebas preliminares y se analizan las ventajas obtenidas. Se crean hojas de control para registrar el funcionamiento del sistema.

Se verifica el cumplimiento del modelo establecido, a través de auditorías al sistema. Se proponen acciones preventivas y correctivas útiles para la mejora continua del sistema y se miden resultados, se analizan variables como costo, calidad, cantidad y tiempo. Se definen puntos de control, tipos de controles, áreas de control, auditorías financieras, auditorías administrativas y se llevan formatos y reportes de registros. Se aplican herramientas como gráficas de punto de equilibrio, gráficas de Gantt, técnica Pert, entre otras.

OBJETIVOS

General

Analizar e implementar un sistema de gestión, para el incremento en la producción de sacos de polipropileno, en la empresa SACOS AGROINDUSTRIALES, con la finalidad de equilibrar la producción con la demanda mediante un sistema de control de calidad que ayude al cumplimiento de las necesidades de los clientes y la disminución de rechazos.

Específicos

1. Determinar las ventajas de la propuesta para obtener un incremento en la productividad.
2. Incrementar en más de un 10% de la productividad actual en el área de extrusión de polipropileno, mediante la implementación de un Sistema de Gestión.
3. Determinar, mediante la implementación de indicadores como TVC y utilización de capacidad instalada, las causas que generan tiempos muertos para lograr el incremento esperado mayor al 10% en la productividad al implementar el proyecto.
4. Determinar si la empresa cuenta con los recursos e insumos necesarios para la implementación de un sistema mejorado de control de calidad.

5. Establecer los criterios y límites de aceptación para los hilos de rafia que se realizan en el proceso de extrusión, en la línea de polipropileno.

6. Establecer los criterios y límites de aceptación para los productos que se realizan en el proceso de corte de sacos en la línea de polipropileno, sean considerados de primera.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, las organizaciones se encuentran inmersas en entornos económicos y mercados cada vez son más competitivos y globalizados, donde los rápidos cambios tecnológicos y culturales que propiciaron la aparición de la era de la información hicieron que muchos preceptos fundamentales de la era industrial se volvieran obsoletos, exigiendo a las empresas la necesidad de desarrollar nuevas capacidades, para alcanzar buenos resultados, si desean tener éxito.

Para disponer de un sistema de gestión que constituya una de las oportunidades en que las empresas se diseñen con un enfoque que permita que los procesos sean usados como herramientas en el cuadro de mando integral. La posibilidad de éxito está más cercana, ya que estos dos componentes traerán para las organizaciones múltiples ventajas dentro de las que se destacan los siguientes:

El diseño e implementación de un sistema de gestión en el contexto organizacional actual, que contribuye al desarrollo de un enfoque de mejora continua hacia la competitividad, a través de la eficiencia y la eficacia en su gestión integral.

La empresa que establezca un sistema de gestión basado en procesos es altamente autónoma, más ágil, eficiente, flexible y emprendedora que las clásicas organizaciones funcionales burocratizadas.

Un sistema de gestión se comprende con facilidad por su aplastante lógica, pero se asimila con dificultad por los cambios paradigmáticos que contiene y que constituye la piedra angular que sustenta el trabajo de las empresas que aspiran a ser competitivas.

El Cuadro de Mando integral es una herramienta de Control de Gestión que contribuye a alinear la organización con su estrategia y su aplicación en la empresa, ésta debe estudiarse desde una óptica de equilibrio, que incluya las cuatro perspectivas: financiera, la del cliente, la del proceso interno y la de aprendizaje y crecimiento.

La automatización del sistema de gestión es parte esencial en la administración, para tener en tiempo real información, garantizando la inmediatez y buen resultado del sistema..

Es importante en todas las empresas considerar herramientas que sirvan como control e indicadores de la producción ya que permiten conocer la situación en la que se encuentra, ayudan a disminuir los posibles errores que se presentan y proporcionan un valor agregado a la empresa y a los productos que se realizan en ella.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Antecedentes de la empresa SACOS AGROINDUSTRIALES

SACOS AGROINDUSTRIALES, S.A. es una compañía guatemalteca que se formó en 1987 con el nombre de Sacos Agrícolas.

Desde 1991 tuvo un crecimiento continuo y bien planificado, incorporando nuevas líneas como el hilo multifilamento de polipropileno. En 1996 le fue concedida la licencia para producir en Centro América, sacos laminados valvulados con maquinaria AD-Star, patentada a nivel mundial para la fabricación de los mismos, siendo la 4ª a nivel mundial en obtener la patente y primera en América. En 1998 efectuó una alianza estratégica exitosa con Envases y Sacos, formando así Sacos Agroindustriales, S.A. En el 2001 se extiende a cubrir el mercado hondureño formando Sacos Agroindustriales Honduras, S.A. de C.V. En el 2002, logran la certificación ISO 9001:2000 por INTECO - AENOR, lo cual coloca a la vanguardia del mercado.

Se obtuvo la certificación ISO 9001 versión 2000, siendo SACOS AGROINDUSTRIALES una de las primeras empresas en Guatemala y la primera a nivel centroamericano en su ramo. Por ello, SACOS AGROINDUSTRIALES garantiza sus procesos para la satisfacción completa de sus clientes.

En el año 2000 surge la nueva área de producción de la empresa, la cual es una planta de soplado de envases de PET, en donde se elaboran envases y recipientes para leche, agua, aguas carbonatadas y otros tipos de líquidos, contando con el equipo más moderno del mercado en la actualidad.

En el año 2003 crece nuevamente hacia Centro América, comprando un porcentaje de participación en Nicaragua en la empresa Macsa y Rafytica en Costa Rica, finalizando el año con la instalación en México de Envases Agroindustriales, S.A. de C.V

SACOS AGROINDUSTRIALES, cuenta con una capacidad de 100 millones de sacos al año, llegando a ser la empresa más grande de Centro América.

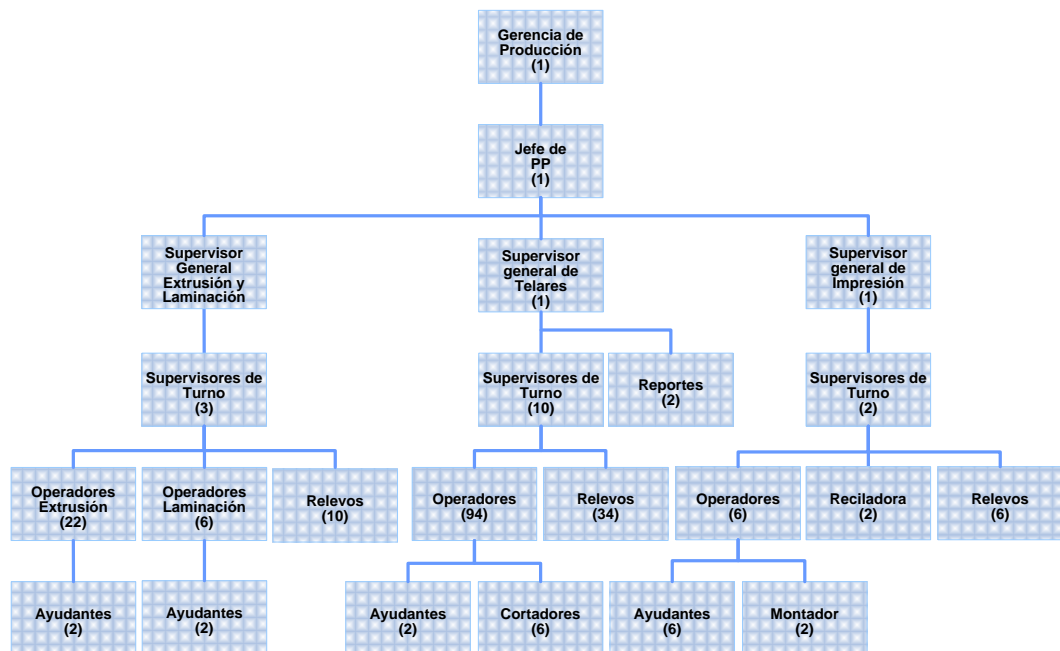
La calidad y buen servicio ha traspasado fronteras, y actualmente exporta productos a mercados tan importantes como:

- Estados Unidos
- Canadá
- México
- Centro América
- Colombia
- República Dominicana

1.2. Estructura organizacional

La estructura organizacional es un medio del que se sirve una organización cualquiera para conseguir sus objetivos con eficacia. El departamento de producción utiliza una estructura organizacional con cargos que tienen funciones similares para dividir el trabajo en tareas realizables que llevan a la consecución de los objetivos de la empresa.

Figura 1. Organigrama de producción



Fuente: <http://www.sacos.com.gt/empresa.html>, 10/08/2010

1.3. Misión

El compromiso del departamento de producción dentro de Sacos Agroindustriales es transformar los requerimientos del departamento de ventas en muestras y productos terminados, cumpliendo las especificaciones de calidad deseadas por sus clientes, trabajando de forma organizada, con un programa de producción ejecutable, en equipo y con el soporte del servicio interno de los departamentos de mantenimiento y calidad, enfocándose siempre en la optimización de costos de operación y la mejora continua de los procesos.

1.4. Visión

“Ser reconocidos a nivel mundial como líderes de calidad, eficiencia, servicio e innovación en la fabricación y comercialización de productos para envase y empaque.”

“Tener un crecimiento sostenido y bien planificado. Participando con la comunidad con programas de orientación para el uso de productos seguros y reciclables. Cuenta con recurso humano competente, comprometido y motivado”.

1.5. Política de calidad

“El compromiso es la satisfacción de las expectativas de nuestros clientes, colaboradores y accionistas mediante de la administración dinámica y ética de nuestro sistema de gestión de calidad, el mejoramiento continuo en el diseño, fabricación y comercialización de productos para envase y empaque, cumpliendo con todos los requisitos del cliente y las especificaciones legales”.

1.6. Los plásticos y propiedades

1.6.1. Tereftalato de polietileno (PET)

El PET es un tipo de materia prima plástica derivada del petróleo, correspondiendo su fórmula a la de un poliéster. Su denominación técnica es polietileno tereftalato o politereftalato de etileno. Empezó a ser utilizado como materia prima en fibras para la industria textil y la producción de *films*. El PET (Poli Etilén Tereftalato) fue descubierto por los científicos británicos Whinfield y Dickson, en 1941, quienes lo patentaron como polímero para la fabricación de fibras. En 1952 se lo comenzó a emplear en forma de *film* para el envasamiento de alimentos. Pero la aplicación que le significó su principal mercado fue en envases rígidos, a partir de 1976; pudo abrirse camino gracias a su particular aptitud para el embotellado de bebidas carbonatadas.

1.6.1.1. Propiedades del PET

- Procesable por soplado, inyección, extrusión
- Transparencia y brillo con efecto lupa
- Excelentes propiedades mecánicas
- Barrera de los gases
- Liviano

1.6.1.2. Desventajas

Secado: todo poliéster tiene que ser secado, a fin de evitar pérdida de propiedades.

Costo de equipamiento: los equipos de inyección-soplado suponen una buena amortización en función de gran producción.

Intemperie: no se aconseja el uso permanente en intemperie.

1.6.1.3. ¿Cómo se fabrica?

El PET se fabrica a partir de dos materias primas derivadas del petróleo: etileno y paraxileno. Los derivados de estos compuestos (respectivamente, etilen glicol y ácido tereftálico) son puestos a reaccionar a temperatura y presión elevadas para obtener la resina PET en estado amorfo.

La resina se cristaliza y polimeriza para incrementar su peso molecular y su viscosidad. El resultado es la resina que se usa para fabricar envases. Su apariencia es la de pequeños cilindros de color blanquizco llamados *chips* o *pelets*.

Una vez que la longitud de cadena es suficientemente larga, el PET se extruye a través de un dado de orificios múltiples para obtener un espagueti que se enfría en agua y una vez semisólido es cortado en peletizador obteniendo así el granulado que presenta las siguientes características:

- Es amorfo
- Posee un alto contenido de acetaldehído
- Presenta un bajo peso molecular

Estas características limitan el uso del PET en la fabricación de botellas, por lo que es necesario pasar el granulado por otro proceso conocido como polimerización en fase sólida. Durante este proceso, el granulado se calienta en una atmósfera inerte permitiendo que se mejoren estas tres propiedades simultáneamente, lo cual permite una mayor facilidad y eficiencia del secado y moldeado de la preforma o bien durante la producción y la calidad de la botella misma.

1.6.2. Policloruro de vinilo (PVC)

El policloruro de vinilo o PVC (del inglés *polyvinyl chloride*) es un polímero termoplástico.

Se presenta como un material blanco que comienza a reblandecer alrededor de los 80 °C y se descompone sobre 140 °C. Cabe mencionar que es un polímero por adición y además una resina que resulta de la polimerización del cloruro de vinilo o cloroetileno. Tiene una muy buena resistencia eléctrica y a la llama.

El átomo de cloro enlazado a cada átomo de carbono le confiere características amorfas principalmente e impiden su recristalización, la alta cohesión entre moléculas y cadenas poliméricas del PVC se deben principalmente a los momentos dipolares fuertes originados por los átomos de cloro, los cuales a su vez dan cierto impedimento estérico, es decir que repelen moléculas con igual carga, creando repulsiones electrostáticas que reducen la flexibilidad de las cadenas poliméricas. Esta dificultad en la conformación estructural hace necesario la incorporación de aditivos para ser obtenido un producto final deseado.

En la industria existen dos tipos:

- Rígido: para envases, ventanas, tuberías, las cuales han reemplazado en gran medida al hierro (que se oxida más fácilmente).
- Flexible: cables, juguetes, calzados, pavimentos, recubrimientos, techos tensados, etc.

El PVC se caracteriza por ser dúctil y tenaz, presenta estabilidad dimensional y resistencia ambiental. Además es reciclable por varios métodos.

1.6.2.1. Características

Tiene una elevada resistencia a la abrasión, junto con una baja densidad ($1,4 \text{ g/cm}^3$), buena resistencia mecánica y al impacto, lo que lo hace común e ideal para la edificación y construcción.

Al utilizar aditivos tales como estabilizantes y plastificantes, entre otros, el PVC puede transformarse en un material rígido o flexible, característica que le permite ser usado en un gran número de aplicaciones.

Es estable e inerte por lo que se emplea extensivamente donde la higiene es una prioridad, por ejemplo: los catéteres, las bolsas para sangre, hemoderivados y tuberías de agua potable están fabricadas con PVC.

Es un material altamente resistente, los productos de PVC pueden durar hasta más de sesenta años como se comprueba en aplicaciones tales como tuberías para conducción de agua potable y sanitarios. De acuerdo al estado de las instalaciones se espera una prolongada duración del PVC, así como ocurre con los marcos de puertas y ventanas.

Debido a las moléculas de cloro que forman parte del polímero PVC, no se quema con facilidad ni arde por sí solo y cesa de arder una vez que la fuente de calor se ha retirado. Los perfiles de PVC empleados en la construcción para recubrimientos, cielorrasos, puertas y ventanas, se debe a la poca inflamabilidad que presenta.

Se emplea eficazmente para aislar y proteger cables eléctricos en el hogar, oficinas y en las industrias debido a que es un buen aislante eléctrico.

Se vuelve flexible y moldeable sin necesidad de someterlo a altas temperaturas (basta unos segundos expuesto a una llama) y mantiene la forma dada y propiedades una vez enfriado a temperatura ambiente, lo cual facilita su modificación.

Alto valor energético. Cuando se recupera la energía en los sistemas modernos de combustión de residuos, donde las emisiones se controlan cuidadosamente, el PVC aporta energía y calor a la industria y a los hogares.

Rentable. Bajo costo de instalación y prácticamente costo nulo de mantenimiento en su vida útil.

1.6.2.2. Polimerización

El cloruro de vinilo comercialmente es polimerizado por vía radical, en bloque, suspensión y emulsión. Los métodos de polimerización en solución tienen menor importancia comercial, al menos en Europa. Aunque no se facilitan los detalles del proceso, según una patente tipo, el cloruro de vinilo es polimerizado con un 0,8% de peróxido de benzoílo, basado en el peso del monómero. La operación se realiza a 58 °C durante 17 horas en un cilindro rotativo, en cuyo interior hay bolas de acero inoxidable. Debido a que el polímero es insoluble en el monómero, la polimerización en bloque es heterogénea. La reacción es difícil de controlar y da lugar a una ligera disminución de las propiedades aislantes y de la transparencia. La forma y el tamaño de las partículas, así como la distribución de tamaños pueden ser controlados variando el sistema de dispersión y la velocidad de agitación.

1.6.3. Polipropileno (PP)

El polipropileno (PP) es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno). Pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos.

1.6.3.1. Estructura química

Por su mecanismo de polimerización, el PP es un polímero de reacción en cadena (“de adición” según la antigua nomenclatura de *Carothers*). Por su composición química es un polímero vinílico (cadena principal formada exclusivamente por átomos de carbono) y en particular una poliolefina.

1.6.3.2. Tacticidad

Las moléculas de PP se componen de una cadena principal de átomos de carbono enlazados entre sí, de la cual cuelgan grupos metilo (CH₃-) a uno u otro lado de la cadena. Cuando todos los grupos metilo están del mismo lado se habla de “polipropileno isotáctico”; cuando están alternados a uno u otro lado, se denomina “polipropileno sindiotáctico”; cuando no tienen un orden aparente, se denomina “polipropileno atáctico”. Las propiedades del PP dependen enormemente del tipo de tacticidad que presenten sus moléculas.

1.6.3.3. Tipos

Los polipropileno se dividen en dos homopolimeros y copolímero.

1.6.3.3.1. PP homopolímero

Se denomina homopolímero al PP obtenido de la polimerización de propileno puro.

Según su tacticidad, se distinguen tres tipos:

- PP atáctico. Material completamente amorfo, tiene pocas aplicaciones.
- PP isotáctico. La distribución regular de los grupos metilo le otorga una alta cristalinidad, entre 70% y 80%. Es el tipo más utilizado hoy día.
- PP sindiotáctico. Muy poco cristalino, lo cual le hace ser más elástico que el PP isotáctico pero también menos resistente.

1.6.3.3.2. PP copolímero

Al añadir entre un 5% y un 30% de etileno en la polimerización se obtiene un copolímero que posee mayor resistencia al impacto que el PP homopolímero. Existen, a su vez, dos tipos:

- Copolímero estadístico. El etileno y el propileno se introducen a la vez en un mismo reactor, resultando cadenas de polímero en las que ambos monómeros se alternan de manera aleatoria.

- Copolímero en bloques. En este caso primero se lleva a cabo la polimerización del propileno en un reactor y luego, en otro reactor, se añade etileno que polimeriza sobre el PP ya formado, obteniéndose así cadenas con bloques homogéneos de PP y PE. La resistencia al impacto de estos copolímeros es muy alta, por lo que se les conoce como PP impacto o PP choque.

Cuando el porcentaje de etileno supera un cierto valor, el material pasa a comportarse como un elastómero, con propiedades muy diferentes del PP convencional. A este producto se le llama caucho etileno-propileno (EPR, del inglés *Ethylene-Propylene Rubber*).

1.6.3.4. Propiedades

El PP isotáctico comercial es muy similar al polietileno, excepto por las siguientes propiedades:

- Menor densidad: el PP tiene un peso específico entre 0,9 g/cm³ y 0,91 g/cm³, mientras que el peso específico del PEBD (polietileno de baja densidad) oscila entre 0,915 y 0,935, y el del PEAD (polietileno de alta densidad) entre 0,9 y 0,97 (en g/cm³).
- Temperatura de reblandecimiento más alta.
- Gran resistencia al *stress cracking*.
- Mayor tendencia a ser oxidado (problema normalmente resuelto mediante la adición de antioxidantes).

El PP tiene un grado de cristalinidad intermedio entre el polietileno de alta y el de baja densidad.

1.6.3.4.1. Propiedades mecánicas

El polipropileno tiene una serie de propiedades mecánicas, las cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla I. **Propiedades mecánicas del Polipropileno (PP)**

	PP homopolímero	PP copolímero	Comentarios
Módulo elástico en tracción (GPa)	1,1 a 1,6	0,7 a 1,4	
Alargamiento de rotura en tracción (%)	100 a 600	450 a 900	Junto al polietileno, una de las más altas de todos los termoplásticos.
Carga de rotura en tracción (MPa)	31 a 42	28 a 38	
Módulo de flexión (GPa)	1,19 a 1,75	0,42 a 1,40	
Resistencia al impacto <i>Charpy</i> (KJ/m ²)	4 a 20	9 a 40	El PP copolímero posee la mayor resistencia al impacto de todos los termoplásticos.
Dureza Shore D	72 a 74	67 a 73	Más duro que el polietileno pero menos que el poliestireno o el PET

Fuente: <http://www.plastico.mx.html>, 12/07/2010

Presenta muy buena resistencia a la fatiga, por ello la mayoría de las piezas que incluyen bisagras utilizan este material.

1.6.3.4.2. Propiedades térmicas

El polipropileno tiene una serie de propiedades térmicas, las cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla II. **Propiedades térmicas del Polipropileno (PP)**

	PP homopolímero	PP copolímero	Comentarios
Temperatura de fusión (°C)	160 a 170	130 a 168	Superior a la del polietileno
Temperatura máxima de uso continuo (°C)	100	100	Superior al poliestireno, al LDPE y al PVC pero inferior al HDPE, al PET y a los plásticos de ingeniería.
Temperatura de transición vitrea	-10	-20	

Fuente: <http://www.plastico.mx.html>, 12/07/2010

A baja temperatura, el PP homopolímero se vuelve frágil (típicamente en torno a los 0 °C); no tanto el PP copolímero, que conserva su ductilidad hasta los -40 °C.

1.6.3.5. Aplicaciones

El polipropileno fue uno de los plásticos con mayor crecimiento en los últimos años y se prevee que su consumo continúe creciendo más que el de los otros grandes termoplásticos (PE, PS, PVC, PET). En el 2005, la producción y

el consumo de PP en la Unión Europea fueron de 9 y 8 millones de toneladas respectivamente, un volumen sólo inferior al del PE¹.

El PP es transformado mediante muchos procesos diferentes. Los más utilizados son:

- Moldeo por inyección de una gran diversidad de piezas, desde juguetes hasta parachoques de automóviles.
- Moldeo por soplado de recipientes huecos como por ejemplo botellas o depósitos de combustible.
- Termoformado de, por ejemplo, contenedores de alimentos. En particular se utiliza PP para aplicaciones que requieren resistencia a alta temperatura (microondas) o baja temperatura (congelados).
- Producción de fibras, tanto tejidas como no tejidas.
- Extrusión de perfiles, láminas y tubos.
- Producción de película, en particular.
- Película de polipropileno biorientado (BOPP), la más extendida, representando más del 20% del mercado del embalaje flexible en Europa Occidental.
- Película moldeada (*cast film*).

¹ Facts & Figures (<http://www.plasticseurope.org/Content/Default.asp?PageID=468>) en el sitio web de Plastics Europe.

- Película soplada (*blown film*), un mercado pequeño actualmente (2007) pero en rápido crecimiento.

Gran parte de los grados de PP son aptos para contacto con alimentos y una minoría pueden ser usados en aplicaciones médicas o farmacéuticas.

1.6.4. Poliestireno (PS)

El poliestireno (PS) es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno. Existen cuatro tipos principales: el PS cristal, que es transparente, rígido y quebradizo; el poliestireno de alto impacto, resistente y opaco, el poliestireno expandido, muy ligero, y el poliestireno extrusionado, similar al expandido pero más denso e impermeable. Las aplicaciones principales del PS choque y el PS cristal son la fabricación de envases mediante extrusión-termoformado, y de objetos diversos mediante moldeo por inyección. Las formas expandidas y extruida se emplean principalmente como aislantes térmicos en construcción.

La primera producción industrial de poliestireno cristal fue realizada por BASF, en Alemania, en 1930. El PS expandido y el PS choque fueron inventados en las décadas siguientes. Desde entonces los procesos de producción han sido mejorados sustancialmente y el poliestireno ha dado lugar a una industria sólidamente establecida. Con una demanda mundial de unos 13 millones de toneladas al año (dato de 2000), el poliestireno es hoy el cuarto plástico más consumido, por detrás del polietileno, el polipropileno y el PVC².

² SCHEIRS, John y PRIDDY, Duane (editores) (2003). *Modern Styrenic Polymers*, Wiley. 0-471-49752-5.

1.6.4.1. Tipos de poliestireno

El producto de la polimerización del estireno puro se denomina poliestireno cristal o poliestireno de uso general (GPPS, siglas en inglés). Es un sólido transparente, duro y frágil.

Es vítreo por debajo de 100 °C. Por encima de esta temperatura es fácilmente procesable y puede dársele múltiples formas.

Para mejorar la resistencia mecánica del material, se puede añadir en la polimerización hasta un 14% de caucho (casi siempre polibutadieno). El producto resultante se llama poliestireno de alto impacto (HIPS, *High Impact Polystyrene*, siglas en inglés). Es más fuerte, no quebradizo y capaz de soportar impactos más violentos sin romperse. Su inconveniente principal es su opacidad, si bien algunos fabricantes venden grados especiales de poliestireno choque translúcido³.

Otro miembro de esta familia es el poliestireno expandido (EPS, siglas en inglés). Consiste en 95% de poliestireno y 5% de un gas que forma burbujas que reducen la densidad del material. Su aplicación principal es como aislante en construcción y para el embalaje de productos frágiles.

A partir de poliestireno cristal fundido se puede obtener, mediante inyección de gas, una espuma rígida denominada poliestireno extruido (XPS).

³ Nexant. PERP Report Polystyrene May 2006. (http://www.chemsystems.com/reports/search/docs/abstracts/0405_4_abs.pdf) (Resumen gratuito) (en inglés).

Sus propiedades son similares a las del EPS, con el cual compite en las aplicaciones de aislamiento⁴.

En las últimas décadas se ha desarrollado un nuevo polímero que recibe el nombre de poliestireno sindiotáctico. Se caracteriza por que los grupos fenilo de la cadena polimérica están unidos alternativamente a ambos lados de la misma, mientras que el poliestireno “normal” o poliestireno atáctico no conserva ningún orden con respecto al lado de la cadena donde están unidos los grupos fenilos. El “nuevo” poliestireno es cristalino y se funde a 270 °C, pero es mucho más costoso. Sólo se utiliza en aplicaciones especiales de alto valor añadido.

1.6.4.2. Estructura del poliestireno cristal

De la estructura del poliestireno de cristal podemos extraer las características como el peso molecular, ramificación y tacticidad.

1.6.4.2.1. Peso molecular

El peso molecular promedio del poliestireno comercial varía entre 100 000 y 400 000 g mol⁻¹. Cuanto menor es el peso molecular, mayor es la fluidez y por tanto la facilidad de uso del material, pero menor es su resistencia mecánica.

Para conseguir un poliestireno a la vez fluido y resistente se puede acudir a distribuciones bimodales de pesos moleculares, un activo campo de investigación en el poliestireno.

⁴ Web de la Insulating Concrete Form Association (<http://www.forms.org/index.php?act=plasticfoams>) (en inglés)

1.6.4.2.2. Ramificación

Las moléculas de poliestireno formadas en los procesos industriales actuales son muy lineales. En laboratorio es posible generar ramificación añadiendo al reactor sustancias como el divinilbenceno o peróxidos tetra funcionales pero el poliestireno así obtenido es más caro y apenas presenta ventajas frente a sus equivalentes lineales.

1.6.4.2.3. Tacticidad

El poliestireno cristal es completamente atáctico; es decir: los grupos fenilo se distribuyen a uno u otro lado de la cadena central, sin ningún orden particular. Por ello se trata de un polímero completamente amorfo (es decir, no cristalino).

1.6.4.3. Estructura del poliestireno choque

El poliestireno de alto impacto (*high-impact polystyrene* o HIPS, en inglés) consiste en una matriz de poliestireno cristal en la cual están dispersas partículas microscópicas de caucho, casi siempre polibutadieno.

1.6.4.3.1. Tipo de caucho

En la gran mayoría de los casos el caucho utilizado es el polibutadieno. El peso molecular del polibutadieno utilizado suele estar comprendido entre 180 000 y 260 000 g mol⁻¹.

En algunas aplicaciones minoritarias se utiliza un elastómero consistente en un dibloque estireno-butadieno.

Debido a su mayor afinidad por el poliestireno (y por tanto menor tensión superficial), este polímero forma partículas de menor tamaño que las de polibutadieno.

1.6.4.3.2. Partículas de caucho

En la mayoría de los poliestirenos comerciales la fase elastomérica se presenta en forma de partículas con una estructura llamada “tipo salami”: una partícula más o menos esférica de polibutadieno que tiene a su vez en su interior partículas de poliestireno de diferentes tamaños, a las que se denomina “oclusiones”.

En algunos casos se observan partículas con morfología *core-shell* (que podría traducirse como “núcleo-envoltura”), en las que el caucho forma sólo una delgada membrana alrededor de una única oclusión de poliestireno, normalmente de pequeño tamaño (inferior a una micra de diámetro).

Para tener un poliestireno de alto impacto con buena resistencia mecánica hacen falta partículas tipo salami con un tamaño comprendido entre 1 y 6 micrómetros. Cuando el tamaño es inferior a una micra el producto se vuelve casi tan frágil como el poliestireno cristal, si bien la transparencia aumenta, lo cual puede ser interesante en algunas aplicaciones. El tamaño de las partículas depende esencialmente de tres factores:

- El cizallamiento durante la inversión de fases
- La relación de viscosidades entre el polibutadieno y la matriz de poliestireno
- La cantidad de poliestireno injertado

Se ha comprobado que una distribución bimodal de tamaños de partícula aumenta la resistencia al impacto del material. Existen diversos métodos químicos y físicos para conseguir o al menos aproximarse a la bimodalidad, siendo el más habitual el emplear dos polibutadienos de viscosidad diferente.

Al cociente entre el volumen ocupado por las partículas de polibutadieno (incluyendo las oclusiones) y el volumen total del poliestireno se le denomina “fracción en volumen de la fase elastomérica” (RPVF, siglas en inglés). En líneas generales, cuanto mayor es la RPVF mejores son las propiedades mecánicas del poliestireno choque. Para aumentar la RPVF se puede añadir más polibutadieno pero esto tiene un grave inconveniente: el polibutadieno es más caro que el estireno o que el propio poliestireno choque. Por ello, la vía preferida es aumentar la cantidad de poliestireno ocluido en el interior de las partículas, lo cual constituye uno de los objetivos de todos los productores de poliestireno de alto impacto.

1.6.4.3.3. Injerto

Durante la polimerización del estireno, a veces ocurre que un radical libre ataca uno de los dobles enlaces de las moléculas de polibutadieno, formando así una molécula de poliestireno unida químicamente a una de polibutadieno.

Se dice que el poliestireno está “injerto” en el polibutadieno. El injerto mejora las propiedades del poliestireno de alto impacto por dos motivos. Por un lado, facilita la transmisión de energía entre las fases polibutadieno y poliestireno. Por otro, actúa como un emulsionante, estabilizando la dispersión de partículas de caucho en la matriz de poliestireno.

Los productores de poliestireno de alto impacto tratan de adaptar su proceso para maximizar el injerto, a fin de obtener la mejor relación posible entre propiedades mecánicas del producto y cantidad de caucho utilizado.

1.6.4.3.4. Reticulación

Los dobles enlaces del polibutadieno también pueden reaccionar entre sí, formando puentes entre las moléculas. A esto se le denomina “reticulación” de la fase elastomérica. La reticulación es más intensa cuanto más tiempo pasa el polibutadieno a alta temperatura. En el proceso de producción del poliestireno choque ocurre sobre todo en la sección de desvolatilización.

Cierto nivel de reticulación es necesario para que el caucho sea elástico pero, si la reticulación llega demasiado lejos, el caucho se vuelve rígido y por tanto el poliestireno pierde parte de su resistencia mecánica.

1.6.4.4. Química del poliestireno

1.6.4.4.1. Mecanismos de reacción

El estireno puede polimerizar por cuatro mecanismos diferentes:

- Por radicales libres
- Polimerización aniónica
- Polimerización catiónica
- Sobre catalizador

Mediante el uso de catalizadores de Ziegler-Natta o de tipo metalloceno se puede controlar de forma precisa la tacticidad del polímero formado. El poliestireno sindiotáctico se produce industrialmente de este modo.

En todos los casos la polimerización del estireno genera la misma cantidad de calor: 165 cal g^{-1} ⁵.

1.6.4.5. Propiedades

Se describen las propiedades del PS choque y el PS cristal. Para el EPS, véase el artículo principal poliestireno expandido.

Tabla III. **Propiedades del Poliestireno (PS)**

Propiedad	PP homopolímero	PP copolímero	Comentarios
Módulo elástico en tracción (GPa)	3,0 a 3,4	2,0 a 2,5	
Alargamiento de rotura en tracción (%)	1 a 4	20 a 65	El PS cristal no es nada dúctil.
Carga de rotura en tracción (MPa)	40 a 60	20 a 35	
Módulo de flexión (GPa)	3,0 a 3,4	1,6 a 2,9	El PS choque es mucho más flexible que el cristal y similar al ABS.
Resistencia al impacto Charpy (KJ/m ²)	2	3 a 12	El PS cristal es el menos resistente de todos los termoplásticos; el PS choque es intermedio.
Dureza Shore D	85 a 90	60 a 75	El PS cristal es bastante duro, similar al policarbonato. El PS choque es similar al polipropileno.

Fuente: <http://www.plastico.mx.html>, 10/07/2010

⁵ Nexant. PERP Report Polystyrene May 2006. (http://www.chemsystems.com/reports/search/docs/abstracts/0405_4_abs.pdf) (Resumen gratuito) (En inglés).

1.6.5. Otros

- PEAD (HDPE) (Polietileno de alta densidad)
- PEBD (LDPE) (Polietileno de baja densidad)
- Resinas epoxídicas
- Resinas Fenólicas
- Resinas Amídicas
- Poliuretano

Estos plásticos sirven para fabricar:

- Resinas epoxídicas: adhesivos e industria plástica
- Resinas fenólicas: industria de la madera y la carpintería
- Resinas acídicas: elementos moldeados como enchufes, asas de recipientes, etc
- Poliuretano-espuma de colchones, rellenos de tapicería

1.7. Proceso de extrusión para la fabricación de sacos de polipropileno

1.7.1. Descripción general

El *film* retráctil es un material flexible y más o menos transparente, que puede ser esencialmente de PVC, polipropileno, polietileno o una mezcla de los últimos dos, comúnmente definida como poliolefina. Estos materiales se diferencian también según el fin con el cual se envuelven los productos: el PVC y la poliolefina se usan como embalaje de presentación, el polietileno para embalaje de protección.

Se presentan en la mayoría de los casos en bobinas en lámina (sobretudo polietileno) o en semitubo con micrajes variables desde 9 hasta 23 micras y ancho variable de 500 mm (aunque para algunas aplicaciones se rebobina con anchos desde 300 hasta 900 mm). De todas formas los fabricantes realizan los cortes a medida del cliente. El peso varia obviamente según el ancho, el micraje y el peso específico.

1.7.2. Como se fabrica un saco de polipropileno

1.7.2.1. Proceso de extrusión de polipropileno

Los sacos de polipropileno surgen de una mezcla inicial de *pelets* de carbonato, *masterbatch* (Colorante), aditivos y resina de polipropileno. Todos estos elementos se mezclan, en dosificadores que transportan la mezcla hacia un tornillo sin fin llamado husillo, que calienta la mezcla hasta convertirla en una masa elástica.

Figura 2. **Dosificadores y mezcla**



Fuente: <http://www.starlinger.com>, 10/07/2010

La masa elástica llega a la parte final del tornillo y sale por medio de un labio calibrado que produce una película de polipropileno que posteriormente pasa a pileta de agua donde se enfría y solidifica. Esta película de polipropileno pasa por un eje de cuchillas que corta la película en pequeños hilos, que llegan a un horno a más de 100 grados centígrados.

Figura 3. **Mando de control y horno**



Fuente: <http://www.starlinger.com>, 10/07/2010

Los hilos al salir del horno llegan a un banco de 3 rodillos calientes y 2 rodillos fríos que dan el estiramiento final al hilo y este finalmente se lleva a embobinadoras, que producen bobinas con rafia de polipropileno.

Figura 4. **Banco de rodillos y embobinadoras**



Fuente: <http://www.starlinger.com>, 10/07/2010

1.7.2.1.1. Maquinaria utilizada en el proceso de extrusión

Básicamente la maquinaria y equipo utilizado en la extrusión de películas de plástico de polipropileno es una monoextrusora y embodinadores de hilo rafia. A continuación se menciona de una forma superficial sin profundizar en la descripción de cada parte o bien uso, ya que se pretende lograr, es solo formar una idea del proceso de extrusión, pero que este no sea la base del estudio.

Las instalaciones de fabricación de tecnología de punta eliminan las conjeturas, permitiendo producir confiada y consistentemente las últimas generaciones de compuestos de resinas plásticas para los productos más durables y efectivos en costo en el mercado.

Figura 5. Maquinaria del proceso de extrusión



Fuente: <http://www.starlinger.com>, 10/07/2010

1.7.2.1.2. Materiales utilizados en el proceso de extrusión

En el proceso de extrusión se utiliza resina, carbonato, masterbatch y algunos aditivos especiales.

1.7.2.1.2.1. Resina de polipropileno

Las resinas de polipropileno presentan características que permiten procesarlas fácilmente y obtener un buen balance de propiedades en la pieza final. Entre las características más relevantes de esta resina se pueden mencionar:

- Versatilidad, excelente procesabilidad
- Baja densidad (0.9 g/cm^3)
- Excelente balance de tenacidad, rigidez y dureza
- Alta resistencia a la deformación por calor
- Sobresaliente resistencia química y al agrietamiento por esfuerzos bajo la acción de agentes tensoactivos (ESCR)
- Excelente resistencia a la fatiga en flexión
- Baja absorción de agua y permeabilidad al vapor
- Buenas propiedades dieléctricas

Índice de fluidez

El índice de fluidez (IF) es una medida de la capacidad de flujo de la resina bajo condiciones controladas y se puede medir fácilmente con un equipo denominado plastómetro, utilizando velocidades de deformación muy bajas, una temperatura de $230 \text{ }^\circ\text{C}$ y un peso de 2.16 Kg , de acuerdo a la Norma ASTM D 1238.

Distribución de Pesos Moleculares

La distribución de pesos moleculares (DPM) es una medida de la proporción en número (o en peso) de moléculas de diferentes pesos moleculares que componen una muestra de resina polimérica. En otras palabras, la DPM indica la variación en el tamaño de las cadenas moleculares. Si las moléculas presentan longitudes de cadena diferentes, la distribución es amplia. En el caso de longitudes de cadena similares, la distribución es estrecha. Este último caso es típico del polipropileno obtenido vía reología controlada.

1.7.2.1.2.2. Carbonato

El carbonato de calcio es un compuesto químico, de fórmula CaCO_3 . Es una sustancia muy abundante en la naturaleza, formando rocas, como componente principal, en todas partes del mundo y es el principal componente de conchas y esqueletos de muchos organismos (p.ej. moluscos, corales) o de las cáscaras de huevo. Es la causa principal del agua dura. En medicina se utiliza habitualmente como suplemento de calcio, como antiácido y agente adsorbente. Es fundamental en la producción de vidrio y cemento, entre otros productos.

Es el componente principal de los siguientes minerales y rocas:

- Calcita
- Aragonito
- Caliza
- Travertino
- Mármol

1.7.2.1.2.3. Pigmento

Pigmento es un ingrediente de las pinturas que incluido en ellas dará alguna(s) de las siguientes características:- dará color.- producirá efectos especiales (p.ej. brillo).- borraré colores aplicados previamente.- mejorará la resistencia de la capa de pintura, mejorará adhesión de la capa de pintura, mejorará duración y resistencia a la intemperie de la capa de pintura, aumentará la protección contra la corrosión, reducción de brillo en los casos en que sea necesario, modificaré las propiedades de flujo y aplicación.

Propiedades

- Índice de refracción

Si los pigmentos de una pintura refractan la luz de diferente manera que los formadores de película de dicha pintura colorearán la pintura.

- Forma de las partículas

Las partículas pueden ser de forma casi esférica, cúbicas, nodulares, aciculares o laminares. Dado que la forma de las partículas afecta al agrupamiento del pigmento, afecta también a su poder de cobertura.

Las partículas en forma de varilla (aciculares) pueden reforzar las películas de pintura a modo de armazón o pueden tender a penetrar en la superficie reduciendo el brillo.

- **Peso específico**

Es el peso de una sustancia en gramos dividido por su volumen neto en mililitros. Tiene importancia porque los fabricantes de pinturas compran los pigmentos por kilos, y luego las venden por litros. Un pigmento caro por kilo puede resultar económico si su peso específico es bajo. Los pigmentos de refuerzo, además de baratos tienen pesos específicos bajos: por esta razón se emplean para aumentar el volumen de los pigmentos, cuando el poder de cubrición del pigmento coloreado es lo bastante bueno a concentraciones bajas.- Reactividad química dependiendo de la aplicación necesitaremos un pigmento poco o bastante reactivos (pigmentos anticorrosivos).- Estabilidad térmica La temperatura a la que los pigmentos se alteran o descomponen puede ser muy importante si la pintura va a estar sometida a altas temperaturas.

- **Tipos de pigmentos**

Naturales o sintéticos: frecuentemente existe un pigmento sintético equivalente al natural. Las diferencias surgen porque los pigmentos naturales presentan una forma cristalina que en el caso de los sintéticos puede ser manipulada, los pigmentos naturales pueden presentar impurezas mientras que los sintéticos son muy puros, el molido produce una amplia gama de tamaños mientras que un pigmento producido por precipitación en condiciones controladas tendrá un tamaño de partículas más uniforme.

Orgánicos o inorgánicos: Actualmente existen más variedades orgánicas que inorgánicas, si bien los más nuevos contienen ambos. La carencia de sangrado, resistencia a la luz, estabilidad térmica, acción anticorrosiva, absorción UV y efectos antirreflectantes serán los principales puntos a favor.

1.7.2.1.2.4. Aditivos

El polipropileno, debido a su naturaleza química, es susceptible a la degradación cuando es expuesto a elevadas temperaturas, oxígeno, luz solar y otras condiciones ambientales, las cuales pueden ocasionar cambios importantes en la estructura química, las propiedades físicas o la apariencia de la resina.

A fin de evitar la degradación termo-oxidativa del polipropileno es indispensable utilizar aditivos antioxidantes para prevenir cualquier cambio en la estructura química de la resina. Asimismo, se requiere añadir estabilizadores Anti-UV a fin de prevenir la foto-oxidación en piezas que vayan a estar sometidas a la acción de la luz solar por largos períodos de tiempo.

Existen otros aditivos, que son agregados a la resina con la finalidad de alterar sus propiedades para ser utilizadas en aplicaciones específicas de acuerdo a las exigencias más importantes del mercado.

Agentes nucleantes y clarificantes, son utilizados para aumentar la rigidez del polipropileno, disminuir los ciclos de producción y aumentar la claridad o transparencia en piezas inyectadas.

En el caso de películas, es usual añadir agentes antiestáticos, deslizantes y antibloqueo, para evitar la atracción de polvo, la adhesión de una superficie y para facilitar el manejo en procesos posteriores a la extrusión cuando la película está embobinada.

Las resinas de polipropileno presentan un paquete de aditivos, que ha sido cuidadosamente seleccionado, con el fin de prevenir la degradación durante el proceso o bajo las condiciones de uso final.

A continuación se mencionan los tipos de resinas con sus aditivos, para ser usadas en aplicaciones específicas:

- Homopolímeros y copolímeros aleatorios con agentes antiestáticos, deslizantes y antibloqueo para la manufactura de película orientada y no orientada.
- Homopolímeros con estabilizadores de proceso para bajo arrastre de agua en la producción de rafia.
- Homopolímeros y copolímeros de alto impacto con aditivos especiales para la fabricación de envases inyectados que estén en contacto con alimentos.
- Homopolímeros con agentes nucleantes para la elaboración de envases de paredes delgadas que requieren una elevada rigidez.
- Homopolímeros y copolímeros aleatorios con agentes clarificantes para la elaboración de botellas de elevada transparencia.
- Copolímeros aleatorios con aditivos de baja migración para la elaboración de botellas de uso médico (soluciones orales intravenosas, de irrigación y otras).
- Copolímeros en bloque con aditivos para evitar envejecimiento a largo plazo (uso automotriz).

1.7.2.2. Proceso de telares de polipropileno

Las bobinas de hilo rafia producidas, se enhebran en máquinas circulares o planas llamadas telares, que tejen hilos verticales llamados “urdimbre”, con hilos horizontales llamados “trama”. Estos hilos tejidos en telares circulares pasan por un aro que define el ancho que tendrá la bobina o rollo de tela a producirse.

Figura 6. Telares de Polipropileno



Fuente: <http://www.starlinger.com>, 10/07/2010

Actualmente existen varios modelos de telares que se diferencian por producir telas con especificaciones especiales, como los telares leno, jumbo, cementeros, entre otros.

La tela después de ser tejida se embobina en rollos de que tienen un promedio de tres mil yardas.

1.7.2.2.1. Maquinaria utilizada en el Proceso de Telares

En el proceso de telares se pueden utilizar telares planos o circulares, según la aplicación:

Figura 7. Telar de Polipropileno



Fuente: <http://www.starlinger.com>, 10/07/2010

1.7.2.2.2. Materiales utilizados

El material utilizado en el proceso de telares es únicamente hilos rafia de Polipropileno, que deben estar en bobinas de tamaño definido.

1.7.2.3. Proceso de impresión de sacos de polipropileno

El proceso de impresión para sacos de polipropileno generalmente es por medio de impresoras flexográficas que pueden imprimir de forma manual (saco a saco) o de forma automática (rollo a rolo).

Las impresoras flexográficas pueden variar por velocidad, cantidad de colores que puede imprimir, medidas máximas y mínimas de cada saco, entre otras.

La flexografía fue inventada por Houleg (Francia) en el año 1905. Es una técnica de impresión en relieve, puesto que las zonas impresas de la forma están realizadas respecto de las zonas no impresas. La plancha, llamada *cliché*, es generalmente de fotopolímero (anteriormente era de hule vulcanizado) que, por ser un material muy flexible, es capaz de adaptarse a una cantidad de soportes o sustratos de impresión muy variados. La flexografía es el sistema de impresión característico, por ejemplo, del cartón ondulado y de los soportes plásticos. Es un método semejante al de un sello de imprenta.

En este sistema de impresión se utilizan tintas líquidas caracterizadas por su gran rapidez de secado. Esta gran velocidad de secado es la que permite imprimir volúmenes altos a bajos costos, comparado con otros sistemas de impresión. En cualquier caso, para soportes poco absorbentes, es necesario utilizar secadores situados en la propia impresora (por ejemplo, en el caso de papeles estucados o barnices UVI).

Las impresoras suelen ser rotativas, y la principal diferencia entre éstas y los demás sistemas de impresión es el modo en que el *cliché* recibe la tinta. Generalmente, un rodillo giratorio de caucho recoge la tinta y la transfiere por contacto a otro cilindro, llamado anilox. El anilox, por medio de unos alvéolos o

huecos de tamaño microscópico, formados generalmente por abrasión de un rayo láser en un rodillo de cerámica y con cubierta de cromo, transfiere una ligera capa de tinta regular y uniforme a la forma impresora, grabado o *cliché*. Posteriormente, el *cliché* transferirá la tinta al soporte a imprimir.

Figura 8. **Impresora flexográfica**



Fuente: <http://www.starlinger.com>, 10/07/2010

1.7.2.3.1. Maquinaria utilizada

Básicamente en este proceso se utiliza una o más impresoras flexográficas o rotativas de 4 a 8 colores.

1.7.2.3.2. Materiales utilizados

Bobinas de polipropileno tejidas o laminadas, tinta para polipropileno y planchas de hule o fotopolímero.

1.7.2.4. Proceso de corte y conversión de sacos de polipropileno

El proceso de corte se puede realizar de dos maneras, con tela impresa y con tela en blanco. Cuando se corta con tela en blanco no es necesario que lleve alguna marca de corte y se puede realizar con una medida programada. Mientras el corte con tela impresa debe llevar un sistema de marca a las orillas indicando el final del saco.

Cuando la tela sale de laminación o impresión en forma de bobina, ésta se introduce a la máquina y se procede al enhebrado para el corte y de forma automática pasa por unas fajas transportadoras que lo llevan hasta una máquina de costura la cual cose el fondo del saco.

Figura 9. **Maquinaria para corte y conversión**



Fuente: <http://www.starlinger.com>, 10/07/2010

1.7.2.4.1. Maquinaria utilizada

Para el proceso de corte se utilizan cortadoras Kon o Semikon y para la conversión de los sacos se utilizan máquinas llamadas Convertex.

1.7.2.4.2. Materiales utilizados

Bobinas de polipropileno, hilo multifilamento es utilizado para la costura del fondo del saco, en las cortadoras kon. Para los sacos convertidos se utilizan bobinas de polipropileno con saco impreso o sin impresión, bobinas para tapaderas y bobinas para válvulas.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DE LA EMPRESA

2.1. Productividad en el proceso de extrusión

El proceso de extrusión es un proceso continuo y constituye la primera etapa para la elaboración de rollos de polipropileno en donde el polímero se alimenta y funde por la acción de presión y temperatura, forzándose a pasar a través de una boquilla o labio la cual le proporciona la forma final de película.

Su principal función es la de transformar la materia prima (polipropileno) en rollos.

Este proceso se realiza por medio de una máquina extrusora, cuyo mecanismo de moldeo se halla integrado en forma correcta para su normal funcionamiento.

Para el proceso de extrusión, la empresa cuenta con varias máquinas extrusoras y tomaremos como ejemplo tres. Cada una con características y tareas específicas que sustentan la producción y la variedad de bobinas de rafia; las mismas poseen varias zonas de calentamiento con sus respectivas temperaturas que varían entre los 140– 200°C.

La extrusora N° 1, especializada en extruir hilos de polipropileno con bajo peso o *dennier*, permite la elaboración de productos con medidas reducidas y posee un rendimiento de 30 Kg/Hr que es menor al rendimiento de la extrusora 2. Ya no cuenta con el acoplamiento para irradiación de rayos ultra violeta por lo que se procesa material transparente o pigmentado que no incluya la etapa de impresión.

La extrusora N° 2, especializada en extruir hilos de polipropileno con alto y bajo peso o *dennier*, es la máquina más completa y productiva de la planta ya que su rendimiento oscila entre 150 y 160 Kg/Hr. Comparada con la extrusora N° 1, la ventaja destacable de la máquina es la posibilidad de trabajar cualquier tipo de hilo.

La extrusora N° 3, es empleada exclusivamente para extruir hilos de polipropileno exclusivamente para coneras, los cuales pueden ser con peso alto o bajo, pero el tamaño de cada bobina implica diferentes tiempos de calibración, y su rendimiento es de 30 Kg/Hr.

La productividad de cada máquina extrusora, se detalla en la siguiente tabla:

Tabla IV. Rendimiento actual de las máquinas extrusoras

RENDIMIENTO MÁQUINAS EXTRUSORAS	
No. MÁQUINA	Producción (Kilogramos / Hora - Máquina)
1	30
2	150-160
3	30

Fuente: elaboración propia, 10/07/2011

Es importante señalar que el tiempo que la máquina extrusora se demora en extruir varía dependiendo del material que emplea en el proceso.

Dependiendo de las características que requiera el producto final, los materiales que se obtendrán de las extrusoras serán: bobinas de hilo rafia o bobinas de polipropileno que pasarán a la siguiente etapa correspondiente a su proceso productivo, dependiendo del requerimiento del producto.

2.2. Problemática encontrada

Es claro que existen principalmente dos grandes problemas a solucionar. Uno es prevenir la encapsulación en el canal de distribución y el otro está asociado con el reordenamiento del perfil de velocidad a la salida del labio.

El tema del perfil de velocidad puede ser solucionado si se encuentra un material de PP con una curva de viscosidad idéntica o muy similar a la del PETG.

Desafortunadamente, tal PP de alta viscosidad con bajo adelgazamiento en corte no pudo ser encontrado. Una alternativa entonces es encontrar un material que tenga la viscosidad más cercana a la del PETG en la región de bajas velocidades de cizalla (cerca de $10s^{-1}$ en el distribuidor) y en la región de altas velocidades de cizalla (cerca de $300s^{-1}$ en la boquilla del labio). Si un material llega a ser candidato, se puede utilizar la simulación para evaluar los perfiles de velocidad influenciados por la diferencia de viscosidades y determinar si la desviación es aceptable.

Un material de PP que estuviera lo suficientemente cerca no pudo ser encontrado. Esto, debido a que los materiales de PP generalmente son pseudo-plásticos. No obstante, una prueba con algunos materiales de PP, que son menos pseudo-plásticos, resultó en una mejor aproximación del comportamiento buscado.

2.2.1. Perfiles de velocidad

En este momento, es valioso mostrar la comparación de los tiempos empleados en los dos tipos de aproximaciones. La experimentación fue desarrollada en un período de 4 meses y no produjo ningún resultado aceptable.

Por su parte, la simulación fue realizada en seis horas y condujo a que la solución se deriva del control en la viscosidad del material, a través de temperaturas de calentamiento. La ventaja adicional de la simulación radica en la facilidad de evaluar el éxito potencial en el escalado a la geometría de la línea de producción mientras se comprenden las condiciones críticas desde la línea de laboratorio.

En este caso se muestra la utilidad de la simulación durante el desarrollo de producto y, además, permite comprender con mayor facilidad algunos problemas del proceso de extrusión. La solución del problema parece ser relativamente sencilla y directa. “Encuentre el material con una viscosidad lo suficientemente cercana”.

2.3. Herramientas utilizadas en el diagnóstico

Para realizar un diagnóstico adecuado se deben utilizar herramientas de planificación, diseño, etc.

2.3.1. Planificación y análisis de sistemas

Para alcanzar tan ambiciosas metas se planificará un programa general, que se divide en programas paso a paso, con tareas específicas, desarrolladas con pequeños grupos, de acuerdo a técnicas desarrolladas primero por la Industria Japonesa en los años 80 y luego adaptadas por la Industria Norte Americana y difundida a otros países.

Estos programas paso a paso son los siguientes:

Programa de mantenimiento autónomo: enfocado en el mejoramiento del equipo, tomándolo desde el estado de deterioro en que se encuentre, para ir mejorándolo lenta pero ininterrumpidamente, hasta dejarlo como nuevo y luego mejorado en su diseño y automatización.

El equipo se limpia lentamente para ir buscando defectos y para entrenarse en el conocimiento del equipo y de técnicas de mantenimiento. Luego viene un programa inspección planificada y corrección de la causa raíz de los daños. Sigue un programa de lubricación específica para el equipo donde la identificación visual de los puntos de lubricación y la estandarización de lubricantes es lo más importante. Siguen programas de redacción de estándares de mantenimiento. Enfoque en la calidad del mantenimiento. Programas específicos de seguridad industrial y de protección ambiental.

Se entrena al personal para que sea autosuficiente para que luego de 3 o 5 años, cada persona haga las labores de mejoramiento sin necesidad de supervisión y con amplia autonomía. Se requiere desde luego programas de auditoría de mantenimiento y de gestión.

También se requiere para adecuadamente los equipos y dedicar recursos para mejoras como, el apoyo de técnicos especialistas y entrenamiento. Pero lo más importante es el compromiso real de todos los empleados y especialmente de los directivos y dueños de la empresa.

Programa de manejo inicial del equipo: se fijarán los procedimientos escritos adecuados para la compra, puesta en marcha y operación de los equipos de la empresa, para garantizar que no se dañen en el arranque, que los encargados del equipo lo sepan operar hasta en su más mínimo detalle y les sepan dar el mantenimiento adecuado.

Programa de liderazgo: crea y entrena líderes de actividades de mantenimiento y gestión. Cada persona de la organización debe ser líder de al menos un proyecto o programa.

Programa de mantenimiento progresivo: Implementa tecnologías y conceptos de mantenimiento predictivo, de mantenimiento sistémico, de mantenimiento correctivo planeado y de mantenimiento preventivo.

Programa de organización de recursos humanos: define las políticas de perfil para contratación de empleados, capacitación y curvas salariales acordes con el desempeño y aporte de los empleados a la organización.

Algunas empresas que han adoptado mantenimiento total productivo (T.P.M), pagan el 85 % del sueldo como salario básico o según conocimiento y experiencia y el 15% según eficiencia conseguida por la empresa como conjunto. Todo el personal está atento a seguir y mejorar diariamente los índices de eficiencia porque se reflejará en su sueldo mensual.

Programa de educación y entrenamiento: de acuerdo a las necesidades detectadas en las reuniones de mantenimiento autónomo y de otros programas, los mismos empleados solicitan que capacitación requieren. No se trata de rondar inicialmente especialistas mecánicos o eléctricos o administradores, sino dar la formación práctica básica que realmente se requiera para mantener un determinado equipo o liderar con éxito un programa específico. Normalmente personas de la misma empresa dan los entrenamientos asesorados por especialistas.

Programas de calidad del mantenimiento: se enfoca en el análisis de indicadores de gestión de mantenimiento, como: ordenes de trabajo ejecutadas vs órdenes recibidas. Tiempos de paro de equipo vs horas producidas. Tiempos entre fallas. Costos de mantenimiento vs costos de producción. Horas de mantenimiento preventivo vs horas de correctivo, etc.

2.3.2. Diseño e implantación de sistemas

La implementación del mantenimiento total productivo es un proceso al que se le debe prestar la máxima atención y se debe buscar la mejor asesoría posible, pues es un programa a largo plazo de 3 a 5 años, en el que se invertirá un altísimo esfuerzo, no solo de los directivos, sino de todo el personal.

El mantenimiento total productivo se implementa normalmente cuatro fases, que pueden descomponerse en los siguientes pasos:

- Preparación
- Introducción
- Implantación
- Consolidación

2.3.2.1. Fase de preparación

Se debe elaborar una planificación extremadamente cuidadosa, tomando en cuenta hasta los más mínimos detalles, por medio de los siguientes pasos:

Paso 1: la alta gerencia debe comprender el porqué de la introducción de este sistema en su empresa y estar convencidos de su necesidad. Luego anuncia su decisión de introducir el sistema a todos los empleados.

Muchas empresas adoptan el T.P.M, para resolver complejos problemas internos y luchar contra las turbulencias económicas. Sin embargo, cuando la alta gerencia formule su compromiso, debe dejar claro su intención de seguir el programa hasta su finalización. La etapa de implementación del T.P.M. comienza con este anuncio.

Paso 2: educación introductoria para el programa. Normalmente las empresas contratan con institutos o empresas especializadas esta capacitación, puesto que por ser un programa tan amplio, requiere de una gran experiencia y de medios didácticos adecuados, lo cual no se consigue simplemente leyendo libros sobre el tema o asistiendo a una charla de un día sobre el tema.

La capacitación la recibe un grupo de directivos y empleados que a su vez divulgarán la información adquirida al resto de empleados, ayudados por la empresa contratante para que al final todos los empleados tengan un conocimiento básico, sólido y comprendan sus fundamentos y técnicas.

Paso 3: crear una organización de promoción del sistema. El mantenimiento total productivo se promueve a través de una estructura de pequeños grupos que se integran en toda la organización. En este sistema los líderes de pequeños grupos de cada nivel de la organización son miembros de pequeños grupos del siguiente nivel más elevado. También la alta dirección constituye en sí misma un pequeño grupo.

Sus funciones incluyen tareas como preparar el plan maestro del sistema y coordinar su promoción. Crear procedimientos para mantener las diversas actividades del mantenimiento total productivo por el camino previsto, dirigir campañas sobre temas específicos, diseminar información, organizar la publicidad y coordinar el entrenamiento.

Algunas empresas inicialmente no requieren personal dedicado tiempo completo como una oficina del sistema sino que se dedica medio tiempo a un ingeniero o coordinador de mantenimiento a este programa y en cambio se contrata asesoría externa permanente para ésta labor.

Paso 4: establecer políticas y objetivos básicos del mantenimiento total preventivo. Las políticas y objetivos de T.P.M. deben establecerse de acuerdo a la visión y la misión de la empresa, así como la planificación estratégica del negocio.

Hay que fijar objetivos numéricos en el máximo grado posible. Los objetivos deben ser desafiantes, pero alcanzables a mediano y largo plazo. Se deberán definir objetivos concretos, metas y estrategias medibles para cada uno de los 10 pilares o programas de T.P.M.

Cada empresa fija sus propios objetivos, pero es deseable que se solicite la asesoría de institutos o empresas externas especialistas en T.P.M, para que los revise aconseje para evitar pérdidas de tiempo o incorrectas orientaciones.

Para diseñar un plan maestro de implementación de T.P .M. primero hay que decidir las actividades a poner en práctica para lograr los objetivos.

Se deberán definir tareas específicas para cada objetivo de los 10 pilares de T.P.M. Planear las actividades como un todo, para que no haya duplicación de funciones o de tareas y para que se aproveche al máximo las actividades y reuniones de cada grupo.

Una vez diseñado el plan maestro de T.P.M. es aconsejable que sea revisado por Institutos o empresas externas especialistas en T.P.M. si es que ellas no han intervenido directamente como asesores en su diseño.

Debe tenerse en cuenta que las actividades necesitan presupuestos y orientaciones claras y que deben supervisarse apropiadamente al menos en su fase inicial.

2.3.2.2. Fase de introducción

La fase de introducción es el saque inicial del proyecto T.P.M. Se hace el lanzamiento oficial del proyecto empresarial de T.P.M. y normalmente se oficializa en una reunión a la que se invitan a clientes y proveedores externos. En dicha reunión de carácter social, la dirección confirma su compromiso de implementar el T.P.M. y se informan los planes desarrollados y el trabajo realizado en la etapa de preparación.

De esta forma, la dirección queda comprometida al apoyo del programa T.P.M. hasta sus últimas consecuencias.

Se implementan todos los programas y actividades conducentes a maximizar la eficiencia de producción. Esta fase puede tomar de 3 a 5 años.

Se implementan y desarrollan entre otros, los siguientes programas:

Entrenamiento y capacitación que requiera el personal en mantenimiento, operación de equipos, aspectos administrativos, comunicación eficaz, solución de problemas, etc.

Se implementa paso a paso cada una de las etapas del programa de mantenimiento autónomo, enfocado en la mejora continua de los equipos, empezando con limpieza para inspección y la práctica en una máquina modelo.

2.3.2.3. Fase de consolidación

Se afinan detalles y se consideran objetivos cada vez más elevados, como mejora en el diseño del equipo. Se incorporan las Tecnologías de Punta que sean las apropiadas en ese momento. Se introducen fases adicionales con objeto de ganar un premio Internacional en Implementación de T.P.M. para crear una cultura de sana competencia Internacional.

2.3.3. Estrategia de producción

Programa de mejoramiento de producción: enfocado a eliminar las 16 grandes pérdidas identificadas en el proceso de producción: faltas frecuentes del equipo, pérdidas en ajustes y puesta a punto, pérdidas en tiempo por cambio de dispositivos, pérdidas en arranque inicial, paradas menores, pérdidas por reducción de velocidad de las máquinas, efectos y retrabajos, tiempos perdidos en despeje de líneas, pérdidas por mal manejo administrativo, pérdidas por tiempos y movimientos, pérdidas por distribución de personal, pérdidas logísticas en compras, pérdidas en ajustes, defectos de calidad, pérdidas por uso inadecuado de energía y otros servicios, pérdidas por uso de herramientas y dispositivos inadecuados. Habrá un grupo interdisciplinario compuesto por personal administrativo, encargado del análisis y solución de estos problemas a través de técnicas y gráficas de control, seguimiento y definición de metas.

2.3.4. Integración de sistemas de manufactura

La manufactura integrada es uno de tantos conceptos avanzados que abarcan tecnologías modernas de manufactura, así como otros conceptos como justo a tiempo, calidad total, teoría de restricciones, etc. Lo realmente

importante no es dar una definición al concepto, sino entender que se trata de una forma de trabajo en la cual todas las partes que intervienen para el desarrollo de un producto están enfocadas en lograr la meta de una organización.

Sin importar cuan eficientes sean las operaciones de corte, ensamblaje y movimiento de materiales, mientras no exista una buena coordinación y planificación no existirá real eficiencia.

La tecnología CIM (manufactura integrada por computadora) mejora la administración de la manufactura por medio de los sistemas MRP II (*manufacturing resource planning*) o planeación de insumos de manufactura y más recientemente, JIT (*just in time*) o justo a tiempo.

El MRP II ha sido llamado el sistema nervioso central de la empresa manufacturera.

Contenidos en estos sistemas se encuentran los módulos de *software* que planean y organizan las operaciones de manufactura, permiten explorar mejores alternativas para la producción y los insumos, monitorean si las operaciones se ajustan al plan previo y permiten proyectar resultados -incluso financieros-. Se dice que ninguno de los sistemas actualmente instalados de CIM que tenga el MRP II lo usa a cabalidad, puesto que su capacidad de manejar información es demasiado elevada. La importancia de estos sistemas es obvia; a través de los datos ellos generan, recolectan y administran, estableciendo y manteniendo contactos con todas las locaciones y oficinas en la empresa.

La producción JIT, relacionada a la anterior, ha hecho que muchas compañías replanteen su estrategia de producción, debido a los grandes beneficios obtenidos tras su implementación. Una de las máximas del JIT es la de producir lo que y cuando se necesita, para eso reduce inventarios, particularmente inventarios de productos a medio terminar y con ello costos de inventario. Partes compradas o materias primas son mandadas directamente a la línea de producción, varias veces al día si es necesario. Esta filosofía convierte el inventario en productos tan pronto como sea posible, y así echa por tierra la filosofía de mantener un buen inventario de partes de recambio “en caso de que se ocupen”.

Sin embargo, para que este sistema tenga éxito debe existir una estrecha relación con los proveedores. Además éstos deben entregar un producto de calidad porque el JIT no permite perder tiempo en revisar las partes entrantes.

Si este sistema es bien aplicado, el JIT puede significar reducciones de hasta un 75% en el inventario y lograr así mejoras equivalentes en la calidad del producto.

2.3.4.1. Manufactura

Significa fabricar o producir objetos o mercancías manualmente o por medios mecánicos. Desde el punto de vista moderno, envuelve todas las actividades necesarias para transformar la materia prima en producto terminado, para entregar el producto al cliente y soportar el desempeño del producto en el campo. Este concepto de manufactura empieza con el concepto de la entrega del producto, incluye actividades de diseño y especificaciones y se extiende hasta la entrega y actividades de ventas, por lo tanto involucra la integración de todos los sistemas de información.

2.3.4.2. Integración

Este término debe ser visto claramente por los diferentes departamentos de la empresa sin importar la actividad que estén desempeñando, por lo tanto, la necesidad de información es básica.

Integración significa que la información requerida por cada departamento esté disponible oportunamente, exactamente en el formato requerido y sin preguntas. Los datos deben venir directamente de su origen, que incluyen a las actividades de cada una de las áreas de la empresa.

2.3.5. Gestión de cadena de abastecimiento

La administración de redes de suministro (en inglés, *Supply chain management*, SCM), también llamada cadena de abastecimiento, es el proceso de planificación, puesta en ejecución y control de las operaciones de la red de suministro con el propósito de satisfacer las necesidades del cliente con tanta eficacia como sea posible. La gerencia de la cadena de suministro atraviesa todo el movimiento y almacenaje de materias primas, el correspondiente inventario que resulta del proceso, y las mercancías acabadas desde el punto de origen al punto de consumo. La correcta administración de la cadena de suministro debe considerar todos los acontecimientos y factores posibles que puedan causar una interrupción.

Algunos expertos distinguen entre la gerencia de la red de suministro y a la gerencia de la logística, mientras que otros los consideran términos intercambiables. Desde el punto de vista de una empresa, el alcance de la primera está limitado, en lo relativo a los recursos, por los abastecedores de su proveedor, y en el lado del cliente, por los propios contratistas.

2.3.5.1. Áreas

La administración de la cadena de suministro debe tratar los siguientes problemas:

- Configuración de una red de distribución: número y localización de proveedores, instalaciones de producción, centros de distribución, almacenes y clientes.
- Estrategia de la distribución: centralizado contra descentralizado, envío directo, muelle cruzado, tire o empuje de las estrategias, logística de terceros.
- Información: integra los sistemas y los procesos a través de la cadena de suministros para compartir la información valiosa, incluyendo señales de demanda, pronósticos, inventario y transporte.
- Gerencia de inventario: cantidad y localización del inventario incluyendo las materias primas, productos en proceso y mercancías acabadas.

2.3.5.2. Actividades

La resolución de los problemas de la cadena de suministro implica a los niveles estratégicos, tácticos y operacionales de actividades.

2.3.5.2.1. Estratégico

- Optimización estratégica de la red, incluyendo el número, localización y el tamaño de almacenes, centros e instalaciones de distribución.

- Sociedad estratégica con los proveedores, distribuidores y clientes; creación de los canales de comunicación para la información y crítica; mejoras operacionales tales como muelle cruzado, envío directo, y logística de tercera persona.
- Coordinación del diseño de producto para poder integrar óptimos productos nuevos y existentes en la cadena de suministros.
- Infraestructura de las tecnologías de información con el fin de apoyar operaciones de la cadena de fuente.
- Donde, qué hacer y toma de decisiones.

2.3.5.2.2. Táctico

- Contratos de *sourcing* y otras decisiones de compra.
- Decisiones de la producción, que incluyen la contratación, la localización y la definición del proceso de planificación.
- Decisiones del inventario, que abarcan la cantidad, la localización y la calidad del inventario.
- Estrategia del transporte que compete a la frecuencia, las rutas y la contratación.
- *Benchmarking* de todas las operaciones contra competidores y la implementación de mejores prácticas a través de la empresa.

2.3.5.2.3. Operacional

- Planificación diaria de la producción y de la distribución, incluyendo todos los nodos en la cadena de suministros.
- Producción, esto es, programación para cada unidad de fabricación en la cadena de suministros (minuto a minuto).
- Planificación y pronóstico de la demanda, coordinando el pronóstico de la demanda de todos los clientes y con todos los proveedores.
- Planificación del *sourcing*, teniendo en cuenta la demanda actual del inventario y el pronóstico en la colaboración con todos los proveedores.
- Operaciones de entrada: el transporte de proveedores y del inventario de la recepción.
- Operaciones de producción: el consumo de materiales y el flujo de mercancías acabadas.
- Operaciones de salida: todas las actividades y transporte a los clientes.
- Orden de entrega, contabilidad para todos los encargos en la cadena de suministros, incluyendo todos los proveedores, instalaciones de fabricación, centros de distribución, y otros clientes.
- Seguimiento del funcionamiento de todas las actividades.

2.3.5.3. El efecto *Bullwhip* o efecto Látigo

Una nueva teoría sugiere que el problema de la gerencia de la cadena de suministros se ha centrado en el proveedor en lugar de centrarse en el consumidor. Usando la analogía de una autopista sin peaje, el teórico Carlos Daganzo, del Instituto de Estudios del Transporte en Berkeley encontró que las faltas en la cadena de suministros tienden a ser causadas por los embotellamientos en el extremo del consumidor de la misma, que causó los efectos en toda la cadena hasta el proveedor (el efecto *Bullwhip*).

La estrategia de inventario denominada “justo a tiempo” es un ejemplo de una estrategia que trata este problema de la gerencia de la cadena desde la fuente, pero no es, por supuesto, aplicable en todos los niveles de la demanda.

2.3.6. Simulación de sistemas de ingeniería

La sistematización del proceso de diseño y manufactura de artículos plásticos mediante el empleo de herramientas de computación ha facilitado enormemente la larga y tediosa fase del proceso de obtención de una pieza. Con estos programas se puede verificar aspectos relacionados con el ensamblaje y el acabado final de los mismos.

Los sistemas CAD son herramientas sofisticadas que un constructor de piezas debe usar para incrementar su productividad. Son relativamente fáciles de usar; un individuo con conocimientos básicos en polímeros, necesita sólo unos pocos meses para aprender a utilizar y aplicar estas herramientas en forma eficiente. Actualmente hay gran cantidad de programas disponibles en el mercado que brindan muchas posibilidades y ventajas tanto para el área de

diseño y manufactura como para el área de ingeniería a través de simulación computarizada de diversos procesos (Bernhardt, 1983).

El empleado para esta experiencia es el *Pro/ENGINEER*. Éste es un programa concebido para crear y modificar geometrías en el modelado de artículos que permiten simulaciones funcionales y de manufactura en diseños industriales y mecánicos. Esta herramienta posibilita la creación de prototipos virtuales en las primeras etapas del proceso de diseño, inclusive antes de haber realizado esquemas o aproximaciones físicas del artículo a elaborar.

El programa permite el diseño de piezas, la creación de ensamblajes haciendo coincidir y alinear diferentes partes del producto, elaborar planos incluyendo vistas generales, proyecciones auxiliares, detalladas, parciales, despiece y secciones transversales (*Parametric Technology Corporation, 2001*).

2.3.7. Seguridad y salud industrial

La Seguridad Industrial en Guatemala se ha ido desarrollando desde hace algunos años, pero ha sido en los últimos tiempos en donde ha alcanzado mayores niveles de desarrollo en cuanto a programas establecidos en la industria.

A nivel general, en nuestro medio no ha trascendido el desarrollo de programas que ayuden a controlar los riesgos de las actividades productivas en cualquier campo, como ha ocurrido en países del continente tales como Estados Unidos, México y en el resto de Centro y Sudamérica, tal es el caso de Costa Rica, quienes en legislación y desarrollo de esta práctica nos llevan una gran diferencia.

En el desarrollo de este tema, ha surgido la polémica sobre las normas de calidad tan de moda en nuestros tiempo, ya que la imagen de una empresa certificada en normas ISO, es altamente apreciada, lo que provoca que muchas empresas en la industria de nuestro país estén buscando establecer los procedimientos necesarios para implementarlas.

Sobre la implementación de la calidad para programas de Seguridad industrial existe una gran polémica, debido a que la norma OSHAS 18001 o ISO 18000 que contienen directrices de la OIT, no han sido aprobadas para su aplicación y posterior certificación en cuanto a su gestión. Unos no coinciden en cuanto a la imposición generalizada de una especificación técnica sobre la gestión de la seguridad y salud ocupacional con carácter de reconocido prestigio internacional y por la posibilidad de certificación por otra parte. En el mercado para la gestión de otras normas de calidad quedó resuelto el conflicto al otorgar sellos que les garantiza la gestión. Además de no estar de acuerdo en certificar y garantizar la seguridad y la salud de los empleados como si fuese la excelencia de un producto.

Otros argumentos que tienen los detractores de la aplicación de las normas OSHAS 18001, son la poca flexibilidad que ofrecen y la diferencia en la legislación de cada país lo que provoca limitantes según ellos hasta en tratados de libre comercio, por estas diferencias.

Por otro lado es obvio que la implementación generalizada de una norma de estas características facilita la prevención de riesgos laborales en las empresas que operan en distintos ámbitos geográficos del mundo, entre distintas empresas implicadas entre sí en cuestiones de trabajo y la integración del sistema de prevención de riesgos laborales con los ya certificados o implantados de calidad ISO 9001 y medio ambiente ISO 14001.

Respecto a la integración, conviene recordar que con una sola norma de sistemas internos para la prevención y medio ambiente, se lograría reducir costos en las empresas.

Lógicamente, tanto quienes están a favor de la norma ISO 18000, como quienes están en contra coinciden que en primer lugar y en cualquier caso, es importante y necesario cumplir la extensa legislación aplicable, aunque⁶ argumentan que en muchos casos, como sucede en la Unión Europea, la legislación de riesgos laborales supone de hecho la exigencia de implementar un sistema de gestión al respecto por lo que no consideran necesario implementar una norma y mucho menos certificarla.

Si se considerara el aplicar dichas normas se tendrían que considerar algunos puntos para hacer el esfuerzo en el avance de lo que es la seguridad y salud, algunas preguntas importantes podrían ser:

- ¿Posee la organización procedimientos, prácticas, métodos o políticas documentadas para cada área, actividad o sector (en las premisas)?
- ¿Se auditan las áreas y se evalúa el desempeño?

Como ayuda de estas preguntas y en el avance en materia de seguridad y salud, se debe considerar (Código de Trabajo; 2005):

- La participación del liderato de la organización
- Identificar y definir expectativas
- Identificación de objetivos y tomar acción
- Comunicación
- Participación

⁶ Bulltek Ltd, Esquema para Seguridad y Salud, [www. Bulltek.com](http://www.Bulltek.com)

- Definir responsabilidad
- Efectividad de prácticas y métodos
- Investigación y análisis (acción correctiva)
- Capacitación y formación
- Planificación contemplando seguridad y salud.

Estos puntos anteriores conducen a esquemas nacionales asistiendo en la implementación y avance de sistemas para reducir riesgos, mediante seguridad y salud, considerando como mínimo:

- La participación por parte de los diversos niveles de infraestructura en la organización
- Análisis de áreas, actividades y procesos
- Análisis de historial de accidentes y situaciones
- Control para prevención de errores
- Respuesta ante emergencias
- Capacitación y formación

Desarrollando un esquema de calificación en qué tan efectiva es su organización en cada uno de estos aspectos. Cada empresa puede conocer la situación en la que se catalogue y lanzarse a la búsqueda de la mejora en la seguridad y salud.

Además, se conocen algunos factores y causas que bajo análisis como el anterior han surgido como factores y causas de riesgo en las distintas organizaciones, estos son los siguientes (gestión de prevención de riesgos):

- El 33% premisas y equipo⁷
- El 22% falta de reconocimiento del riesgo

⁷ Riesgos en Seguridad y Salud, [www. Bulltek.com](http://www.Bulltek.com)

- El 17% desacuerdos en prácticas de seguridad
- El 9% cultura empresarial
- El 7% por razón de preferencia, personal
- El 12% otros variados⁸

Estos datos contribuyen a establecer en parte la situación en la que se encuentra cada empresa, pero se ha tenido la creencia que el punto relacionado a la preferencia personal, es la causa de la mayor cantidad de accidentes ocupacionales, pero se deja a un lado el factor de capacitación sobre los riesgos y las medidas para evitarlos que se le deben dar a ese personal para que dicho factor se reduzca, ya que muchas veces es por desconocimiento de las reglas o normas de la empresa por parte de su personal es que suceden este tipo de actos inseguros.

2.3.8. Definición de productividad

La productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema. En realidad la productividad debe ser definida como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de producto utilizado con la cantidad de producción obtenida⁹.

⁸ Comparación de OHSAS 18001 con ISO 14001, www.estrucplan.com.ar

⁹ Fernando Casanova Formación profesional, productividad y trabajo decente (<http://www.cinterfor.org.uy/public/spanish/región/ampro/cinterfor/publ/boletín/153/pdf/casanov.pdf>) Boletín n°153 Cinterfor Montevideo 2002 [11-2-2008]

En el ámbito de desarrollo profesional se le llama productividad (P) al índice económico que relaciona la producción con los recursos empleados para obtener dicha producción, expresado matemáticamente como: $P = \text{producción/recursos}$.

Una mayor productividad utilizando los mismos recursos o produciendo los mismos bienes o servicios resulta en una mayor rentabilidad para la empresa. Por ello, el sistema de gestión de la calidad de la empresa trata de aumentar la productividad.

La productividad va relacionada con la mejora continua del sistema de gestión de la calidad y gracias a este sistema de gestión se puede prevenir los defectos de calidad del producto y así mejorar los estándares de calidad de la empresa sin que lleguen al usuario final. La productividad va en relación a los estándares de producción. Si se mejoran estos estándares, entonces hay un ahorro de recursos que se reflejan en el aumento de la utilidad.

2.3.9. Medición actual de la productividad

La productividad en el proceso se calcula de la siguiente manera:

Tabla V. **Productividad en el proceso de polipropileno**

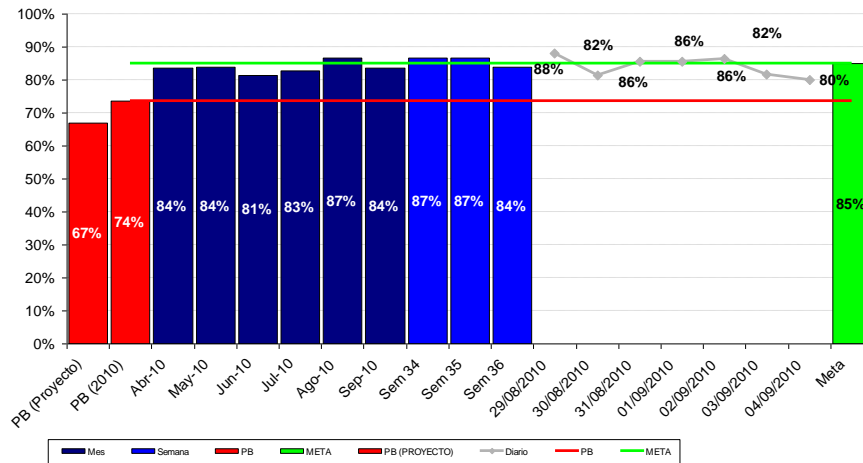
Descripción	Este indicador muestra el rendimiento que tiene cada una de las máquinas en cada una de las áreas de proceso o líneas de producción. Se hace relación del aprovechamiento del tiempo, de la velocidad y de la calidad. El producto del porcentaje de las tres variables, indica la eficiencia que es el TVC.
Objetivo del indicador	Mostrar la productividad de las máquinas.
Responsable	Gerente de producción
Frecuencia de publicación	Diario
Distribución	Gerente de ventas, jefes de producción y supervisores de producción.
Método de cálculo	Calcular el tiempo disponible de las máquinas, este se calcula con la siguiente fórmula: TD=(tiempo programado - tiempo paro)/tiempo programado. Tiempo programado, se calcula con la siguiente fórmula: Tiempo programado = Tiempo total - paros programados Calcular la velocidad de las máquinas, este se calcula con la siguiente fórmula: V= cantidad envasada / cantidad teórica La cantidad teórica se calcula con la siguiente fórmula: Cantidad teórica = (Tiempo programado)*(estándar equivalente) Calcular la calidad de las máquinas, este se calcula con la siguiente fórmula: C= (cantidad producida de primera) / (cantidad producida total)
Fuente de información	Reportes de producción.

Fuente: elaboración propia, 10/07/2010

2.3.10. Situación actual de la productividad

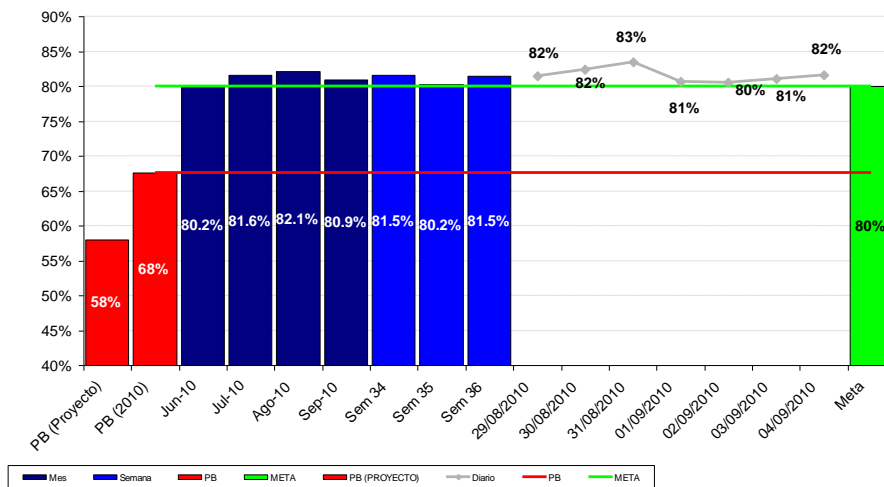
La productividad se mide por proceso como se muestra en las siguientes figuras:

Figura 10. TVC de extrusión de polipropileno



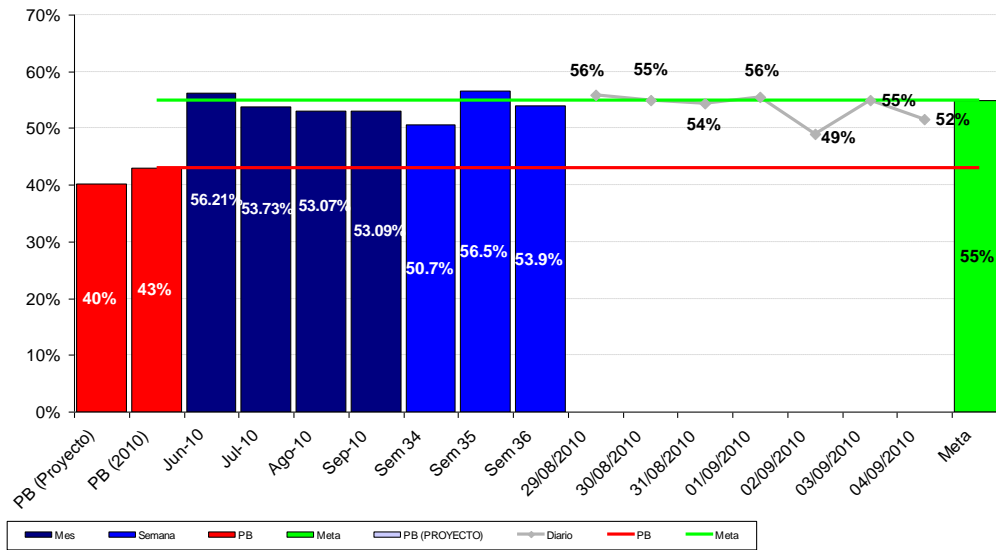
Fuente: elaboración propia, 10/07/2010

Figura 11. TVC de telares de polipropileno



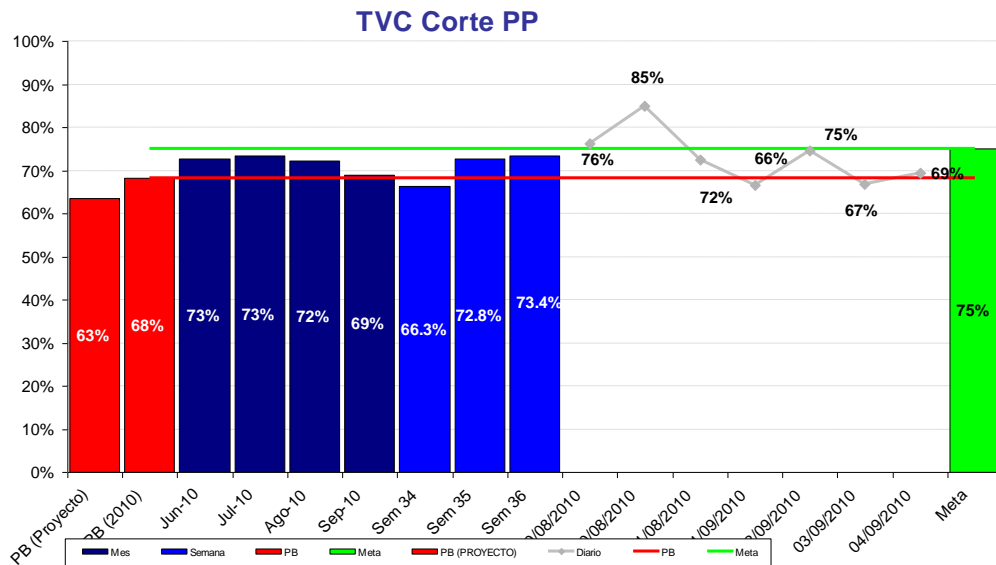
Fuente: elaboración propia, 10/07/2010

Figura 12. TVC de impresión de polipropileno



Fuente: elaboración propia, 10/07/2010

Figura 13. TVC de corte de polipropileno



Fuente: elaboración propia, 10/07/2010

2.3.11. Factores internos y externos que afectan la productividad

a. Fortalezas:

- Contar con el respaldo de las empresas que pertenecen a la corporación.
- Contar con tecnología de punta para el producto líder
- Contar con el reconocimiento como líderes en el mercado, en la elaboración de productos de polipropileno
- Certificación del Sistema de Gestión De Calidad ISO 9001:2000
- Constante innovación
- Capacidad instalada en diferentes mercados de Centro América
- Mejor poder de negociación con proveedores, debido a volúmenes de compra (Mp, Ee, etc.)
- Mano de obra calificada
- Mercado cautivo por ínter empresas
- Expansión en producción en Centro América y México
- Incremento de ventas en Centroamérica, México y el Caribe
- Buena imagen, lograda por calidad y servicio con los clientes
- Actualizar

b. Debilidades

- Falta de planificación para entrega de pedidos
- Crecientes costos corporativos
- Baja capacidad instalada en algunas unidades de producción (PE)

- Maquinaria de tecnología no actualizada. (otras unidades de negocios como PE, HI, YT,)
- Ser proveedores de un solo cliente en el negocio Pet
- Falta de voluntad política para recuperación del IVA
- Flexibilidad en entregas

c. Oportunidades

- Expansión de mercados debido a producto innovador, contamos con la licencia Ad-Star, en forma exclusividad hasta el 2008.
- Oportunidad de crecimiento en los mercados norteamericano, Centroamericano y El Caribe.
- Tratado de libre comercio (TLC).
- Integración vertical para unidad de negocios Pet.

d. Amenazas

- Ingreso de productos similares elaborados en países asiáticos
- Cambios de tecnología constante en la industria de polímeros
- Importaciones directas por parte de nuestros clientes
- Integración vertical de algunos de nuestros principales clientes
- Posible fluctuación cambiaria y/o tasas de interés
- Aumento de precios en materia prima y mano de obra

2.4. Sistema de control de calidad

El control de la calidad son todos los mecanismos, acciones, herramientas que realizamos para detectar la presencia de errores.

2.4.1. Definición de un sistema de control de calidad

La función del control de calidad existe primordialmente como una organización de servicio, para conocer las especificaciones establecidas por la ingeniería del producto y proporcionar asistencia al departamento de fabricación, para que la producción alcance estas especificaciones. Como tal, la función consiste en la colección y análisis de grandes cantidades de datos que después se presentan a diferentes departamentos para iniciar una acción correctiva adecuada.

Todo producto que no cumpla las características mínimas para decir que es correcto, será eliminado, sin poderse corregir los posibles defectos de fabricación que podrían evitar esos costos añadidos y desperdicios de material.

Para controlar la calidad de un producto se realizan inspecciones o pruebas de muestreo para verificar que las características del mismo sean óptimas.

El único inconveniente de estas pruebas es el gasto que conlleva el control de cada producto fabricado, ya que se eliminan los defectuosos, sin posibilidad de reutilizarlo.

2.4.1.1. Importancia de la calidad

La calidad de un producto se puede ver desde dos enfoques tradicionales que son:

- Perceptiva: satisfacción de las necesidades del cliente
- Funcional: cumplir con las especificaciones requeridas

La mayoría de los tratadistas manejan más esta última, ya que es más objetiva y fácil de determinar; esto permite a las empresas implementar un sistema de calidad, que no es otra cosa que una estructura organizativa de responsabilidades en los procesos. Para implementar un sistema se tiene que establecer la misión, visión y valores de la empresa, así como sus políticas de calidad. Para esto se requiere una auditoría y un estándar contra el cual auditar, como son las normas ISO 9000 o 14000 entre otras, que abordan temas tales como requisitos organizacionales, ambientales y de seguridad.

2.4.2. Herramientas básicas del control de calidad

Es necesario aplicar un conjunto de herramientas estadísticas siguiendo un procedimiento sistemático y estandarizado de solución de problemas.

Existen siete herramientas básicas que han sido ampliamente adoptadas en las actividades de mejora de la calidad y utilizadas como soporte para el análisis y solución de problemas operativos en los más distintos contextos de una organización.

Para la industria existen controles o registros que podrían llamarse “herramientas para asegurar la calidad de una fábrica”, esta son las siguientes:

- Hoja de control (Hoja de recogida de datos)
- Histograma
- Diagrama de Pareto
- Diagrama de causa efecto
- Estratificación (Análisis por Estratificación)
- Diagrama de scadter (Diagrama de Dispersión)
- Gráfica de control

La experiencia de los especialistas en la aplicación de estos instrumentos. o herramientas estadísticas señala que bien aplicadas y utilizando un método estandarizado de solución de problemas pueden ser capaces de resolver hasta el 95% de los problemas.

En la práctica estas herramientas requieren ser complementadas con otras técnicas cualitativas como son:

- La lluvia de ideas (*Brainstorming*)
- La encuesta
- La entrevista
- Diagrama de flujo
- Matriz de selección de problemas

Hay personas que se inclinan por técnicas sofisticadas y tienden a menospreciar estas siete herramientas debido a que parecen simples y fáciles, pero la realidad es que es posible resolver la mayor parte de problemas de calidad, con el uso combinado de estas herramientas en cualquier proceso de manufactura industrial. Las siete herramientas sirven para:

- Detectar problemas
- Delimitar el área problemática
- Estimar factores que probablemente provoquen el problema
- Determinar si el efecto tomado como problema es verdadero o no
- Prevenir errores debido a omisión, rapidez o descuido
- Confirmar los efectos de mejora
- Detectar desfases

2.4.2.1. Hoja de control

La hoja de control u hoja de recogida de datos, también llamada de registro, sirve para reunir y clasificar las informaciones según determinadas categorías, mediante la anotación y registro de sus frecuencias bajo la forma de datos. Una vez que se ha establecido el fenómeno que se requiere estudiar e identificadas las categorías que los caracterizan, se registran estas en una hoja, indicando la frecuencia de observación.

Lo esencial de los datos es que el propósito este claro y que los datos reflejen la verdad. Estas hojas de recopilación tienen muchas funciones, pero la principal es hacer fácil la recopilación de datos y realizarla de forma que puedan ser usadas fácilmente y analizarlos automáticamente.

De modo general las hojas de recogida de datos tienen las siguientes funciones:

- De distribución de variaciones de variables de los artículos producidos (peso, volumen, longitud, talla, clase, calidad, etc.)
- De clasificación de artículos defectuosos
- De localización de defectos en las piezas
- De causas de los defectos

- De verificación de chequeo o tareas de mantenimiento

Una vez que se ha fijado las razones para recopilar los datos, es importante que se analice las siguientes cuestiones:

- La información es cualitativa o cuantitativa
- Como se recogerán los datos y en qué tipo de documento se hará
- Cómo se utiliza la información recopilada
- Cómo se analizará
- Quién se encargará de la recogida de datos
- Con qué frecuencia se va a analizar
- Dónde se va a efectuar

Las hojas de control son una herramienta manual, en la que clasifican datos a través de marcas sobre la lectura realizadas en lugar de escribirlas. Para estos propósitos son utilizados algunos formatos impresos, los objetivos más importantes de la hoja de control son:

- Investigar procesos de distribución
- Artículos defectuosos
- Localización de defectos
- Causas de efectos

Una secuencia de pasos útiles para aplicar esta hoja en un Taller es la siguiente:

- Identificar el elemento de seguimiento
- Definir el alcance de los datos a recoger
- Fijar la periodicidad de los datos a recolectar
- Diseñar el formato de la hoja de recogida de datos, de acuerdo con la cantidad de información a recoger, dejando un espacio para totalizar los

datos, que permita conocer: las fechas de inicio y término, las probables interrupciones, la persona que recoge la información, fuente, etc.

2.4.2.2. Histogramas

Es básicamente la presentación de una serie de medidas clasificadas y ordenadas.

Es necesario colocar las medidas de manera que formen filas y columnas, en este caso se coloca las medidas en cinco filas y cinco columnas. La manera más sencilla es determinar y señalar el número máximo y mínimo por cada columna y posteriormente agregar dos columnas en donde se colocan los números máximos y mínimos por fila de los ya señalados. Se toma el valor máximo de la columna X+ (medidas máximas) y el valor mínimo de las columnas X- (medidas mínimas) y tendremos el valor máximo y el valor mínimo.

Teniendo los valores máximos y mínimos, se puede determinar el rango de la serie de medidas. El rango no es más que la diferencia entre los valores máximos y mínimos.

Rango = valor máximo – valor mínimo

Ejemplo:

Rango = 3,67 – 3,39 milímetros

Rango= 0,28 N=número de medidas que conforman la serie N=25

Es necesario determinar el número de clases para poder así tener el intervalo de cada clase. Ejemplo:

$28 = 4,6$ número de clase 6

Intervalo de cada clase 4,6 (Fuente: www.estadisticaaplicada.com.gt)

El intervalo de cada clase lo aproxima a 5 o sea que vamos a tener 6 clases y un intervalo de 5 por clase.

La marca de clase es el valor comprendido de cada clase y se determina así:

$X = \text{marca de clase} = \text{límite máximo} + \text{límite mínimo}$

Con la tabla ya preparada se identifican los datos de medida que se tiene y se introducen en la tabla en la clase que le corresponde a una clase determinada.

El histograma se usa para:

- Obtener una comunicación clara y efectiva de la variabilidad del sistema
- Mostrar el resultado de un cambio en el sistema
- Identificar anomalías examinando la forma
- Comparar la variabilidad con los límites de especificación

Procedimientos de elaboración:

- Reunir datos para localizar por lo menos 50 puntos de referencia
- Calcular la variación de los puntos de referencia, restando el dato del mínimo valor del dato de máximo valor
- Calcular el número de barras que se usaran en el histograma (un método consiste en extraer la raíz cuadrada del número de puntos de referencia)

- Determinar el ancho de cada barra, dividiendo la variación entre el número de barras por dibujar
- Calcule el intervalo o sea la localización sobre el eje X de las dos líneas verticales que sirven de fronteras para cada barrera
- Construya una tabla de frecuencias que organice los puntos de referencia desde el más bajo hasta el más alto, de acuerdo con las fronteras establecidas por cada barra
- Elabore el histograma respectivo

2.4.2.3. Diagrama de Pareto

Es una herramienta que se utiliza para priorizar los problemas o las causas que los genera.

El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Juran en honor del economista italiano Vilfredo Pareto (1848-1923) quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. El Dr. Juran aplicó este concepto a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20.

Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, se puede decir que el 20% de las causas resuelven el 80 % del problema y el 80 % de las causas solo resuelven el 20 % del problema.

Esta basada en el conocido principio de Pareto, esta es una herramienta que es posible identificar lo poco vital dentro de lo mucho que podría ser trivial.

Procedimientos para elaborar el diagrama de Pareto:

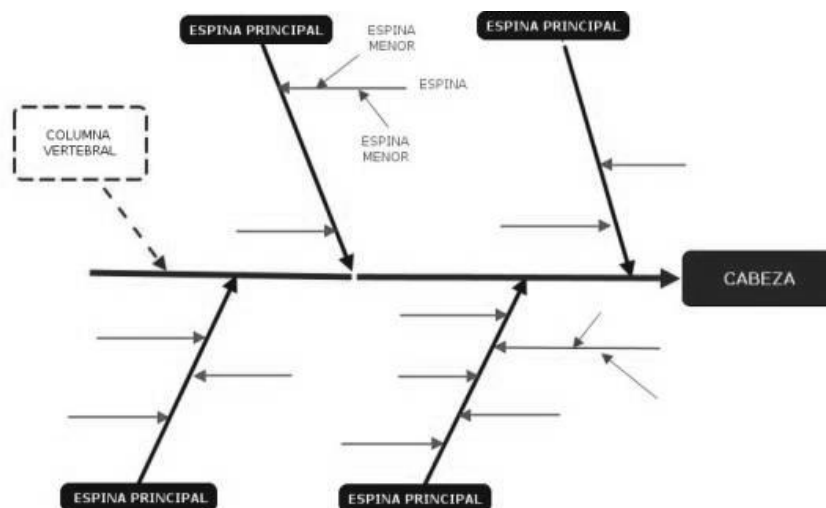
- Decidir el problema a analizar
- Diseñar una tabla para conteo o verificación de datos, en el que se registren los totales
- Recoger los datos y efectuar el cálculo de totales
- Elaborar una tabla de datos para el diagrama de Pareto con la lista de ítems, los totales individuales, los totales acumulados, la composición porcentual y los porcentajes acumulados
- Jerarquizar los ítems por orden de cantidad llenando la tabla respectiva.
- Dibujar dos ejes verticales y un eje horizontal
- Construya un gráfico de barras en base a las cantidades y porcentajes de cada ítem
- Dibuje la curva acumulada. Para lo cual se marcan los valores acumulados en la parte superior, al lado derecho de los intervalos de cada ítem, y finalmente una los puntos con una línea continua
- Escribir cualquier información necesaria sobre el diagrama

Para determinar las causas de mayor incidencia en un problema se traza una línea horizontal a partir del eje vertical derecho, desde el punto donde se indica el 80% hasta su intersección con la curva acumulada. De ese punto trazar una línea vertical hacia el eje horizontal. Los ítems comprendidos entre esta línea vertical y el eje izquierdo constituyen las causas cuya eliminación resuelve el 80 % del problema.

2.4.2.4. Diagrama de causa efecto

Sirve para solventar problemas de calidad y actualmente es ampliamente utilizado alrededor de todo el mundo.

Figura 14. Diagrama causa – efecto



Fuente: “Estudio del trabajo, ingeniería de métodos, Mcgraw Hill, P.157, 02/03/2010

2.4.2.5. La estratificación

Es lo que clasifica la información recopilada sobre una característica de calidad. Toda la información debe ser estratificada de acuerdo a operadores individuales en máquinas específicas, con el objeto de asegurarse los factores asumidos.

Usted observará que después de algún tiempo las piedras, arena, lodo y agua puede separarse, en otras palabras, lo que ha sucedido es una estratificación de los materiales, este principio se utiliza en una empresa manufacturera. Los criterios efectivos para la estratificación son:

- Tipo de defecto
- Causa y efecto
- Localización del efecto
- Material, producto, fecha de producción, grupo de trabajo, operador, individual, proveedor, lote, etc.

2.4.2.6. Diagrama de dispersión

Es el estudio de dos variables, tales como la velocidad del piñón y las dimensiones de una parte o la concentración y la gravedad específica, a esto se le llama diagrama de dispersión. Estas dos variables se pueden describir así:

- Una característica de calidad y un factor que la afecta,
- dos características de calidad relacionadas, o
- dos factores relacionados con una sola característica de calidad.

Para comprender la relación entre estas, es importante, hacer un diagrama de dispersión y comprender la relación global.

Tabla VI. **Cuadro de los datos de presión del aire de soplado y porcentaje de defectos de tanque plástico**

Fecha	Presión de aire	Porcentaje de	Fecha	Presión de aire	Porcentaje de
	(Kg/cm ²)	Defectos (%)		(Kg./cm ²)	Defectos (%)
Oct. 1	8,6	0,889	Oct. 22	8,7	0,892
2	8,9	0,884	23	8,5	0,877
3	8,8	0,874	24	9,2	0,885
4	8,8	0,891	25	8,5	0,866
5	8,4	0,874	26	8,3	0,896
8	8,7	0,886	29	8,7	0,896
9	9,2	0,911	30	9,3	0,928
10	8,6	0,912	31	8,9	0,886
11	9,2	0,895	1	8,9	0,908
12	8,7	0,896	2	8,3	0,881
15	8,4	0,894	5	8,7	0,882
16	8,2	0,864	6	8,9	0,904
17	9,2	0,922	7	8,7	0,912
18	8,7	0,909	8	9,1	0,925
19	9,4	0,905	9	8,7	0,872

Fuente: elaboración propia, 02/03/2010

2.4.2.7. Gráficas de dispersión

Se utilizan para estudiar la variación de un proceso y determinar a que obedece esta variación.

Un gráfico de control es una gráfica lineal en la que se han determinado estadísticamente un límite superior (límite de control superior) y un límite inferior (límite inferior de control) a ambos lados de la media o línea central. La línea central refleja el producto del proceso. Los límites de control proveen señales

estadísticas para que la administración actúe, indicando la separación entre la variación común y la variación especial.

Estos gráficos son muy útiles para estudiar las propiedades de los productos, los factores variables del proceso, los costos, los errores y otros datos administrativos.

Un gráfico de control muestra:

- Si un proceso está bajo control o no
- Indica resultados que requieren una explicación
- Define los límites de capacidad del sistema, los cuales previa comparación con los de especificación pueden determinar los próximos pasos en un proceso de mejora.

Este puede ser de línea quebrada o de círculo. La línea quebrada es a menudo usada para indicar cambios dinámicos. La línea quebrada es la gráfica de control que provee información del estado de un proceso y en ella se indica si el proceso se establece o no. Ejemplo de una gráfica de control, donde se comparan las medidas planteadas versus tiempo.

En ella se aclara como las medidas están relacionadas a los límites de control superior e inferior del proceso, los puntos afuera de los límites de control muestran que el proceso esta fuera de control.

Todos los controles de calidad requieren un cierto sentido de juicio y acciones propias basadas en información recopilada en el lugar de trabajo. La calidad no puede alcanzarse únicamente a través de calcular desarrollado en el escritorio, pero si a través de actividades realizadas en la planta y basadas desde luego en cálculos de escritorio.

El control de calidad o garantía de calidad se inició con la idea de hacer hincapié en la inspección.

2.4.2.8. Necesidad de la participación total

Para aplicar desde el comienzo la garantía de calidad en la etapa de desarrollo de un producto nuevo, será preciso que todas las divisiones de la empresa y todos sus empleados participen en el control de calidad.

Cuando el control de calidad sólo hace hincapié en la inspección, únicamente interviene una división, bien sea la división de inspección o la división de control de calidad y ésta se limita a verificar en la puerta de salida para impedir que salgan productos defectuosos. Sin embargo, el programa de control de calidad hace hincapié en el proceso de fabricación, la participación se hace extensiva a las líneas de ensamblaje, a los subcontratistas y a las divisiones de compras, ingeniería de productos y mercadeo. En una aplicación más avanzada del control de calidad, que viene a ser la tercera fase, todo lo anterior se toma insuficiente. La participación ya tiene que ser a escala de toda la empresa. Esto significa que quienes intervienen en planificación, diseño e investigación de nuevos productos, así como quienes están en la división de fabricación y en las divisiones de contabilidad, personal y relaciones laborales, tienen que participar sin excepción.

La garantía de calidad tiene que llegar a esta tercera fase de desarrollo, que es la aplicación de la garantía de calidad desde las primeras etapas de desarrollo de un producto. Al mismo tiempo, el control de calidad ha acogido el concepto de la participación total por parte de todas las divisiones y sus empleados. La convergencia de estas dos tendencias ha dado origen al control

de calidad en toda la empresa, la característica más importante del control de calidad japonés hoy.

En la fabricación de productos de alta calidad con garantía plena de calidad, no hay que olvidar el papel de los trabajadores. Los trabajadores son los que producen y si ellos y sus supervisores no lo hacen bien, el control de calidad no podrá progresar.

2.4.3. Parámetros de medición y control existentes

La planta de extrusión de plásticos de polipropileno al realizar su mejor esfuerzo (para no defraudar la confianza de los clientes individuales y empresas, que solicitan sus servicios) permite brindarles un producto de calidad ante sus clientes, lo cual significa que deben mantener las líneas de comunicación accesibles, tratar a todos los clientes con el respeto y cortesía que se merecen, darle seguimiento y asegurarnos de resolver cualquier duda o inquietud que el cliente tenga, con el objeto de que siempre se sienta bien atendido y satisfecho. Para lograr esto se tiene que tomar muy en serio los siguientes aspectos.

2.4.3.1. Parámetros para prestar el servicio

Las variables que afectan directamente a la calidad del producto o bien a las funciones para las cuales fue diseñado en el departamento de Investigación y Desarrollo (I&D), son aquellas en las cuales se ven afectadas en el rendimiento del producto de plástico. Por lo cual, según el análisis del “Por qué – Por qué” se sugirieron algunas de ellas, pero que para efectos del proyecto se hará una lista de todas las posibles variables, y luego se seleccionaran únicamente tres de ellas, para poder darles seguimiento en un futuro.

Las posibles variables que afectan directamente a la calidad de la producción de productos de plástico de polipropileno son:

- Resistencia
- Período de vida
- Densidad

Los rangos de las variables antes mencionadas fueron establecidos por medio de un estudio analítico efectuado con anterioridad al presente proyecto, para lo cual se tomarán como base los resultados obtenidos y se trabajarán sobre ellos. Los resultados presentados son los siguientes:

Tabla VII. **Rangos de variables**

VARIABLE	RANGO
1. Resistencia	8 a 10 lb.
2. Densidad	0,71 a 0,75 gr7cm ³
3. Período de vida	26 a 36 días de vida

Fuente: elaboración propia, 02/03/2010

Las variables seleccionadas fueron las tres mencionadas anteriormente, para lo cual se justificarán de la siguiente manera:

a. Resistencia

Según el estudio de mercado realizado con anterioridad se estableció un 3% de error sobre la media de la resistencia más común en el mercado, que se encuentra en un rango de 8 a 10 libras de resistencia como máximo.

b. Densidad

Según los requerimientos de los clientes, detectados en el estudio de mercado realizado con anterioridad, se estableció un rango específico de densidad necesaria en el producto de 0,71 a 0,75 gr/cm³, la cual se pretende elevar cuidando la calidad de los productos.

c. Período de vida

El rango de oscilación del período de vida de los productos de plástico de polipropileno se estableció que es entre 26 a 36 días de vida, que para efectos del proyecto estos serán los límites de control. El período de vida del producto es aquel tiempo en que el plástico permanece con cierta intensidad de color. Una vez este color se desvanece al medio ambiente y se decolora el producto, es cuando se dice que el período de vida caducó.

3. PROPUESTA DE SISTEMA DE GESTIÓN

3.1. Productividad

La propuesta de mejora se enfoca en el incremento en la productividad de las maquinas extrusoras y en el control de la calidad.

3.1.1. Aumento de la velocidad en extrusores

Se puede decir que la velocidad de producción debe ser proporcional al volumen de aire soplado, la posición de la burbuja debe de tener cierta distancia arriba del labio y esta distancia es regulada por el soplador.

Si la velocidad de producción es lenta el volumen de aire del soplador debe disminuirse entonces la posición de la burbuja bajará. Si por el contrario la velocidad de producción es rápida, el volumen de aire deberá ser mayor entonces la posición de la burbuja subirá

Debe también corroborarse que el aire soplado sea constante alrededor del anillo y que no existan fugas de aire en los ductos, de lo contrario el espesor de la película será desigual.

En la práctica, existe una línea de enfriamiento la cual se define como la línea o nivel donde el tubo alcanza su diámetro definitivo, es donde se da el cambio entre fluido viscoso y película sólida, debe ser horizontal y con forma de anillo alrededor del tubo.

Una línea de enfriamiento irregular puede ser causa de un enfriamiento disparejo y dará mala calidad de producción. Esta línea debe ser vigilada constantemente.

La línea de enfriamiento puede estar en distintas posiciones, esto dependerá de las dimensiones de película que se esté produciendo. Cuando se aumenta la velocidad del husillo y por lo tanto la producción, se produce un aumento de la distancia entre el labio y la línea de enfriamiento. Cuanto más aire es dirigido contra el tubo, la línea de enfriamiento baja proporcionalmente.

La altura de la línea de enfriamiento de la película soplada es de suma importancia, ésta aumentará con respecto al diámetro del tubo y puede variar entre 4 y 24 pulgadas por encima del labio, en tubos de hasta 3 pies de diámetro. Los límites recomendados se hallan entre 8 y 18 pulgadas de altura sobre el labio.

El operario no debe ajustar la altura de la línea de enfriamiento aumentando la velocidad del motor, es preferible utilizar la variación del flujo en el soplador.

3.1.2. Modificación física del sistema de conversión del motor

La velocidad de un motor asíncrono se determina mediante el número de pares de polos p del motor, la frecuencia de red f_1 y el deslizamiento del motor s . De aquí se derivan las diversas posibilidades de control de la velocidad de un motor.

$$n = (1 - s) \cdot \frac{f_1}{p}$$

En la fórmula anterior se puede ver con mayor claridad las diferentes variables que se pueden manipular para hacer que la velocidad varíe. En los párrafos posteriores se va a explicar cada uno de los métodos para variar velocidad en los motores asíncronos jaula de ardilla.

3.1.2.1. Variando la tensión

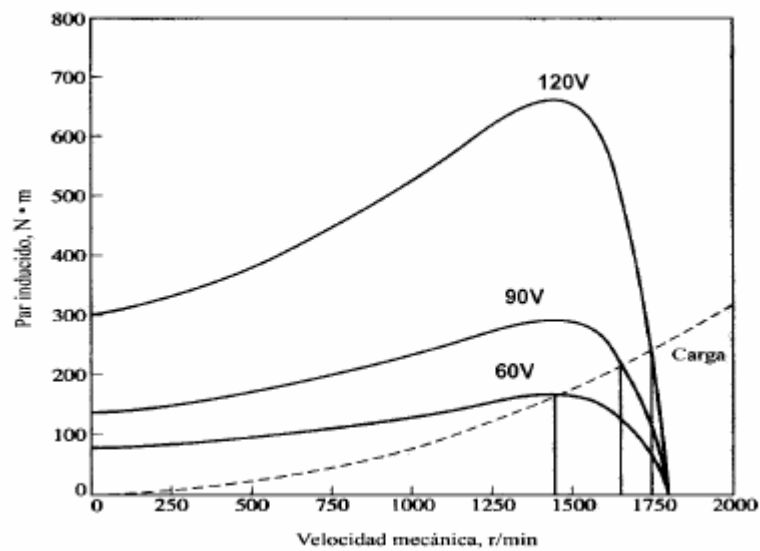
El par del motor de inducción bajo condiciones de arranque y de marcha varía con el cuadrado del voltaje aplicado al primario del estator. Para una carga determinada, reduciendo el voltaje de línea se reducirá el par con el cuadrado de la reducción del voltaje de línea, y la reducción del par producirá un incremento del deslizamiento.

Aunque reducir el voltaje de línea y el par como método de incrementar el deslizamiento servirá para controlar la velocidad hasta cierto grado en motores monofásicos de fase partida, particularmente. En motores de inducción pequeños, en general el control de la velocidad para motores polifásicos, resulta el método menos satisfactorio ya que el par máximo a la mitad del voltaje nominal es un cuarto del mismo a dicha tensión nominal. Por lo tanto, no es posible obtener el par nominal, ni siquiera la mitad del mismo, porque la velocidad del motor disminuye rápidamente y éste se para antes que pueda desarrollar el par nominal.

Entonces, para que este método funcione, es necesario que el par de carga se reduzca considerablemente a medida que se reducen el voltaje y la velocidad en el estator; por lo que funcionará de forma aceptable en un motor parcialmente cargado.

Si una carga tiene una característica par-velocidad como la mostrada en la figura 15, la velocidad del motor puede ser controlada en un rango limitado, variando el voltaje de línea. Este método de control de velocidad se utiliza a veces para manejar pequeños motores de ventilación.

Figura 15. **Control de velocidad por relación del voltaje en línea**



Fuente: www.fisica_plastica.com.ch, 03/04/2010

3.1.2.2. Variando el número de polos

Existen dos métodos importantes para cambiar el número de polos en un motor de inducción:

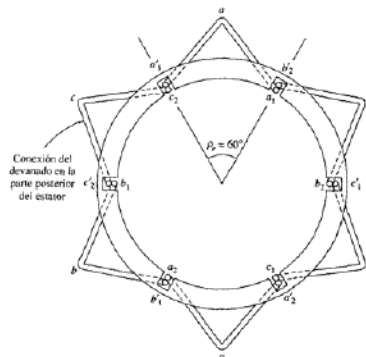
- El método de polos consecuentes
- Devanados de estator múltiples

El primer método es antiguo (1897) y se basa en el hecho de que el número de polos en los devanados estáticos de un motor de inducción se puede cambiar con facilidad en relación 2:1 con sólo efectuar simples cambios en la conexión de las bobinas. En la figura 16 se muestra el estator de un motor de dos polos adecuado para este método.

Al variar los polos, se produce un funcionamiento relativamente satisfactorio puesto se ha variado el número de polos tanto del estator como del rotor. Dichos motores polifásicos de jaula y monofásicos se denominan motores de inducción de velocidad múltiple. Estos motores poseen devanados estáticos, específicamente diseñados para la variación de polos mediante los métodos de conmutación manual y/o automática, en que los diversos devanados estáticos primarios se conectan en combinación serie paralelo.

Los motores de inducción de velocidad múltiple son asequibles en combinaciones de velocidad síncrona doblada o cuadruplicada, mediante la variación de polos.

Figura 16. **Devanado estático de dos polos para cambio de polos**



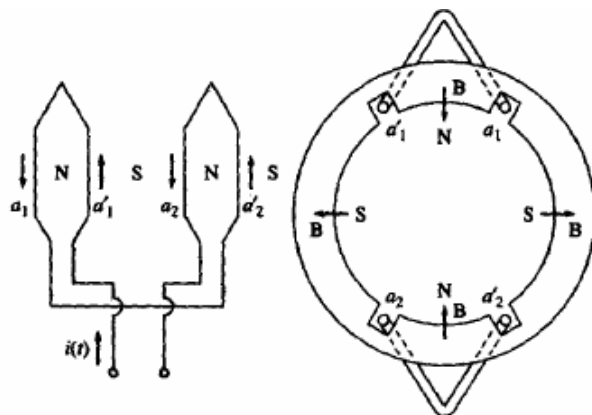
Fuente: www.fisica_plastica.com.ch, 10/03/2010

En la figura 17 se puede ver cómo en una configuración de dos polos, cuando la conexión en una de las dos bobinas se invierte, los dos son polos norte y el flujo magnético retorna al estator en puntos intermedios entre las dos bobinas. Los polos sur son llamados polos consecuentes y el devanado es ahora de cuatro polos.

Como método de control de velocidad sólo puede utilizarse para producir velocidades relativamente fijas (600, 900, 1 200 ó 1 800 r.p.m.) para un motor de inducción cuya velocidad varía sólo ligeramente (del 2 al 8%) desde vacío a plena carga. La variación polar como método de control de la velocidad presenta las siguientes ventajas:

- Elevado rendimiento a cualquier ajuste de la velocidad
- Buena regulación de la velocidad para cualquier ajuste de la misma
- Simplicidad de control en la obtención de cualquier velocidad determinada mediante la conmutación manual o automática
- Reguladores de velocidad auxiliares asociados al motor relativamente barato

Figura 17. **Devanado de 2 a 4 polos mediante polos consecuentes**



Fuente: www.fisica_plastica.com.ch, 10/03/2010

La variación polar se emplea, primordialmente, donde se desee obtener la versatilidad de dos o cuatro velocidades relativamente constantes que estén ampliamente separadas. Por ejemplo, en taladradoras para perforar materiales de diferente dureza y grosor.

Sus mayores inconvenientes son:

- Se requiere un motor especial, que posea los devanados necesarios y las terminales llevadas al exterior del estator para intercambio de polos.
- No puede conseguirse un control gradual y continuo de la velocidad.

Un inconveniente del método de polos consecuentes es que las velocidades obtenidas están en relación 2:1 y no se pueden conseguir velocidades intermedias mediante los procedimientos de conmutación. Este inconveniente queda superado mediante la utilización de dos devanados independientes, cada cual creando un campo y un número de polos total independientes. Por ejemplo, si hablamos de un motor trifásico de dos devanados, uno de ellos se bobina para cuatro polos, y el otro, para seis polos. De esta forma, el primer devanado producirá una velocidad elevada de 1 800 r.p.m., mientras que el segundo, una baja de 1 200 r.p.m.

Cuando el principio del motor de inducción de velocidad múltiple, de doble devanado, se combina con el método de conexión de polos consecuentes, se obtiene un total de cuatro velocidades síncronas (1 800, 1 200, 900 y 600 r.p.m.).

Los inconvenientes de dicho motor en comparación con el de polos subsecuentes son:

- Mayor tamaño y peso para la misma potencia de salida (puesto que sólo se emplea un devanado al mismo tiempo).

- Costo más elevado debido al mayor tamaño de la carcasa.
- Mayor reactancia de dispersión porque las ranuras necesarias para los dos devanados son más profundas.
- Regulación más pobre de la velocidad debido a la mayor reactancia de cada devanado.

3.1.2.3. Variado de la resistencia del secundario

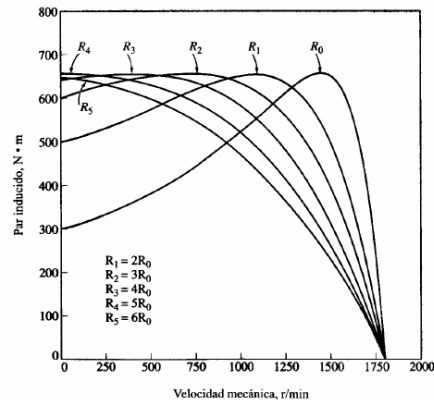
La inserción de una resistencia rotórica suplementaria produce un incremento en el deslizamiento del rotor. Este método presenta las siguientes ventajas:

- Variación de la velocidad sobre una amplia gama por debajo de la velocidad síncrona del motor.
- Simplicidad de funcionamiento, tanto desde el punto de vista manual como automático.
- Costos iniciales y de mantenimiento bajos para los reguladores manuales y automáticos.

Sin embargo, presenta los inconvenientes de:

- Bajo rendimiento, debido al aumento de las pérdidas de la resistencia del rotor (a grandes valores de deslizamiento, estas pérdidas son casi las totales, ver figura 18) .
- Pobre regulación de la velocidad.

Figura 18. **Control de velocidad mediante variación de la resistencia del rotor**



Fuente: www.fisica_plastica.com.ch, 10/03/2010

El motor de inducción de rotor bobinado se emplea mucho con control de la resistencia secundaria para cargas de naturaleza intermitente, requiriendo par de arranque elevado y aceleración y desaceleración relativamente rápidas, tales como: grúas de fundiciones, siderúrgicas y donde una elevada corriente de arranque ocasione serias perturbaciones de la línea.

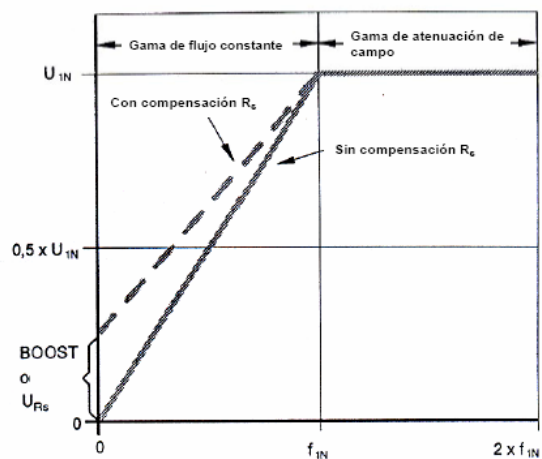
Ya que la velocidad y el deslizamiento de un motor de inducción de rotor bobinado son proporcionales a la resistencia del rotor, el método de control de la velocidad mediante la variación de la resistencia secundaria del rotor se denomina a veces control del deslizamiento.

3.1.2.4. Variando la frecuencia

Es uno de los métodos de control de velocidad de mejores características, se encarga de generar una tensión de frecuencia y amplitud variables a partir de la red de alimentación.

En el método de control de velocidad por variación de frecuencia, las propiedades del motor como el par de inversión y la velocidad de deslizamiento deben ser independientes de la frecuencia de alimentación con el motor bajo carga. La curva característica del par del motor debe tener siempre la misma forma, dado que el par generado por el motor es proporcional al flujo magnético.

Figura 19. **Curva característica U/F**



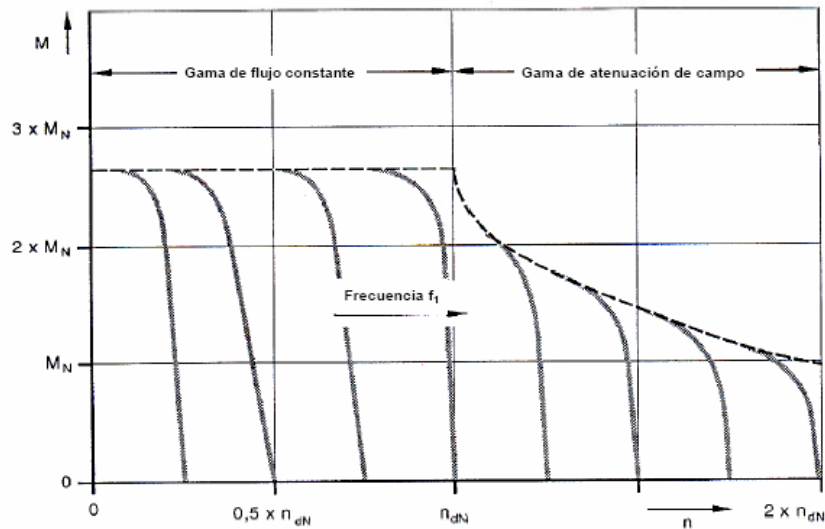
Fuente: www.fisica_plastica.com.ch, 10/03/2010

En la gráfica se muestra la relación existente entre la frecuencia y el voltaje de alimentación. Existen básicamente dos zonas, la primera es la zona de flujo constante donde existe una relación directa entre el voltaje y la frecuencia.

La segunda zona gama de atenuación de campo inicia cuando se alcanza la frecuencia nominal f_{1N} del motor, donde también alcanza la tensión nominal u_{1N} . Si se incrementa la frecuencia de alimentación no se puede seguir aumentando la tensión de alimentación ya que normalmente cuando alcanza la

tensión nominal del motor, el convertidor de frecuencia está suministrando la tensión máxima.

Figura 20. **Curva característica por variación de frecuencia**



Fuente: www.fisica_plastica.com.ch, 10/03/2010

En la figura 20 se puede ver claramente las zonas de flujo constante y atenuación de campo. En esta última se ve que el flujo es el mismo aunque la frecuencia aumente la corriente del inducido $1/2$ debe aumentar.

En consecuencia en la gama de atenuación de campo se obtiene un haz de curvas características cada vez más inclinadas debido al aumento de la frecuencia. Mientras que el par de inversión se mantiene constante en la gama de flujo constante, en la gama de atenuación de campo se reduce el cuadrado del aumento de la frecuencia.

En resumen se puede ver que al modificar la frecuencia de alimentación f_1 y reajustar correspondientemente la tensión de alimentación se puede controlar la velocidad.

De lo expuesto en los párrafos anteriores, se puede llegar a la conclusión que el método más eficiente para variar la velocidad es variar la frecuencia.

3.1.3. Disminución de tiempos muertos

Estos tiempos en los cuales es interrumpida la producción debido a condiciones no normales al proceso. Estos se pueden dar debido a fallas en la maquinaria, accidentes laborales, falta de materia prima, etc.

Estos tiempos para efectos de cálculo se deben tomar en cuenta para determinar la eficiencia de tiempo laborado:

$$T_{je} = T_j - PP$$

Donde:

T_{je} : tiempo de jornada efectiva

T_j : tiempo total de jornada

PP: paros programados

Dentro de los tiempos muertos, además del TPM, también existieron otro tipo de atrasos, los cuales se pueden observar en la Tabla VIII.

Tabla VIII. **Porcentaje de tiempos muertos**

Falla	Porcentaje
Debido a cambios de referencia	4,44 %
Debido a maquinaria	3,58 %
Otras causas (materiales, operarios, etc.)	6,18 %

Fuente: datos obtenidos en reportes de producción del área de extrusión del departamento de polipropileno, llevados en el periodo de implementación (Abr/2010-Sep/2010)

De la anterior tabla se puede observar que las fallas que ocurren debido a problemas con los cambios de referencia son las más frecuentes, seguidas por los paros ocasionados por las máquinas extrusoras.

Dentro de las otras causas se pueden mencionar situaciones relacionadas con los operarios, como por ejemplo: cambiar cuchillas de trabajo. También están incluidas en este segmento, apagones de luz, paros por desabastecimiento de material, los cuales se dan generalmente en el turno nocturno.

Los tiempos muertos existentes debido a problemas con cada cambio de referencia que pudieran ocurrir luego de poner en práctica las rutinas de mantenimiento preventivo, deben ser tomados en cuenta para modificar dichas rutinas solo si fuera necesario.

También deben evaluarse si dichas rutinas están siendo bien aplicadas y derivado de esto se dan los tiempos muertos.

Los problemas relacionados con los labios en extrusoras de polipropileno constituyen la causa más frecuente de los tiempos muertos en producción, seguidos de los atrasos debido a problemas con las extrusoras.

Aunque el ahorro de tiempos sea relativamente bajo, a la larga se compensará con la reducción de los tiempos muertos causados por problemas con los cambios de referencia.

3.1.4. Comparación de propuestas

De acuerdo al análisis hecho a los diagramas de flujo, se puede realizar una comparación de los tiempos del método actual y el método propuesto, el cual se puede observar en la tabla IX.

Tabla IX. **Comparación de métodos**

	Tiempo de vaciado de mezcla con referencia actual (Min.)	Tiempo de llenado de mezcla con nueva referencia (Min.)
Método actual	129,41	52,63
Método propuesto	100,56	63,70
Diferencia de tiempos	28,85	-11,07

Fuente: elaboración propia, 10/03/2010

En la anterior tabla se puede observar que se registró una rebaja de tiempos en el vaciado de mezcla y un aumento de tiempos en el arranque de la nueva referencia o llenado de mezcla, debido a las inspecciones incluidas; pero

en general la suma de ambos tiempos en el método propuesto es menor a la suma de tiempos con el método actual por 17,78 minutos, es decir que va a existir un 9,77% de rebaja con respecto al tiempo del método actual. Esto es equivalente a un incremento promedio de 15 Kg / Hr en la extrusora No 2, que al año producirá más de 125 000 kg como beneficio, que en términos financieros el beneficio es de más de \$50 000.00 al año.

3.1.5. Selección de la propuesta más adecuada para incrementar la productividad de la empresa

Una vez concluida la auditoria Inicial se pudo establecer puntos críticos dentro de cada uno de los procesos, a partir de lo cual se deriva un listado de oportunidades de mejora generales:

- El involucramiento y respaldo por parte de la Gerencia General a través de la toma de decisiones, dictamen de políticas y directrices de aplicación del sistema operativo dentro de la empresa SACOS AGROINDUSTRIALES.
- Coordinación de información entre los macro procesos de producción y ventas acerca del material necesario para producción (existente y faltante) para alcanzar una mejor coordinación de pedidos y sus plazos de entrega.
- Realizar una redistribución del personal para el mejor desenvolvimiento de las funciones que cada operario desempeña en la empresa, de acuerdo a sus habilidades y destrezas personales.
- Planificación de producción considerando todos los aspectos como: materia prima, maquinaria, capacidad operativa de máquinas, tiempos de trabajo, imprevistos, otros.

- Análisis y toma de acciones correctivas para la cantidad de desperdicios generados diariamente en función de su procedencia.
- Implementación del proceso de planificación preventiva de las máquinas, equipos y líneas de suministros.
- Enfatizar en cada uno de los operarios y personas involucradas en cada proceso productivo el requerimiento y la responsabilidad del trabajo que están llevando a cabo.
- Programa de capacitación continua al personal incluyendo aspectos operativos, mecánicos y sociales, para lograr un mejor desenvolvimiento individual.

3.1.5.1. Mejoramiento de los procesos productivos

Luego del estudio completo de los procesos productivos en la empresa, se ha visto la necesidad de realizar una propuesta de mejoramiento productivo encaminada a un replanteamiento de procesos.

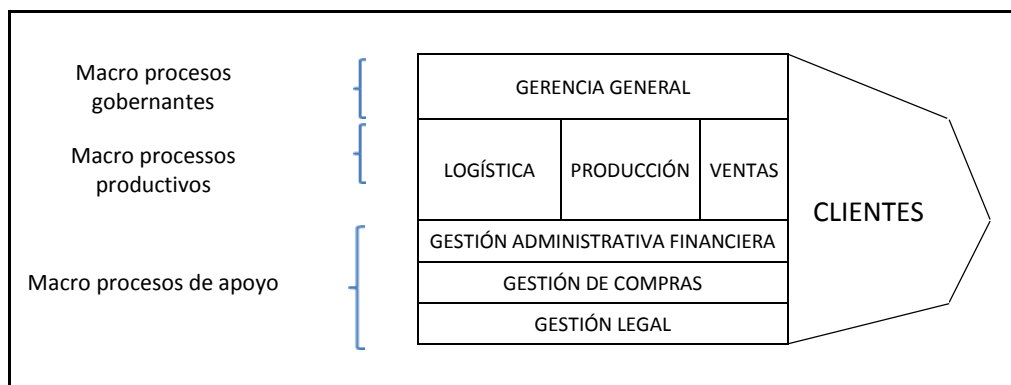
Con base al conocimiento de la situación organizacional actual, la propuesta de mejoramiento consiste en el levantamiento y diseño de los procesos operativos en la empresa SACOS AGROINDUSTRIALES orientado a asegurar niveles de eficiencia, eficacia y productividad.

En el camino hacia el mejoramiento empresarial, el estudio realizado a los procesos operativos actuales ha generado la idea de una reestructuración de estos con el fin de lograr un adecuado funcionamiento productivo interno que

involucre: reducción de actividades improductivas, detección de problemas recurrentes y la sugerencia de un procedimiento formal de trabajo.

Técnicamente, se hace necesario una reestructuración completa y nueva visión de la labor productiva, empezando desde un planteamiento nuevo de la cadena de valor donde los macro procesos gobernantes y de apoyo se consoliden y brinden mayor colaboración al fortalecimiento del macro proceso productivo.

Figura 21. Cadena de valor propuesta



Fuente: Anda Gutiérrez, “Administración y Calidad”, P. 191, 10/04/2010

Para una mayor efectividad del macro proceso productivo, este deberá estar constituido por área de: logística y ventas para que de esta manera exista una mejor coordinación entre estos macro procesos.

Los macro procesos de apoyo estarán constituidos por: gestión Administrativa y financiera, gestión de compras y gestión legal.

Dentro del macro proceso de producción los cinco procesos productivos cada uno de ellos con sus subprocesos se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla X. **Detalle del macro proceso de producción**

MACRO PROCESO	PROCESOS	SUBPROCESOS
PRODUCCIÓN	EXTRUSIÓN	1. Elaboración de bobinas de hilo rafia de polipropileno
	TELARES	2. Elaboración de rollos de polipropileno
	IMPRESIÓN	3. Elaboración de rollos de polipropileno impresos
	CORTE Y CONVERSIÓN	4. Elaboración de sacos de polipropileno

Fuente: elaboración propia, 10/03/2010

Tomando estos antecedentes como puntos de partida, las posibilidades de mejora que ofrece la gestión por procesos permiten dar atención a todos estos aspectos. A través del análisis de valor agregado se ha identificado actividades innecesarias dentro de los procesos, los tiempos implicados en estas y demás detalles de inconveniencia productiva y consecuentemente la posibilidad de sugerir alternativas de cambio.

El análisis central se concentró en determinar los aspectos importantes que en la actualidad caracterizan el desarrollo de los procesos, como son: calidad, productividad y tiempo de procesamiento.

Calidad: se refiere a la estructura funcional de trabajo instaurada en la empresa y en toda la planta, documentada con procedimientos integrados

técnicos y administrativos efectivos, para guiar las acciones coordinadas de la fuerza laboral, los equipos y la información involucrada.

El estudio de este parámetro brindará una visión actualizada sobre el manejo de este concepto, la relación e incidencia que tiene sobre las actividades productivas, la percepción y satisfacción del cliente y por último las características que destacan al producto final.

El estudio de todos los procesos productivos bajo este concepto fue realizado a través del seguimiento individual de cada proceso, sus etapas y actividades. La elaboración de diagramas de flujo permitió el reconocimiento, ubicación y detalle de la información recopilada, además incorporar características básicas referidas a organización, equipos y personal involucrado.

Productividad: este parámetro reúne estudios de eficiencia y eficacia con los que la planta opera y su resultado busca elevar el trabajo al nivel de excelente, tanto en la obtención de productos como en el manejo de recursos.

De la información contenida en los diagramas de flujo y de la percepción visual que estos ofrecen se hace posible establecer un rápido diagnóstico de la productividad con la que se maneja en ese momento la organización.

A través de la depuración y validación de información y resultados con Gerencia, es factible determinar con precisión la estructura y operación que resume el trabajo que lleva a cabo la planta y la productividad que maneja cada proceso.

Tiempo: el estudio de tiempos de procesamiento es un factor trascendental para el análisis de los procesos, éste muestra el operar cotidiano de la planta y la dirección de crecimiento que posee, además constituye la base para una mejora productiva y un incremento en competencia industrial.

Adicionalmente al análisis de tiempo, el recorrido del material se constituyó en otro factor importante de estudio, no sólo porque favoreció al reconocimiento del rendimiento productivo de cada máquina y en general de la planta sino además a la identificación de tiempos muertos, demoras y retrasos, que serían las principales guías para la determinación de los problemas de mayor importancia y de emergente atención.

El estudio de todos los procesos operativos bajo estos conceptos fue realizado a través del seguimiento individual de cada proceso, sus etapas y actividades, la elaboración de diagramas de flujo permitió el reconocimiento, ubicación y detalle de la información recopilada, además incorporar características básicas referidas a organización, equipos y personal involucrado.

De la información contenida en los diagramas de flujo y de la percepción visual que estos ofrecen se hace posible establecer un rápido diagnóstico de la productividad con la que se maneja en ese momento la organización.

Otro parámetro de evaluación importante es el del valor agregado que al ser empleado como una herramienta esencial de modernización productiva ha permitido establecer el índice de acumulación de valor sobre el producto final, en relación a costos iniciales e incurridos en éste a lo largo de su procesamiento.

Mediante el análisis de valor agregado se establece la importancia de las actividades que ofrecen valor agregado al proceso y de las que no, esta información constituye el punto de partida para brindar un apoyo en decisiones y diseño de nuevas estrategias de mejora.

Los resultados obtenidos del análisis de valor agregado para cada proceso, permiten en primera instancia definir y concentrar esfuerzos en los aspectos más notables como se puede apreciar en la Tabla XI.

Tabla XI. **Análisis de resultados obtenidos**

MACROPROCESO	PROCESO	SITUACIÓN ACTUAL			
		No. Recursos H	No. Actividades	Tiempo de ciclo (min)	I.V.A.
PRODUCCIÓN	EXTRUSIÓN	15	27	1 019	77%
	TELARES	105	31	1 121	64%
	IMPRESIÓN	18	26	3 735	48%
	CORTE Y CONVERSIÓN	22	49	6 820	26%

Fuente: elaboración propia, 10/03/2010

Así entonces, al contar con la información recopilada en los diagramas de flujo, análisis de tiempos y recorridos, productividad ya es posible efectuar un estudio completo de los procesos productivos hasta llegar a la priorización de problemas y la consecuente búsqueda de alternativas de mejora a aquellas que requieran mayor atención.

En el camino hacia el mejoramiento empresarial, el estudio realizado a los procesos productivos actuales en la empresa SACOS AGROINDUSTRIALES ha generado la idea de una reestructuración de estos con el fin de lograr un adecuado funcionamiento productivo interno que involucre: reducción de actividades improductivas, detección de problemas recurrentes y la sugerencia de un procedimiento formal de trabajo.

Tomando estos antecedentes como puntos de partida, las posibilidades de mejora que ofrece la Gestión por Procesos permiten dar atención a todos estos aspectos.

3.1.5.2. Insumos necesarios en la implementación

¿Cómo realizar un plan de producción?

Luego que los miembros de SACOS AGROINDUSTRIALES decidan a quien, como y donde vender su producto, se promueve la realización de un “Taller para la elaboración participativa del plan de producción”, con el propósito de generar información de tipo productiva como respuesta a la demanda del mercado.

3.1.5.2.1. Taller para la elaboración participativa del plan de producción y costos

Junto a los comités de producción y mercadeo de SACOS AGROINDUSTRIALES, el técnico facilitador debe promover la realización del taller de “Planificación de la producción” donde deben participar todos los miembros.

El taller se divide en tres partes:

- Análisis participativo para responder a la demanda;
- Elaboración del registro de producción;
- Elaboración del cronograma de actividades de producción y sus costos.

A) Análisis participativo para responder a la demanda

Los productores analizan la información de los mercados y eligen con que mercado es más conveniente trabajar con base a argumentos propios. En el taller se deben realizar un recordatorio de esta información de mercado y profundizar más para definir cómo responder a esta demanda. El hecho de hacerlo participativo hace que los productores se apropien más de la información y tomen sus propias decisiones. Para este hecho se siguen dos pasos que son:

Paso 1: descripción de la demanda y sugerencias para responder a esta demanda

Paso 2: análisis de las sugerencias y definición de acciones.

Estos pasos se describen a continuación:

Paso 1: descripción de la demanda y sugerencias para responder a esta demanda

Se priorizó participativamente los mercados a partir de lo cual, se debe elaborar un cuadro resumen donde se muestre en forma ordenada y detallada, la demanda de los mercados elegidos en términos de cualidad, calidad, cantidad, continuidad y precio del producto.

Abajo se muestra un formato elaborado con la información del ejemplo de la Tabla XII de la guía “Sondeo participativo de mercado”. Como ejemplo se eligió al “Comerciante 2” que en su oportunidad fue priorizado por los productores como la principal opción de mercado.

Tabla XII. Formato de cuadro donde se muestra en forma ordenada y detallada la demanda de los mercados

Característica del producto	Descripción del producto demandado	Sugerencias de cómo responder a la demanda
Cualidad	1	•
Calidad	3	•
Cantidad y continuidad (frecuencia de abastecimiento)	5	•
Precio y forma de pago	8	•

Fuente: elaboración propia, 10/03/2010

Luego de presentar este cuadro resumen, se debe llenar de manera participativa la columna de “Sugerencias”.

Por medio de lluvia de ideas, cada uno de los participantes deberá proponer sugerencias de que es lo que se debe hacer como organización para

cumplir con cada una de las demandas del mercado. La Tabla XIII muestra un ejemplo de las sugerencias vertidas por los propios productores.

Tabla XIII. Sugerencias de los productores sobre lo que se debe hacer como organización para cumplir con cada una de las demandas del mercado

Característica del producto	Descripción del producto demandado	Sugerencias de cómo responder a la demanda
Cualidad		•
Calidad	•	•
Cantidad y Continuidad (frecuencia de abastecimiento)	•	•
Precio y forma de pago	•	•

Fuente: elaboración propia, 10/03/2010

Necesidad de:

- Recursos físicos, humanos, técnicos y financieros
- Materiales y equipos
- Insumos y
- Conocimiento de información y de tecnología

Con las sugerencias ordenadas de esta manera, se van definiendo participativamente las acciones a realizar. Para este propósito, la Tabla XIV es un ejemplo de formato.

Tabla XIV. Sugerencias de los productores ordenadas según la disponibilidad y necesidad de recursos, materiales y equipos, insumos y conocimiento

Disponibilidad o necesidad de:	Sugerencias	Acciones planteadas por los propios productores
Recursos (físicos, humanos, técnicos y financieros)		
Materiales y equipos		
Insumos		
Conocimiento		
Información		
Tecnológica		

Fuente: elaboración propia, 10/03/2010

3.2. Control estadístico de calidad

El control estadístico de los procesos es una metodología para vigilar un proceso, para identificar las causas especiales de variación y para señalar la necesidad de tomar alguna acción correctiva cuando sea apropiado. El proceso se considera fuera de control cuando están presentes causas especiales. Si la variación en el proceso sólo se debe a causas comunes, se dice que el proceso está bajo control estadístico.

Una definición práctica del control estadístico es que a través del tiempo tanto los promedios del proceso como las varianzas son constantes.

El control estadístico de los procesos se apoya en las gráficas de control, una de las herramientas básicas de mejora de la calidad. El control estadístico de los procesos es una técnica probada para mejorar tanto la calidad como la productividad. Dado que el control estadístico de los procesos requiere que los procesos muestren una variación medible no es efectivo en caso de niveles de calidad que se acerquen a seis sigmas.

El control estadístico de los procesos resulta bastante efectivo para aquellas empresas en sus primeras etapas de esfuerzos de calidad¹⁰.

3.2.1. Metodología del control estadístico de los procesos

Las gráficas de control, como las demás herramientas básicas de mejora de la calidad, son relativamente fáciles de utilizar. Las gráficas de control tienen tres aplicaciones básicas: a) establecer un estado de control estadístico, b) vigilar un proceso y avisar cuando el proceso se salga de control, y c)

¹⁰ Evans, Lindsay. Administración y control de la calidad, p. 649.

determinar la capacidad del proceso. A continuación aparece un resumen de los pasos requeridos para desarrollar y utilizar las gráficas de control:

a. Preparación

- Escoja la variable o atributo a medir
- Determine la base, tamaño y frecuencia de la muestra
- Defina la gráfica de control

b. Recolección de datos

- Registre los datos
- Calcule estadísticas relevantes: promedios, rangos, proporciones.
- Trace los datos estadísticos sobre la gráfica Determinación de los límites de control de prueba
- Dibuje la línea central (promedio del proceso) sobre la gráfica
- Calcule los límites de control superior e inferior

c. Análisis e interpretación

- Investigue la gráfica para buscar falta de control
- Elimine puntos fuera de control
- Vuelva a calcular, si es necesario, los límites de control

d. Utilización como herramienta para la solución de problemas

- Continúe con la recolección de datos y con el trazado
- Identifique situaciones fuera de control y tome acción correctiva

- f. Utilización de los datos de las gráficas de control para determinar la capacidad del proceso, si así se requiere¹¹.

3.2.2. Gráficas de control para datos variables

Los datos variables son los que se miden en una escala continua.

Por ejemplo longitud, el peso y la distancia. Las gráficas que se utilizan más comúnmente para datos variables son las gráficas \bar{X} (“x media”) y R (gráfica de rango). La gráfica \bar{X} se utiliza para vigilar el centrado de un proceso, y la gráfica R para vigilar la variación en el proceso.

3.2.2.1. Gráficas \bar{X} (“x media”)

El primer paso para el desarrollo de gráficas \bar{X} y R es la recolección de datos. Por regla general, se obtienen aproximadamente de 25 a 30 muestras y se utilizan tamaños de muestras entre 3 y 10, siendo las más comunes las de 5. El número de muestras se indica mediante la letra k , y n es el tamaño de la muestra. Para cada muestra i se calcula la media (identificada como \bar{X}_i) y el rango (R_i).

A continuación estos valores se trazan en sus gráficas de control respectivas y luego se realizan los cálculos del promedio o media general y del rango promedio. Estos valores definen la línea central para las gráficas \bar{X} y R respectivamente. La media general es el promedio de las medias de las muestras \bar{X}_i .

¹¹ Ibíd, p 652.

El rango promedio y la media promedio se utilizan para calcular los límites de control de las gráficas \bar{X} y R . Los límites de control se calculan utilizando las fórmulas siguientes:

$$UCL = \bar{\bar{X}} + D_4 \bar{R}$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - D_3 \bar{R}$$

Donde las constantes D_3 , D_4 , y A_2 dependen del tamaño de la muestra y pueden localizarse en la tabla 13 en los anexos.

Los límites de control representan el rango dentro del cual se espera estén todos los puntos, si el proceso está bajo control estadístico. Si cualquier punto cae afuera de los límites de control o se observa cualquier patrón fuera de lo común, entonces probablemente alguna causa especial ha afectado el proceso.

Para determinar si un proceso está bajo control estadístico, siempre se estudia primero la gráfica R . Dado que los límites de control de \bar{X} dependen del rango promedio, las causas especiales en la gráfica R pueden producir patrones fuera de la común en la gráfica \bar{X} , aun cuando el centrado del proceso esté bajo control¹².

3.2.2.2. Gráficas \bar{X} y s “Desviación estándar”

Una alternativa al uso de la gráfica R junto con la gráfica \bar{X} es calcular y trazar la desviación estándar s de cada muestra.

¹² *Ibíd*, p 653.

Aunque tradicionalmente se haya utilizado el rango, ya que involucra un menor esfuerzo de cálculo y es fácil de comprender para el personal del taller, tiene sus ventajas usar s en vez de R .

La desviación estándar de la muestra es un indicador más sensible y mejor de la variabilidad del proceso, especialmente para muestras más grandes, por lo que cuando se requiere un control estricto de la variabilidad, debe utilizarse s .

Para elaborar una gráfica s , se calcula la desviación estándar de cada muestra. A continuación se calcula la desviación estándar promedio \bar{s} promediando las desviaciones estándar de la muestra en todas las muestras (siendo el cálculo análogo al cálculo de R).

3.2.3. Análisis de patrones en diagramas de control

Cuando un proceso está bajo control estadístico, los puntos de una gráfica de control fluctúan al azar entre los límites sin un patrón reconocible. La siguiente lista de verificación da un conjunto de reglas generales para examinar un proceso, con el fin de determinar si está bajo control:

- No hay algún punto fuera de los límites de control.
- La cantidad de puntos por encima y por debajo de la línea central es aproximadamente la misma.
- Los puntos parecen concurrir aleatoriamente por encima y por debajo de la línea central.
- La mayoría de los puntos, pero no todos, aparecen cerca de la línea central, y solo unos cuantos se ubican cerca de los límites de control.

En las gráficas de control aparecen varios tipos de patrones fuera de lo común, que se revisarán a continuación, junto con una explicación de las causas típicas de dichos patrones.

3.2.4. Puntos fuera de los límites de control

Un solo punto fuera de los límites de control generalmente se produce por una causa especial. A menudo, la gráfica R da una indicación similar. De vez en cuando, este tipo de puntos es parte normal del proceso y ocurre simplemente al azar.

Una razón común para que un punto esté fuera del límite de control es un error en el cálculo de \bar{X} o de R para la muestra. Siempre que esto ocurra, se deben verificar los cálculos. Otras posibles causas son una oscilación súbita en la energía eléctrica, una herramienta rota, un error de medición o una operación del proceso incompleta u omitida.

3.3. Resultados experimentales

Para la prueba piloto del plan, dentro de la variedad de aspectos que son controlables estadísticamente y que representan algún parámetro de calidad (muchos de ellos mencionados en el capítulo anterior), solamente se utilizarán dos características.

El primer ejemplo aplicará el control estadístico de calidad a una característica dimensional, siendo ésta la diferencia entre las aberturas del labio de cada extrusora de polipropileno, ya que sobre esta variable influyen diversas etapas del proceso, y el grado en el cual se hayan realizado correctamente.

El segundo ejemplo analizará los defectos (no conformidades) visuales y de superficie de un lote de piezas, siendo el tipo de pieza a inspeccionar los soportes a utilizarse en las extrusoras de polipropileno.

De igual manera que en el ejemplo anterior, de hallarse que el proceso no se encuentra bajo control, será un indicador de que en alguna etapa del proceso se está realizando incorrectamente alguna tarea o, en todo caso, de que la materia prima no es la adecuada.

3.3.1. Diseño de formato para registro de datos

El uso de boletas de recolección de datos sirve para tener un formato de registros estandarizado, de tal forma que al momento de capacitar al personal sobre el uso de estos registros, sea más fácil la labor, ya que se evitan los formatos imprecisos, además de los posibles errores que pueda cometer el operario al ingresar la información.

3.3.2. Control por variables

Como se mencionó anteriormente, se realizará un control estadístico de calidad sobre las dimensiones de las piezas; en este caso, las piezas a inspeccionarse serán cada zona del labio de cada extrusora, los cuales poseen una calibración mínima y máxima, puesto que tienen una sección hueca, la cual permite que el producto que se desea extruir entre en esta sección y debido a la acción del movimiento circular del husillo, sea calentado y extruido.

3.3.3. Proceso de extrusión

Los metales, los plásticos y los materiales de cerámicas se transforman en artículos útiles y productos de consumo por muchos diferentes medios. Los plásticos se vacían en forma de *peletzs* en tolvas para producir películas de plástico o polipropileno. Por ejemplo, el polipropileno y polietileno se calientan a temperaturas altas para poder conformarlos fácilmente.

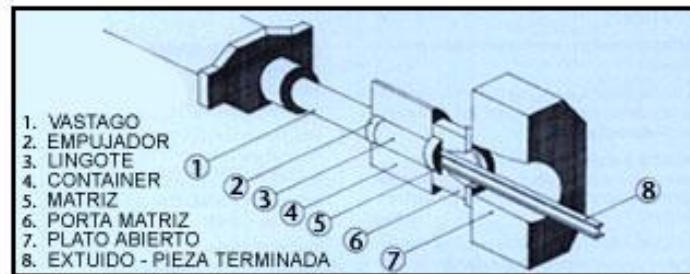
La extrusión es un procedimiento de conformación por deformación plástica, que consiste en moldear un plástico, en caliente o frío, por calentamiento en un barril, a través de un husillo sin fin.

3.3.3.1. Tres elementos básicos de la extrusión

El primer elemento de la línea tiene que cumplir con tres requisitos básicos: a) continuamente reunir la materia prima en estado sólido; b) continuamente fundir la materia prima y c) homogeneizar la materia prima térmica y físicamente.

La extrusora en general consiste en uno o dos tornillos que rotan dentro de un barril caliente. Un tornillo constituye el diseño típico para la mayoría de las aplicaciones, mientras que dos tornillos son usados para compuestos y materia prima en polvo. El diseño del tornillo sigue los requisitos claves del proceso tales como la tasa de rendimiento, la calidad de la fundición y las materias primas usadas.

Figura 22. **Extrusión**

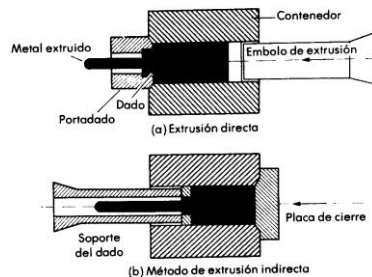


Fuente: www.dosirplast.mx, 12/04/2010

Este proceso de compresión indirecta es esencialmente de trabajo en caliente, donde cierta cantidad de resina de polipropileno se coloca dentro de un fuerte contenedor de metal y comprimido por medio de un émbolo, de manera que sea expulsado a través del orificio de un dado.

El plástico expulsado o extruido toma la forma del orificio del dado. El proceso puede llevarse a cabo por dos métodos mostrados en la figura 23 y que se llaman: extrusión directa (a), donde el émbolo está sobre la resina, en el lado opuesto al dado y el polipropileno es empujado hacia el dado por el movimiento del émbolo fig.23, o extrusión indirecta (b), en la cual el dado y el émbolo están del mismo lado de la resina y el dado es forzado dentro del polipropileno, por el movimiento del émbolo.

Figura 23. **Métodos de extrusión**



Fuente: www.dosirplast.mx, 12/04/2010

La extrusión es un método relativamente nuevo en la fabricación de piezas plásticas. Originalmente fue desarrollado para la fabricación de tubo de plomo por los sistemas victorianos de agua y gas.

Los problemas del material adecuado para el dado, que soporte las temperaturas altas y presiones requeridas para extruir el polipropileno, no fueron resueltos sino hasta bien entrado el siglo XX.

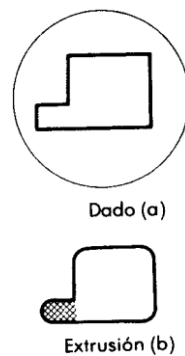
En nuestros días, es posible extruir con éxito los siguientes plásticos: polipropileno, polietileno, PVC y PET, aunque para este último se requiere una técnica especial.

3.3.3.2. Dados de extrusión

Los dados de extrusión están hechos de acero de alta velocidad para herramienta y son componentes muy importantes en el proceso de extrusión. Como el material del dado es demasiado caro, a menudo es hecho en forma de un disco delgado de diámetro pequeño y es soportado por un dado de refuerzo. El orificio del dado controla la forma del plástico extruido.

Si la abertura del dado consta de un barreno circular y paralelo, es decir, la longitud del soporte es igual al espesor del dado, la extrusión será una película lineal que requiere una fuerza considerable para estirla y tiene una pobre superficie de acabado. La superficie de acabado puede mejorarse y disminuir la carga, aumentando el diámetro del barreno en el extremo de descarga.

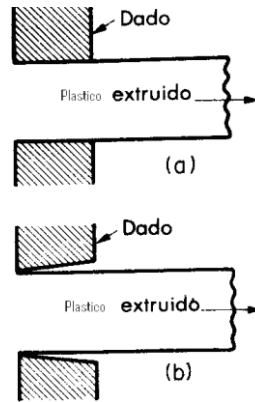
Figura 24. **(a) Dado, (b) Resultado de la extrusión**



Fuente: www.dosirplast.mx, 10/04/2010

En caso de formas complejas, tales como la que se muestra en la fig. 24 (a), se encontrará que un barreno completamente paralelo, resultará en la producción de una forma como la fig. 24 (b). Esto es porque la resistencia a fluir a través del área sombreada del dado, es mucho mayor que a través del residuo.

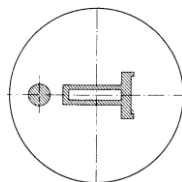
Figura 25. **Recorte de dado**



Fuente: www.dosirplast.mx, 10/04/2010

Esta resistencia puede reducirse “puliendo” o recortando el dado, de manera que la longitud de contacto con la extrusión sea reducida alrededor de las superficies externas del área sombreada en la fig. 25 (b). ¿Qué longitud de soporte se requiere?. Es una cuestión de experiencia y se necesita un buen diseñador de herramienta, para asegurar que el pandeo y torsión de la sección extruida no ocurra y que el plástico no tenga desgarres o rupturas. La fig. 26 muestra por qué se requiere una abertura adicional para asegurar el balance del flujo, cuando se extruye una forma asimétrica.

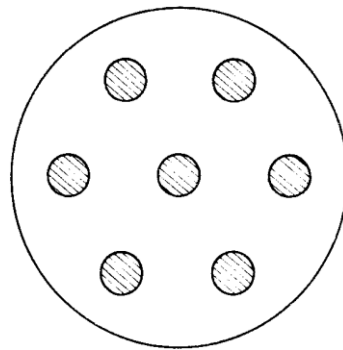
Figura 26. **Dado hecho con abertura adicional para balancear el flujo, cuando se extruye una sección de forma asimétrica**



Fuente: www.dosirplast.mx, 12/04/2010

Un dado múltiple de extrusión puede usarse cuando la carga de extrusión es excesiva para una sola área pequeña de extrusión. Un número determinado de secciones que pueden ser idénticas o de diferentes formas, pueden extruirse al mismo tiempo, cortando varios orificios como en la fig. 27. Se acostumbra disponer de orificios idénticos, ya que de otra manera puede surgir el problema del balanceo del flujo.

Figura 27. **Dado de extrusión para producción múltiple de filamentos**



Fuente: www.dosirplast.mx, 10/04/2010

3.3.3.3. Producción de tubos extruidos

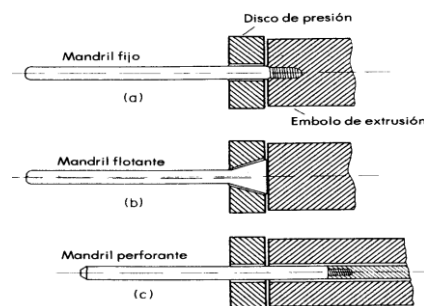
La extrusión es un método ideal de producir tubos sin costura, y el principio del método ya se ha utilizado en la extrusión de cable forrado. El cable en el centro del orificio circular del dado, forma un espacio anular a través del cual el metal extruido fluye para formar el forro.

Para la producción de tubos, el cable se reemplaza por un mandril. Hay tres tipos, de arreglo, de mandril que pueden usarse:

- a. Fijo
- b. Flotante
- c. Perforante

Los tipos (a) y (b) están fijos al émbolo como se muestra en la fig. 28 y el lingote debe perforarse de manera que el mandril pueda sobresalir a través del lingote y tomar su posición en el orificio del dado. La tendencia moderna es la de usar el mandril flotante, más que uno fijo, puesto que él mismo se centra y, por tanto, produce tubos con concentricidad dentro del 1 %.

Figura 28. **Tipos de arreglos del mandril**



Fuente: www.dosirplast.mx, 12/04/2010

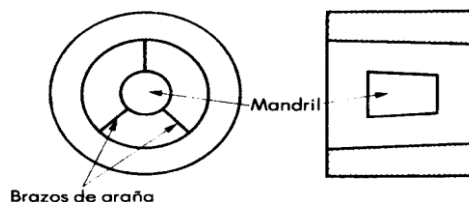
Por otro lado, los mandriles fijos producen tubos excéntricos a menos que se tenga cuidado, para perforar con precisión el plástico. Cuando se usa mandril perforador, el plástico es sólido y el mandril se retrae dentro del émbolo. Después que el plástico caliente se coloca dentro del contenedor, el mandril es empujado dentro del plástico y pasa a través de él para colocarse en el orificio

del dado. Las principales ventajas de este proceso son velocidad y economía, porque elimina la operación de perforado por separado y el equipo especial requerido.

Las desventajas son que las prensas requeridas, son más grandes y mucho más caras que las del tipo sin perforador. La operación severa de perforado, algunas veces da abundantes grietas y desgarres en la película de plástico produciendo defectos en el tubo.

Por estas razones, el perforado no se lleva a cabo en tubos de aluminio y sus aleaciones y se usa principalmente en aleaciones de plástico, requeridos en usos hidráulicos y de alta presión donde no son necesarios buenos acabados superficiales. Un desarrollo reciente ha sido la introducción de dados puente, donde el mandril normal se ha reemplazado por uno más pequeño, sostenido en posición en el orificio del dado, por tres brazos delgados de araña, como se muestra en la fig. 29.

Figura 29. **Brazo y mandril**

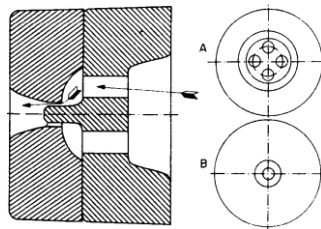


Fuente: www.dosirplast.mx, 12/04/2010

El plástico es rebanado por los tres brazos de araña cuando es extruido, para dar tres segmentos separados, pero éstos son inmediatamente comprimidos por el soporte cónico del dado sin exponerse al aire, por lo que las superficies limpias se unen por presión, para formar un tubo completo. Cuando

este proceso fue propuesto inicialmente, los clientes tendían a ser renuentes a aceptar el producto, que era considerado inferior a los tubos sin costura normales. Sin embargo, ahora se acepta que los tubos hechos con dados puente son tan buenos, si no es que superiores a los tubos extruidos normalmente. Esto en particular, es cierto con los productos recién desarrollados; dados puente de tres y cuatro aberturas se muestran en las figs. 29 y 30.

Figura 30. **Dado puente de cuatro aberturas**

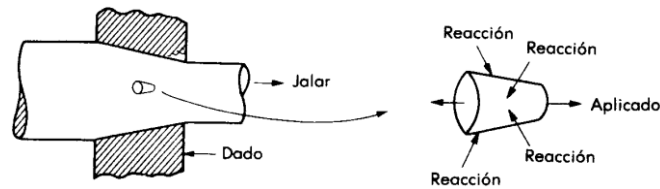


Fuente: www.dosirplast.mx, 12/04/2010

3.3.3.4. Flujo del plástico durante la extrusión

Cada proceso de trabajo involucra la aplicación de una fuerza o esfuerzo a la superficie del plástico, para provocarle un flujo y un cambio de forma. Es importante conocer la relación entre las fuerzas aplicadas y las direcciones del flujo, de manera que las formas finales requeridas y predecibles puedan producirse. El primer intento para estudiar el flujo del plástico fue hecho por Siebel quien taladró agujeros verticales en una placa de plástico de polipropileno y luego los obturó con pernos de plástico. Esta placa se calentó y se pasó parcialmente por una parte de la trayectoria entre los rodillos de un molino de laminación. La pieza fue removida y seccionada longitudinalmente para exponer los pernos como aparecen en la fig. 31.

Figura 31. **Estirado de alambre**



Fuente: www.dosirplast.mx, 12/04/2010

Siebel argumentaba que con esta técnica era posible eslabonar en una muestra el plástico que había sido deformado con el plástico que estaba sometido a deformación en el límite de la pasada del rodillo. Un examen de la sección muestra que la deformación empieza en la superficie, por un deslizamiento hacia adelante y que es necesaria cierta reducción mínima antes que el efecto haya penetrado hasta el centro.

También puede ser visto que para una reducción dada en el espesor, el patrón de deformación permanece constante, hasta que la deformación es completa. A este tipo de patrón de deformación se le llama casi estático y es independiente del tiempo de duración del ciclo de deformación.

Los conocimientos ganados con el experimento de Siebel, tomaron en cuenta el tipo de extremos del producto producido, esto es, las puntas y colas del tubo, que en la práctica requieren recortarse. Los defectos y métodos de mejoramiento del flujo del plástico también pudieron ser considerados y en consecuencia, la calidad del producto fue sugerida.

Desde esta investigación inicial de Siebel, el flujo del plástico se ha investigado en todos los procesos de deformación, usando técnicas más

sofisticadas y los resultados de ambas deformaciones, cualitativas y cuantitativas.

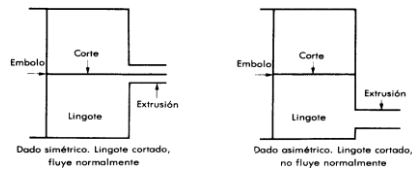
La extrusión probablemente ha sido el proceso que más se ha investigado y Pearson ha hecho la más grande contribución al conocimiento del flujo del plástico. La técnica simple usada por Siebel en el laminado, no puede, por tanto, usarse en la extrusión y se requiere una investigación más detallada.

En principio, la mejor técnica sería hacer una película del patrón de deformación durante todo el ciclo. Esta entonces podría proyectarse en cámara lenta de manera que el patrón de deformación pudiera ser seguido por todo el ciclo. Esta técnica aún no se ha usado en gran escala, pero ofrece posibilidades para el futuro.

Es importante que el método de investigación no tenga influencia sobre el patrón de flujo. Siebel reconoció esto cuando obturó los agujeros con el mismo material de la placa, es decir, plástico de polipropileno. El hecho de que los pernos se aflojaran demostró que su premisa no era válida, ya que la presencia de los agujeros aun cuando rellenos, de hecho influyó en el patrón de flujo. Sin embargo, al investigarse el flujo en la extrusión, puede aprovecharse el hecho de que debido a que el patrón de flujo es simétrico axialmente, no pueden existir esfuerzos de corte en planos longitudinalmente axiales.

En otras palabras, si una placa de polipropileno se corta longitudinalmente por la mitad y las dos mitades se colocan juntas y extruidas a través de un dado, que esté colocado axialmente, el hecho de que el plástico esté cortado, no afectará el flujo. Por otro lado, si el dado se coloca asimétricamente, entonces es obvio que la placa cortada, fluirá en forma diferente a otro que no esté cortado, como se muestra en la fig. 32.

Figura 32. **Secciones del dado**

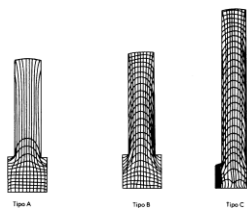


Fuente: www.dosirplast.mx, 12/04/2010

Pearson obtuvo una considerable cantidad de información, extruyendo un lingote cilíndrico de polipropileno que había sido cortado en mitades a lo largo del eje y rayadas con un patrón regular de rejilla, sobre las interfaces planas y amarradas juntas con alambre.

La extrusión fue fácilmente separada a lo largo del plano axial y la deformación cuantitativamente impuesta desde el límite de distorsión de la rejilla. El identificó tres patrones básicos: A, B y C, asociados con tres maneras de deformación, más tarde atribuidas a diferencias de fricción entre el lingote de polipropileno y las paredes de la cámara de extrusión (fig. 33).

Figura 33. **Deformación**



Fuente: www.dosirplast.mx, 12/04/2010

En el patrón de flujo tipo A, no hay fricción entre el plástico y el contenedor y el plástico se desliza hacia la región del dado, sin deformación a todo lo largo.

Esto se demuestra por el hecho de que las líneas horizontales del patrón de la rejilla permanecen así hasta que llegan a la vecindad del dado. Cerca del dado, el lado exterior del lingote es detenido por los hombros del contenedor mientras que la región central fluye fácilmente dentro del dado. Esto produce la desviación de las líneas horizontales.

El grado de desviación aumenta cuando la cola del plástico se acerca al dado. Esto es importante para el extremo final del tubo, lo cual ocurre siempre en los plásticos extruidos por la disminución en la carga de extrusión durante los últimos pasos del ciclo, justamente antes de la rápida elevación final.

El patrón de flujo tipo A es típico del proceso de extrusión indirecta, cuando el dado es empujado dentro del plástico y no hay movimiento relativo entre éste y el contenedor.

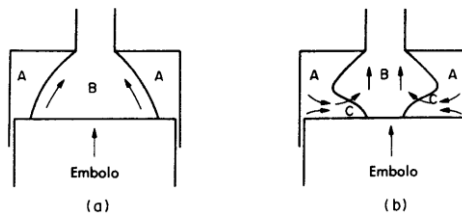
En el patrón de flujo tipo B, hay una cierta cantidad de fricción entre el plástico y el contenedor. Esto tiende a retener el plástico hacia atrás cuando se está moviendo hacia el dado. Esto provoca desviación al principio de la etapa, antes que el metal alcance la vecindad del dado.

Al principio del ciclo, las desviaciones son más severas y un ducto más profundo se forma en el plástico. El tipo C, muestra el patrón de flujo cuando hay fricción adhesiva entre el plástico y el contenedor. La zona muerta del plástico, la cual se forma en los hombros del dado, crece muy rápidamente y se extiende hacia atrás del émbolo.

Mientras que el patrón de flujo tipo A es típico de la extrusión indirecta, el tipo C es típico de la extrusión directa de los plásticos duros, tales como el polipropileno y PVC. Este patrón de extrusión tipo C da lugar a dos clases de

defectos. El primero es “defecto de extrusión”, esto ocurre porque el flujo se realiza por corte bajo la superficie, el plástico más exterior está inmóvil y es sacado por el émbolo con una acción similar a la de un removedor de nieve (ver fig. 34).

Figura 34. Defecto de extrusión



Fuente: www.dosirplast.mx, 12/04/2010

El plástico de la zona muerta A no fluye, fig. 34 (a). El émbolo saca el plástico inmóvil, fig. 34 (b), el cual puede empezar a fluir a lo largo de C dentro de la región central del plástico. Desafortunadamente el plástico de la zona muerta A contiene material con propiedades no homogéneas en la superficie y cuando éste entra a la extrusión produce el “defecto de extrusión” que vuelve al material inaceptable. Una forma de evitar que ocurra este defecto, es usar un cojín de presión entre el émbolo y el plástico, que es de diámetro menor al del plástico. Este deja una calavera delgada sobre la pared de la cámara que incluye el plástico degradado de la superficie.

Figura 35. **Sección fundida de una barra redonda con desprendimiento del núcleo, como resultado del defecto de extrusión**



Fuente: www.dosirplast.mx, 12/04/2010

La segunda clase de defecto introducida por el patrón de flujo tipo C, es el ‘agrietamiento de abeto’.

Puesto que el flujo tiene lugar por corte bajo la superficie, la deformación y las velocidades de deformación en la región de corte, ambas deben ser muy altas.

Esto puede producir condiciones de deformación adiabática y la elevación de temperatura resultante puede exceder la temperatura de solidificación del plástico produciendo fusión incipiente.

El plástico extruido no tiene ductilidad y la eyección desde el dado se realiza con estallidos esporádicos para dar la muy característica apariencia de abeto. Esto tiende a ocurrir en aquellas mezclas con polipropileno, donde la diferencia entre la temperatura mínima para trabajo en caliente y la temperatura de solidificación es pequeña.

Figura 36. **Aumento de los grandes granos periféricos**



Fuente: www.dosirplast.mx, 12/04/2010

El intento para evitar la fusión incipiente por el uso de velocidades más bajas del émbolo puede conducir al problema de grandes granos periféricos (fig. 36). Esto ocurre si el lado exterior del plástico es enfriado abajo de la temperatura de recristalización por el contacto con la pared del contenedor más fría.

Después de la extrusión, el calor fluye desde el centro de la pieza extruida a las capas exteriores, elevándose desde abajo hasta arriba de la temperatura de recristalización. Por las condiciones especiales de extrusión de estas capas, la cantidad de trabajo en frío que se ha efectuado, es aquella cantidad crítica que resulta en la producción de granos extremadamente grandes en la recristalización.

Este material de grano grande tiene tan baja ductilidad que otra vez es inaceptable. C.S. Smith investigó el problema de la extrusión de tales mezclas de plásticos y encontró que debe ser ejercido conjuntamente un control muy estrecho sobre la temperatura de extrusión y la velocidad del émbolo para producir un material aceptable.

El patrón de flujo en la extrusión es muy complejo y está cambiando continuamente durante todo el ciclo. Sin embargo, mucho trabajo se ha llevado a cabo para entender y explicar tales patrones. Del conocimiento obtenido los

defectos de extrusión se han estudiado y métodos para minimizarlos o aun para eliminarlos, también se han inventado.

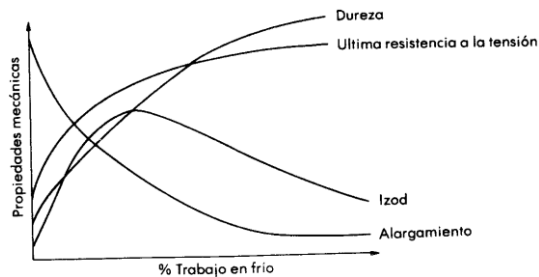
3.3.3.5. Distribución de temperatura en la extrusión

La mayoría de la extrusión industrial es esencialmente un proceso de trabajo en caliente, donde el plástico se calienta a una temperatura uniforme antes de insertarlo en el contenedor. No obstante, que el contenedor se calienta siempre a una temperatura más baja que el plástico con el resultado de que el exterior de éste tiende a enfriar una vez que hace contacto con el contenedor. Esto ocurre al principio del ciclo de extrusión y las capas exteriores del plástico son continuamente enfriadas durante el resto del ciclo.

La deformación no es uniforme a través de la sección. De hecho se encuentra a lo largo de ciertos planos de corte, dando origen a marcadas reducciones localizadas, acompañadas por altas velocidades de extrusión.

Las velocidades de deformación en estas zonas pueden ser tales que provoquen considerables elevaciones de temperatura, bajo condiciones esencialmente adiabáticas. Si estas elevaciones son excesivas, entonces el plástico puede exceder su punto de fusión dando origen a fusión incipiente y el plástico extruido como se explicó al principio será expulsado desde la apertura del dado, en forma de explosiones, para dar la clásica fractura de “abeto”.

Figura 37. **Curvas**



Fuente: www.dosirplast.mx, 12/04/2010

Si se hace un intento para eliminar la fractura de abeto disminuyendo la temperatura de precalentamiento del plástico, existe el riesgo de que se produzcan grandes granos periféricos, disminuyendo las propiedades mecánicas del material extruido. La explicación de la formación de estos granos grandes se ha dado en la fig. 37. Este es un problema particularmente severo para las aleaciones de aluminio y ha sido estudiado por Smith. Un ejemplo de este fenómeno se ha dado en la fig.37.

Smith concluye que para evitar granos grandes periféricos y fusión incipiente, es necesario imponer un control preciso de la temperatura de recalentamiento del plástico, temperatura del contenedor y velocidad del émbolo como se muestra en la tabla XV.

Tabla XV. **Temperaturas típicas de extrusión y velocidades para algunas mezclas de polipropileno**

Designación	Composición				Rango de extrusión (°C)	Temp. Óptima (°C)	Temp. Contenedor (°C)	Veloc. de extrusión (pies/min)
	Cu (%)	Mg (%)	Si (%)	Zn (%)				
B.S. Núm. HE14	4	0.6	0.6	—	400-480	450	420	6-8
B.S. Núm. HE11	2	0.6	1.0	—	400-480	460	420	15-20
B.S. Núm. HE10	—	0.6	1.0	—	400-520	500	420	30-50
D.T.D. Núm. 683	1	2.0	—	5.5	380-440	420	420	3-4
B.S. Núm. NE4	—	2.0	—	—	380-440	420	420	14-18
B.S. Núm. NE6	—	5.0	—	—	400-460	440	420	8-14
B.S. Núm. NE7	—	7.0	—	—	400-460	440	420	4-6

Fuente: tabla extraída del “Manual de Procedimientos” de la empresa Sacos Agroindustriales, p. 54., 12/04/2010

La variación de la temperatura en el interior del plástico durante la deformación como se ilustró antes tiene una influencia controlada sobre las propiedades del producto A propuestas. De Smith se investigaron los parámetros de operación y se propusieron guías para la eliminación de los mayores defectos del producto. Tanner y Johnson han deducido un método más preciso que la versión cualitativa simplificada dada antes, para determinar la distribución de temperaturas en la extrusión. Los problemas de transferencia de calor no existen durante la deformación adiabática y Johnson y Tanner investigaron procesos comerciales de extrusión a fin de encontrar qué tan cerca están de las condiciones adiabáticas.

Ellos concluyeron que fueron muy precisos con las velocidades del émbolo de 25 mm, condición que se vio para aplicar en los procesos industriales listados en la tabla XV.

3.3.3.6. Tipos de máquinas extrusoras

Para que sea realizado el proceso de extrusión, es necesario aplicar presión al material fundido, forzándolo a pasar de modo uniforme y constante a través de la matriz. Atendiendo a estos requisitos, las máquinas extrusoras se clasifican en: extrusoras de desplazamiento positivo y extrusoras de fricción.

3.3.3.6.1. Extrusoras de desplazamiento positivo

Se obtiene la acción de transporte mediante el desplazamiento de un elemento de la propia extrusora. En la matriz la reología del polímero tiene mayor influencia sobre el proceso.

3.3.3.6.2. Extrusora de pistón (inyectora)

Un pistón, cuyo accionamiento puede ser hidráulico o mecánico, fuerza al material a pasar a través de la matriz. Es utilizada para la extrusión de polímeros termofijos, politetrafluoretileno, polietileno de alta densidad de ultra alto peso molecular (pead – uapm), metales y materiales cerámicos.

3.3.3.6.3. Extrusoras de fricción

La acción del transporte del plástico, conseguida aprovechándose las características físicas del polímero y la fricción de éste con las paredes metálicas transportadoras de la máquina, donde ocurre la transformación de energía mecánica en calor que ayuda a la fusión del polímero. La reología del polímero tiene influencia sobre todo el proceso. Los tipos son: extrusora de cilindros y extrusora de rosca.

3.3.3.6.4. Extrusora de cilindros

Consiste en dos cilindros próximamente dispuestos. El material a ser procesado pasa entre estos cilindros y es forzado a pasar por una matriz. Este proceso es utilizado para algunos elastómeros y termoplásticos.

3.3.3.6.5. Extrusora de rosca

Las extrusoras de rosca pueden estar constituidas por una, dos o más roscas. Son las más utilizadas para la extrusión de termoplásticos, comparadas con todos los demás tipos de extrusoras.

3.4. Determinación de aspectos a considerar en el control de calidad en el proceso de extrusión

De una forma general y no profunda se dará una descripción teórica y gráfica del sistema de control de calidad que se utiliza en el área de extrusión de la planta producción Sacos Agroindustriales para poder desarrollar el análisis situacional del mismo.

3.4.1. Descripción

El proceso de control de calidad inicia desde que la materia prima es llevada a piso para correr la producción, en ese preciso momento cuando el operador empieza a realizar la mezcla para extruirla es donde se inicia el sistema de control de calidad del proceso de extrusión de plásticos de polipropileno.

El proceso de control de calidad del departamento de investigación y desarrollo (I&D) de la planta extrusora de plásticos de polipropileno se divide básicamente en tres etapas que son:

- Etapa de planificación. Esta etapa empieza cuando el jefe de calidad programa las pruebas a realizar según el programa de producción en las diferentes máquinas en las que se está produciendo el producto. Entonces el designará el personal y el tipo de análisis que se deberá realizar, al igual deberá contactar al superintendente de producción y al jefe de producción para que estén sabidos del personal que se movilizará en piso.
- Etapa de recolección. En esta etapa es cuando el operador es avisado por su supervisor para recolectar cierta cantidad de producto cada cierto tiempo, la cantidad y el intervalo de tiempo le será informado al supervisor por el asegurador de calidad. Este último es el encargado de coordinar la recolección de muestras en piso para luego ser trasladadas al laboratorio para su respectivo análisis, estas muestras serán entregadas al analista de laboratorio de turno para realizar las respectivas pruebas.
- Etapa de análisis. En esta última etapa es cuando las muestras recolectadas ya han sido entregadas al analista de laboratorio y este se prepara a realizar las pruebas designadas en el programa elaborado por el jefe de calidad. El analista debe estar seguro que los instrumentos a utilizar como la maquinaria este calibradas y en óptimas condiciones para no sesgar los resultados obtenidos.
- Una vez realizada la prueba el analista deberá elaborar un reporte de los resultados para luego ser entregado al jefe de calidad para que este de

visto bueno a la corrida de producción para poder ser despachada al cliente.

El proceso actual de control de calidad en el cual se aplicará el control estadístico, es debido a que este sistema solo genera datos de los cuales no son analizados para darles seguimiento o mejora a la calidad del producto, ya que con esto, se puede detectar las causas raíz de la variabilidad de calidad del producto ya sea esta debido a proceso o a materias primas.

3.4.2. Diagrama de flujo del sistema de control de calidad actual

El proceso productivo depende de la buena planificación del mismo, por lo que es relevante tener una buena diagramación del proceso de extrusión de plásticos de polipropileno para detectar cualquier cuello de botella.

El diagrama de flujo del sistema de control de calidad del proceso de extrusión de plásticos de polipropileno, no es más que una recopilación de las principales actividades realizadas por las diferentes personas relacionadas con el mismo, ya sea directa o indirectamente. Este tipo de diagrama por no ser para un estudio de tiempo y movimientos, sino más bien su diseño va enfocado para ser utilizado dentro de un mapeo en la fase de documentación para la implementación de las Normas ISO 9000 y que por lo mismo no contará con el típico diseño de ingeniería que conlleva el tiempo que dura cada operación o actividad y las distancias que recorre, si no es, simplemente para orientar al usuario en lo que respecta a las líneas de mando y actividades a realizar.

3.4.3. Elementos del sistema actual de control de calidad

Los medios o elementos del sistema actual de control de calidad son todos aquellos que se utilizan para el análisis del producto a producirse en planta. Los más relevantes que se pueden mencionar son los siguientes:

- Personal involucrado
- Equipo y herramienta

3.4.3.1. Personal involucrado

El personal involucrado en el control de calidad de las películas de plástico de polipropileno son esencialmente el analista de pruebas, el asegurador de calidad y el jefe de calidad. Estas personas son las que generarán la información necesaria para emprender el nuevo sistema de control de calidad estadístico y que cada uno realizará las tareas asignadas para cada puesto, las cuales se describieron anteriormente.

3.4.3.2. Equipo y herramienta

El personal del departamento de investigación y desarrollo (I&D) de la planta extrusora de plásticos de polipropileno debe tener un equipo completo y en buen estado para brindar un nivel alto de eficiencia y eficacia en el control de calidad del producto a distribuir, de lo contrario no tendría las herramientas necesarias para brindar el 100% de su capacidad. El equipo principal del departamento de investigación y desarrollo (I&D) es el siguiente:

- Computadora. La computadora no importa su velocidad o modelo ya que su función principal es la de una terminal remota, pero debe contar con todo su *hardware* completo, que incluiría su monitor, ratón, pantalla, filtro visual, cpu, teclado y scanner.

Es muy importante que todos sus accesorios estén habilitados en el sistema, ya que con la falta de alguno de ellos, el analista se vería privado de brindar sus servicios y se tendría esa terminal remota inhabilitada y afectaría en la productividad del departamento.

- Máquina de reflectancia. Este equipo es de suma importancia para el análisis de las películas de plástico, ya que con esta máquina se determinará si la densidad de la película es la requerida en la orden de producción y que ésta no sea inestable sino continua en su grosor, por lo que debe estar en óptimas condiciones para su uso.
- Cinta métrica. La cinta métrica o metro es de suma importancia tanto para el analista como para el asegurador de calidad, el cual deberá ser como mínimo de tres metros de largo, éste servirá para tomar longitudes de las muestras proporcionadas por los operadores o para cualquier actividad que requiera de una medición de longitud.
- Fólder de información. El fólder de información lo tiene cada analista y le sirve para archivar cualquier dato importante que le sea enviado de su supervisor y también para los datos que él considere de importancia. El analista debe tener siempre consigo este fólder porque sino brindará una mala información a la hora de una consulta y por ende el departamento quedaría en mal.

- Tensor de películas. Este equipo sirve para realizar las pruebas de resistencia de las películas de plástico de polipropileno, en el cual se registra la resistencia máxima de la película. Esto permite verificar los requerimientos del cliente en el producto solicitado.

El equipo y maquinaria antes descrito es lo básico y fundamental para realizar las pruebas de laboratorio y que tanto el analista como el asegurador de calidad, deberán velar para que este se encuentre en óptimas condiciones para su uso.

3.5. Políticas del sistema actual de control de calidad

La planta de extrusión de plásticos de polipropileno debe realizar su mejor esfuerzo para no defraudar la confianza de los clientes (individuales y empresas), que solicitan sus servicios. Además de brindarles un producto de calidad, deben mantener las líneas de comunicación accesibles, tratar a todos los clientes con el respeto y cortesía que se merecen, darle seguimiento y asegurarnos de resolver cualquier duda o inquietud que tengan, con el objeto de que siempre se sienta bien atendidos y satisfechos. Para lograr esto se tiene que tomar muy en serio los siguientes aspectos.

Parámetros para prestar el servicio

Las variables que afectan directamente la calidad y las funciones para las cuales fue diseñado el producto en el departamento de Investigación y Desarrollo (I&D), son aquellas en las que se afectará el rendimiento del producto de plástico.

Por lo cual, según el análisis del “Por qué – Por qué” se sugirieron algunas de ellas, pero que para efectos del proyecto se hará una lista de todas las posibles variables, y luego se seleccionarán únicamente tres de ellas, para poder darles seguimiento en un futuro.

Las posibles variables que afectan directamente a la calidad de la producción de productos de plástico de polipropileno son:

- Resistencia
- Período de vida
- Densidad

Los rangos de las variables antes mencionadas fueron establecidos por medio de un estudio analítico efectuado con anterioridad al presente proyecto, para lo cual se tomarán como base los resultados obtenidos y se trabajarán sobre ellos.

Las variables seleccionadas fueron las tres mencionadas anteriormente, para lo cual se justificarán de la siguiente manera:

- Resistencia: según el estudio de mercado realizado con anterioridad se estableció un 3% de error sobre la media de la resistencia más común en el mercado, lo cual implica de 8 a 10 libras de resistencia como máximo.
- Densidad: según los requerimientos detectados en el estudio de mercado realizado con anterioridad, se estableció un rango específico de densidad necesaria en el producto de 0,71 a 0,75 gr/cm³, lo cual se pretende elevar pero a su vez siempre cuidando la calidad de los mismos.

- Período de vida. En el período de vida de los productos de plástico de polipropileno se estableció un rango entre 26 a 36 días de vida. Para efectos del proyecto éstos serán los límites de control. El período de vida del producto es aquel tiempo en que el plástico permanece con cierta intensidad de color, una vez este color se da al medio ambiente y se decolora el producto, es cuando se dice que el período de vida caducó.

3.6. Análisis del control de calidad actual

Antes de planear los aspectos de calidad, nada es más importante que asegurarse de antemano el grado de variabilidad que exhibirá el sistema de control de calidad actual. Para ello, se debe proporcionar una predicción cuantitativa de qué tan adecuado es el proceso en sí, con el propósito de obtener información importante para establecer límites de control realistas.

3.6.1. Formatos de control y registro

Es importante llevar un registro de todos los datos recabados al implementar el sistema de control de calidad estadístico.

El número de observaciones, los días y el tamaño de la muestra para cada punto crítico a controlar fue elegido tratando de que estos fueran representativos, para el ensayo piloto.

Se elaborarán formatos específicos para el registro de los datos recolectados de los puntos críticos o variables a estudiar al aplicar el programa de control de calidad.

Este formato esta subdivido para una recolección por días, para un total de cinco muestras por día y del cual se llevará un control mensual, pero que se deberá analizar por semana para evaluar y verificar el comportamiento de la producción según el punto crítico o variable a estudiar, para su respectiva mejora continua.

3.6.2. Decisiones correctivas y/o preventivas

A pesar de que cuando el proceso de control de calidad en general muestre consistencia y poca variabilidad, se deben tomar las siguientes acciones correctivas y preventivas, como soporte a la retroalimentación del sistema de control de calidad y aunque el proceso sea estable estadísticamente, si no se remedia el mal detectado, éste se volverá crónico.

Las acciones de soporte necesarias para basar el proceso de control de calidad del proceso de extrusión de plásticos de polipropileno son:

- Supervisar en pasillos directamente a los aseguradores de calidad y analistas.
- Poner más cuidado en el método de trabajo.
- Capacitar a los aseguradores de calidad y analistas.
- Continuar con controles estrechos sobre los promedios del proceso de control de calidad en cualquier punto crítico.

Estas acciones de soporte al igual que las acciones secundarias se seleccionaron luego de realizar una sesión de lluvia de ideas de cómo mejorar el sistema de control de calidad con los coordinadores de área de investigación y desarrollo (I&D) así como con el jefe de producción.

Las acciones secundarias a tomar en cuenta son:

- Revisar y dar mantenimiento a la maquinaria y equipo del departamento de investigación y desarrollo.
- Mejorar los métodos de trabajo y las condiciones en las estaciones de trabajo.
- Documentar a los aseguradores de calidad y analistas con información impresa.

3.6.3. Espesor de la película de plástico

El proceso de extrusión por dado plano ofrece algunas variantes con respecto a la extrusión de película, siendo el método para obtener lámina para aplicaciones como hilo de rafia, película de polietileno y láminas de varios espesores para diversos usos.

Algunas características del proceso son: alta productividad, mejor enfriamiento y buen control de las dimensiones y propiedades del producto obtenido.

Las partes más importantes en la extrusión por dado plano son:

- Dado o cabezal
- Rodillo de enfriamiento
- Sistema de tiro
- Unidad de embobinado
- Componentes de la línea
- Dado o cabezal

En una línea de extrusión de película plana, el dado es la pieza esencial del sistema, ya que otorga la forma que el polímero tendrá en su aplicación final.

Para una correcta uniformidad en el espesor de la película a la salida del dado, el factor fundamental es el diseño y la distribución correcta de las temperaturas a lo largo del mismo, así como el ajuste de los labios por donde el plástico fluirá y tomará su forma final. Debe considerarse el ancho máximo de los labios del dado, debido al efecto de “formación de cuello” a la salida del dado y al recorte lateral, necesario para uniformizar los costados de la película. Los diseños de dados para la producción de película plana y lámina son similares, es posible distinguir tres tipos, con base en la forma del canal de distribución del polímero fundido a la salida del dado. Los diseños diferentes son los encargados de transformar secuencialmente el material fundido que avanza con un perfil cilíndrico en una lámina rectangular plana, libre de tensiones y esfuerzos, para evitar deformaciones en el tiempo de solidificación.

Los tipos de colectores o canales de distribución que distinguen el diseño de dado son:

- Tipo “T” (normal y biselado)
- Tipo “Cola de pescado”
- Tipo “Gancho para ropa”

El último es el más recomendado, ya que muestra gran consistencia en la uniformidad de distribución del flujo a pesar de cambios en las condiciones de operación.

La desventaja es el costo, ya que el diseño de alta tecnología de los canales de flujo eleva su precio en comparación con los otros tipos.

Si se toman en cuenta aspecto de calidad y costo, el diseño de colector tipo “Cola de pescado” es el más equilibrado, pero al igual que en el diseño tipo “T”, es necesario agregar elementos mecánicos que permitan hacer ajustes a la distribución de flujos cuando existan variaciones en las condiciones de proceso.

El diseño de “Gancho para ropa”, es usado preferentemente en operaciones en que la calidad y uniformidad de espesor del producto sean aspectos importantes, mientras en el otro extremo, el diseño del dado con colector “T”, tienen mejor aplicación en la producción de recubrimientos y laminaciones con papel y/o aluminio, donde las variaciones en uniformidad son prácticamente despreciables. Sumando a la incidencia del tipo de diseño sobre el costo de un dado plano, se debe considerar el área en el dado sujeta a presión, que es proporcional a la longitud de los labios de salida del dado.

Esta área, además de influir por el aumento en la cantidad de material de fabricación, tiene otro aspecto importante: las áreas que son recorridas por el plástico fundido están expuestas a grandes presiones y, por ello, deben ser utilizados mecanismos de cierre del dado de mejor desempeño, pero que también son más costosos.

Estos efectos son más críticos cuando se procesan materiales de alta viscosidad, se requiere el uso de sistemas de cierre mecánico reforzado por pistones hidráulicos o por diseños de dados especiales de mayor resistencia a presiones que tiendan a abrir los labios.

En dado de gran longitud de salida, el efecto de la presión causa el efecto llamado “Concha de almeja”, que es una deformación en la zona central del dado donde se presenta una mayor abertura por la deflexión de las paredes metálicas.

- Sistema de enfriamiento

Tomando una forma laminar al salir del dado, el polímero pasa por un corto tramo donde no hay contacto, excepto con el aire ambiental hasta llegar al rodillo en donde empieza el enfriamiento. En este punto, dos diferentes tipos de líneas de extrusión se pueden distinguir:

- Para película (10 – 400 m m)(0,01 – 0,4 mm)
- Para lámina (0,2 – 2,5 mm)

Esta última división se puede emplear en casos prácticos pero no es una clasificación definitiva, si se toma en cuenta que los criterios para distinguir una lámina de una película se basan en el espesor y en la posibilidad de formar rollos sin daños ni deformaciones permanentes, es característica sólo de las películas.

Ya que esta última cualidad no fácil se establece en un espesor definido, sino que aumenta de manera paulatina, no es imposible fijar una diferenciación exacta por espesor entre las películas y las láminas. Las diferencias entre las líneas de producción de película plana y de lámina termo formable se observan en la zona de rodillos de enfriamiento, donde el primer caso la película tienen contacto en un solo lado al momento de unirse al rodillo enfriador, mientras en la lámina termo formable, la resina cae entre dos rodillos que calibran el espesor final y permanece unida al rodillo mayor para continuar enfriándose.

El rodillo de enfriamiento requiere un efectivo sistema de intercambio de calor; entre mejor y más rápido sea el enfriamiento, mayor será la productividad y algunas propiedades físicas de la película, entre las que se incluye la transparencia. Para un mejor efecto de enfriado, varios sistemas acompañan al rodillo de enfriamiento:

- Cámaras de succión
- Cuchillas de aire
- Estabilizadores laterales

3.6.3.1. Cámara de succión

Auxilia para lograr un buen contacto entre la película y el tambor de enfriamiento, al crear un área de baja presión que jala a la película hacia el tambor, además de remover cualquier volátil que pueda adherirse al tambor y ocasione la reducción de la capacidad de enfriamiento.

3.6.3.2. Cuchilla de aire

Debido a que mecánicamente sería difícil oprimir la película contra el rodillo de enfriamiento, la cuchilla de aire realiza esta operación al lanzar una cortina de aire a alta presión contra la película en el punto de contacto con el rodillo. Cuando se usa el aire frío para la función, éste contribuye en parte con la remoción del calor excedente.

3.6.3.3. Estabilizadores laterales

Son boquillas de aire que reducen el encogimiento de los costados de la película.

- Elementos posteriores al enfriamiento

Ya estabilizado el polímero por el rodillo de enfriamiento, pasa por una serie de etapas preparándolo para su acondicionamiento final. El camino del plástico ya moldeado incluye rodillos libres, rodillos para eliminación de pliegues, medidor y controlador de espesor, un sistema de tratamiento superficial para facilitar la impresión, equipo de corte y succión de bordes.

Dependiendo de las especificaciones establecidas para el producto final, varían los equipos de corte longitudinal de las películas y de embobinado.

Dos tipos son utilizados: el corte lateral, para tener un producto con borde uniforme y el corte central, cuando se requiere de películas de un ancho menor al que se produce en el dado. En los corte laterales con funciones automatizadas, se cuenta con sistemas que conduce el recorte a equipos que reducen su tamaño hasta dejarlo disponible para reintroducirlo al extrusor.

- Equipos de corte
- Unidades de enrollado

Tienen la función de producir bobinas compactas y uniformes, pero generalmente la película es usada en otros procesos como impresión y/o envase. El producto debe ser de fácil procesamiento y uso, esto es, no presentar bloqueo y no estar excesivamente tenso.

Los procesos básicos de embobinado son:

- Embobinado por contacto
- Embobinado central

El embobinador por contacto es usado para obtener rollos de hilo rafia no sensible a la tensión, mientras que el embobinador central, se usa cuando se requiere de rollos donde se puede regular la compactación.

Los detalles de estos equipos son básicamente los mencionados para los bobinadores descritos en la sección de película tubular.

La coextrusión en dado plano, al igual que cualquier otro producto coextruido. La producción de película o lámina con distintas capas de dos o más materiales encuentra su principal diferencia con respecto a una línea de extrusión simple, en la construcción del cabezal dado.

En el caso de película o lámina plana, se pueden distinguir tres formas distintas de producción de coextrusiones, dependiendo de la forma en que los flujos de los distintos materiales se encuentren para formar una sola estructura:

- Flujos separados dentro del cabezal y unión de materiales externa
- Flujos separados dentro del cabezal y unión en la salida
- Flujos completamente juntos dentro del cabezal
- Flujos separados dentro del cabezal y unión externa

En este caso, cuando los materiales aún calientes se unen fuera de cabezal, corren independientes dentro de éste e incluso pasan al exterior por

dos aberturas o labios diferentes, siendo posteriormente unidos al contacto con el rodillo enfriador.

Puede ser instalado un rodillo que presione y asegure la unión de los materiales, aunque éste se vuelve indispensable sólo cuando una tercera capa de algún otro material frío se agrega al sistema o cuando debido a las altas velocidades de extrusión, pequeñas cantidades de aire pueden quedar atrapadas entre ambas capas. Para esta construcción de cabezal, las ventajas se observan cuando se quiere procesar dos materiales de propiedades de flujo muy diferente (principalmente temperatura de proceso), ya que el diseño de los canales de flujo de cada material puede ser completamente distinto y aislado térmicamente con relativa facilidad.

Entre las desventajas, sólo los dado con dos ranuras de salida son recomendables de construir, ya que de tres en adelante se convierten en dados de extrema complejidad y elevado costo.

Operativamente, el problema de manejar materiales distintos en un solo canal tiene el inconveniente de controlar dos salidas de materiales independientes. Además, las contradicciones laterales deben ser mínimas y la producción de humos entre las capas extraídas puede generar problemas de calidad en la lámina final. Un factor adicional a considerar, es que en la extrusión de películas muy delgadas que tienden a enfriarse rápidamente, se pueden presentar problemas de baja adhesión.

En este tipo de dados, los materiales llegan al cabezal y se distribuyen por colectores distintos, se unen antes de abandonar el dado, teniendo éste una construcción de varias entradas con otros canales de flujo y una sola ranura de salida.

En este tipo de coextrusión, los materiales que tienen distintas propiedades de flujo pueden ser controlados y ajustados individualmente, mientras que un control total del espesor se logra con mayor eficiencia al tener una sola ranura de salida. El aislamiento de los canales individuales, es posible de lograr, pero es más complejo que en la construcción del tipo mencionado en el inciso anterior. Como desventajas, además de los problemas de aislamientos ya mencionados, se debe considerar que la construcción del cabezal es compleja, aunque la introducción de hasta una cuarta capa es factible.

- Flujos separados dentro del cabezal y unión antes de salir
- Flujos juntos dentro del cabezal

Este tipo de coextrusión se puede realizar en cabezales convencionales, con la inclusión de un adaptador que dosifica los diferentes materiales para la formación de una sola corriente. La ventaja de este tipo de construcción, es que casi cualquier número de capas puede incluirse para obtener láminas de aplicaciones muy especializadas, todo esto con una complejidad relativamente menor a los métodos anteriores. Como restricción, se debe tomar en cuenta que los materiales deben tener propiedades reológicas y temperaturas de proceso similares. Se puede considerar que este es el sistema más usado en la producción de coextrusiones.

Aplicaciones de los productos

Película plana (0,01 – 0,4 mm)

- Película para bolsa
- Laminaciones
- Películas encogibles
- Películas para envolturas

- Películas de uso doméstico
- Para envase
- Películas para uso decorativo
- Películas para pañal
- Películas con relieve
- Cintas adhesivas
- Otras

Lámina termoformable (0,03 – 2,5 mm)

- Cubiertas
- Envases
- Desechables
- *Skin Pack*
- *Blister Pack*

Coextrusiones

- Envases de alimentos
- Envases de productos químicos

4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN

4.1. Implementación del sistema escogido

La norma ISO 9.001 plantea lo siguiente:

La organización (de la empresa) debe planificar y llevar a cabo la producción y la prestación del servicio bajo condiciones controladas. Las condiciones controladas deben incluir, cuando sea aplicable.

4.1.1. Materiales a utilizar

- La disponibilidad de información que describa las características del producto. Esta información es suministrada a través del proceso de diseño y desarrollo del cual hablamos en un artículo anterior.
- La disponibilidad de instrucciones de trabajo, cuando sea necesario, si estas instrucciones de trabajo no han sido elaboradas durante el proceso de diseño y desarrollo, es prudente analizar la competencia de aquellas personas que tienen relación directa con la calidad del producto (por ejemplo. operarios) y elaborarlas en caso de ser necesario. En ocasiones, se parte del supuesto de que el personal posee las competencias necesarias y solo se detecta que no es así cuando se producen no conformidades o cuando una determinada actividad se lleva más tiempo del planeado.

- Lo mejor es comunicarse con los operarios que trabajarán en cada etapa de la elaboración del producto y si es necesario, elaborar dichas instrucciones y constatar que el operario las tenga a la vista y las utilice.
- El uso del equipo apropiado, la identificación de los equipos, máquinas y herramientas apropiadas para elaborar el producto o prestar el servicio se realiza en la etapa de diseño y desarrollo, ahora de lo que se trata es de controlar que se utilicen los equipos y las herramientas recomendadas.
- La disponibilidad y uso de dispositivos de seguimiento y medición”, generalmente existen equipos, dispositivos y herramientas (calibradores, cintas métricas, etc.) que nos permiten mantener el control en la elaboración del producto sobre todo en lo relacionado con las dimensiones de dichos productos. Es necesario que estos equipos estén disponibles oportunamente.

4.1.2. Procedimiento de implementación

La implementación del seguimiento y de la medición, se trata de su utilización adecuada, para ello es necesario constatar que se utilice correctamente y que se tengan las condiciones adecuadas para ello.

La implementación de actividades de liberación, entrega y posteriores a la entrega.

En la fase de diseño y desarrollo se habló de unos criterios para la liberación del producto. En la fase de implementación se llevan a cabo actividades para esa liberación, tales como la revisión, verificación del cumplimiento de los requisitos, etc.

4.1.3. Pruebas preliminares

La organización debe validar aquellos procesos de producción y de prestación del servicio donde los productos resultantes no pueden verificarse mediante actividades de seguimiento o medición posteriores. Esto incluye a cualquier proceso en el que las deficiencias se hagan aparentes únicamente después de que el producto esté siendo utilizado o se haya prestado el servicio.

Aquí hablamos de aquellos productos como fósforos, veladoras, explosivos, etc, donde es difícil probar su funcionamiento después de elaborados sin afectar su vida útil. En estos casos el control del proceso de producción debe ser más exigente, sobre todo en la parte relacionada con las actividades de seguimiento y medición.

La validación debe demostrar la capacidad de estos procesos para alcanzar los resultados planificados. La organización debe establecer las disposiciones para estos procesos, incluyendo, cuando sea aplicable:

- Los criterios definidos para la revisión y aprobación de los procesos.
- Identificar y aprobar los equipos requeridos para el control de estos procesos, así como la calificación requerida del personal que manipulara los equipos.
- Identificar los métodos y procedimientos específicos a utilizar para controlar el cumplimiento de los requisitos del producto.
- Identificar los registros que deban hacerse para demostrar con evidencia objetiva el cumplimiento de los requisitos

- La revalidación.

Por último si es necesario se debe revalidar estos procesos de control.

4.1.4. Ventajas del sistema

Veamos inicialmente que define la norma ISO 9 000 como trazabilidad:

Definición de trazabilidad: capacidad para seguir la historia, la aplicación o la localización de todo aquello que está bajo consideración.

Al considerar un producto, la trazabilidad puede estar relacionada con:

- El origen de los materiales y las partes
- La historia del procesamiento.
- La distribución y localización del producto después de la entrega

Cuando sea apropiado, la organización debe identificar el producto por medios adecuados, a través de toda la realización del producto.

Existen productos en que se requiere mantener un estricto control durante su elaboración (esto es muy común en la industria militar, electrónica, química, de *software*, de explosivos, etc.) para ello se recurre al concepto de trazabilidad. Por ejemplo en la mayoría de los países se les hace seguimiento a las armas que salen al mercado.

La organización debe identificar el estado del producto con respecto a los requisitos de seguimiento y medición.

Cuando la trazabilidad sea un requisito, la organización debe controlar y registrar la identificación única del producto.

Generalmente a los productos se les asigna un código único (número serial) que permite su identificación en cualquier lugar donde esté aún después de salir al mercado (caso televisores, partes de computador, motores de automóviles, etc.).

En algunos sectores industriales, la gestión de la configuración es un medio para mantener la identificación y la trazabilidad.

En ocasiones el cliente facilita parte de los insumos o elementos para fabricar el producto, por ejemplo, se producen bicicletas. Es posible que el cliente aporte las llantas y los neumáticos para el producto, en estos casos la norma pide lo siguiente:

La organización (nuestra empresa) debe cuidar los bienes que son propiedad del cliente mientras estén bajo el control de la organización o estén siendo utilizados por la misma. La organización debe identificar, verificar, proteger y salvaguardar los bienes que son propiedad del cliente, suministrados para su utilización o incorporación dentro del producto. Cualquier bien que sea propiedad del cliente que se pierda, deteriore o que de algún otro modo se considere inadecuado para su uso debe ser registrado y comunicado al cliente.

La propiedad del cliente puede incluir la propiedad intelectual.

Como se puede observar, la norma es muy clara acerca de lo que la organización debe hacer con respecto a los bienes que son propiedad del cliente. Si le aplicamos un proceso lógico haremos lo siguiente:

- Recibir el bien.
- Verificar su estado (si se encuentran defectos comunicarlo al cliente).
- Hacer un registro adecuado de los bienes recibidos.
- Identificarlos debidamente.
- Protegerlos y salvaguardarlos adecuadamente (cuidados en la manipulación y el almacenaje).
- En caso de que alguno de estos elementos se pierda o deteriore se le debe comunicar al cliente.

Muchas veces los elementos que nos suministra el cliente son planos, manuales o nos suministra alguna información confidencial a lo que se le debe dar el tratamiento adecuado para proteger los derechos de propiedad intelectual.

La organización debe preservar la conformidad del producto durante el proceso interno y la entrega al destino previsto. Esta preservación debe incluir la identificación, manipulación, embalaje, almacenamiento y protección. La preservación debe aplicarse también a las partes constitutivas del producto.

El controlar y garantizar la calidad del producto no es solamente al momento de su fabricación, sino también se debe garantizar la conformidad con los requisitos en las fases subsiguientes hasta que el producto llegue a manos del cliente directo de nuestra organización (recordemos que el cliente directo es aquel que nos compra a nosotros el producto).

Sin embargo, con el objeto de garantizar el tratamiento adecuado hasta que el producto llegue a manos del usuario final se debe entregar la información suficiente a fin de darle el manejo confiable durante su transporte y almacenamiento. Es por esta razón que normalmente en los empaques de

productos aparecen mensajes como “frágil”, “este lado arriba”, “trátese con cuidado”, etc. que facilitan el tratamiento adecuado.

De todas formas de acuerdo a las características del producto y al tipo de material en que está elaborado, así será el tipo y las condiciones del empaque.

Las instrucciones para la identificación, manipulación, embalaje, almacenamiento y protección deben estar claramente establecidas y documentadas. Este tratamiento también debe dársele a las partes complementarias del producto como manuales de uso, accesorios y demás.

5. SEGUIMIENTO

5.1. Descripción de la situación posterior a la implementación

Proceso para asegurar que las actividades reales se ajusten a las actividades planificadas. Permite mantener a la organización o sistema en buen camino.

La palabra control ha sido utilizada con varios y diferentes sentidos. Control como función coercitiva y restrictiva, para inhibir o impedir conductas indeseables: como llegar con atraso al trabajo o a clases, hacer escándalos, etcétera.

Control como verificación de alguna cosa, para apreciar si está correcto, como verificar pruebas o notas.

Control como comparación con algún estándar de referencia como pesar una mercadería en otra balanza, comparar notas de alumnos, etcétera. Control como función administrativa, esto es, como la cuarta etapa del proceso administrativo.

Constituye la cuarta y última etapa del proceso administrativo. Este tiende a asegurar que las cosas se hagan de acuerdo con las expectativas o conforme fue planeado, organizado y dirigido, señalando las fallas y errores con el fin de repararlos y evitar que se repitan.

Establecimiento de estándares: un estándar puede ser definido como una unidad de medida que sirve como modelo, guía o patrón con base en la cual se efectúa el control.

Los estándares son criterios establecidos contra los cuales pueden medirse los resultados, representan la expresión de las metas de planeación de la empresa o departamento en términos tales que el logro real de los deberes asignados pueda medirse contra ellos.

Los estándares pueden ser físicos y representar cantidades de productos, unidades de servicio, horas-hombre, velocidad, volumen de rechazo, etc., o pueden estipularse en términos monetarios como costos, ingresos o inversiones; u otros términos de medición.

5.1.1. Medición de resultados

Si el control se fija adecuadamente y si existen medios disponibles para determinar exactamente que están haciendo los subordinados, la comparación del desempeño real con lo esperado es fácil. Pero hay actividades en las que es difícil establecer estándares de control por lo que se dificulta la medición.

Corrección: si como resultado de la medición se detectan desviaciones, corregir inmediatamente esas desviaciones y establecer nuevos planes y procedimientos para que no se vuelvan a presentar.

Retroalimentación: una vez corregidas las desviaciones, reprogramar el proceso de control con la información obtenida causante del desvío.

5.2. Monitoreo y medición mediante un análisis de resultados

Existen cuatro factores que deben ser considerados al aplicar el proceso de control.

- Cantidad
- Tiempo
- Costo
- Calidad

Los tres primeros son de carácter cuantitativo y el último es eminentemente cualitativo.

El factor cantidad se aplica a actividades en la que el volumen es importante.

A través del factor tiempo se controlan las fechas programadas. El costo es utilizado como un indicador de la eficiencia administrativa, ya que por medio de él se determinan las erogaciones de ciertas actividades. La calidad se refiere a las especificaciones que deben reunir un cierto producto o ciertas funciones de la empresa.

Tabla XVI. **Variables utilizadas con más frecuencia en los factores de control**

Cantidad	Tiempo	Costo	Calidad
Presupuestos	Estudios de tiempos	Presupuestos	Evaluación de la actuación
Estimaciones	Fechas límite	Costo por metro cuadrado	Pruebas psicológicas
Productos terminados	Programas	Costos estándar	Inspecciones visuales
Unidades vendidas	Tiempo - máquina	Pronósticos	Coeficientes
Unidades rechazadas	Medición del trabajo	Contabilidad	Rendimiento del personal
Inventarios de personal	Procedimientos	Productividad	Informes
Medición del trabajo	Estándares	Rendimiento s/inversión	Procedimientos
Pronósticos			Estándares
Control de inventarios			Calificación de méritos

Fuente: elaboración propia, 12/04/2010

5.2.1. Importancias del control

Establece medidas para corregir las actividades, de tal forma que se alcancen los planes exitosamente.

Se aplica a todo: a las cosas, a las personas y a los actos.

Determina y analiza rápidamente las causas que pueden originar desviaciones para que no vuelvan a presentarse en el futuro.

Localiza los sectores responsables de la administración, desde el momento en que se establecen medidas correctivas.

Proporciona información acerca de la situación de la ejecución de los planes, sirviendo como fundamento al reiniciarse el proceso de la planeación. Reduce costos y ahorra tiempo al evitar errores. Su aplicación incide directamente en la racionalización de la administración y consecuentemente en el logro de la productividad de todos los recursos de la empresa.

5.2.2. Tipos de controles

Control preliminar. Este control tiene lugar antes de principiar operaciones e incluye la creación de políticas, procedimientos y reglas diseñadas para asegurar que las actividades planeadas serán ejecutadas con propiedad. La consistencia en el uso de las políticas y procedimientos es promovida por los esfuerzos del control.

Control concurrente. Este control tiene lugar durante la fase de la acción de ejecutar los planes e incluye la dirección, vigilancia y sincronización de las actividades, según ocurran.

Control de retroalimentación. Este tipo de control se enfoca sobre el uso de la información de los resultados anteriores, para corregir posibles desviaciones futuras del estándar aceptable.

5.2.3. Áreas del control

El control, actúa en todas las áreas y en todos los niveles de una empresa. Prácticamente todas las actividades de una empresa están bajo alguna forma de control o monitoreo.

Preferentemente debe abarcar las funciones básicas y áreas clave de resultados como:

Control de producción. La función del control en esta área busca el incremento de la eficiencia, la reducción de costos y la uniformidad y mejora de la calidad del producto, aplicando técnicas como estudios de tiempos y movimientos, inspecciones, programación lineal, análisis estadísticos y gráficas.

Control de calidad.

Se refiere a la vigilancia que debe hacerse para comprobar una calidad específica tanto en materias primas como en los productos terminados. Establece límites aceptables de variación en cuanto al color, acabado, composición, volumen, dimensión, resistencia, etc.

Control de inventarios.

Se encarga de regular en forma óptima las existencias en los almacenes de: repuestos, herramientas, materias primas, productos en proceso y terminados. Protege a la empresa de costos innecesarios por acumulamiento o falta de existencias en el almacén.

Control de compras.

Esta función verifica el cumplimiento de actividades como:

- Selección adecuada de los proveedores
- Evaluación de la cantidad y calidad especificada por el departamento solicitante
- Control de los pedidos desde el momento de su requisición hasta la llegada del material
- Determinación del punto de pedido y reorden
- Comprobación de precios

Control de mercadotecnia. Se efectúa mediante el estudio de informes y estadísticas donde se analiza si las metas de mercadeo se han cumplido o no. Comprende áreas tales como ventas, desarrollo de productos, distribución, publicidad y promoción.

Control de ventas. Los pronósticos y presupuestos de ventas son esenciales para el establecimiento de este control. La función de este sistema sirve para medir la actuación de la fuerza de ventas en relación con las ventas pronosticadas y adoptar las medidas correctivas adecuadas.

Control de finanzas. Proporciona información acerca de la situación financiera de la empresa y del rendimiento en términos monetarios de los recursos, departamentos y actividades que la integran.

Control de recursos humanos. Su función es la evaluación de la efectividad en la implantación y ejecución de todos y cada uno de los programas de personal y del cumplimiento de los objetivos de este departamento, aplicando la evaluación al reclutamiento y selección, capacitación y desarrollo, motivación, sueldos y salarios, seguridad e higiene y prestaciones.

5.3. Evaluaciones del cumplimiento con los requisitos establecidos

Se refiere al conjunto de procedimientos propios de un arte, ciencia u oficio. Habilidad con que se utilizan esos procedimientos. Método, habilidad, táctica

Tomando en cuenta la definición de la palabra técnica, se puede definir a las técnicas del control como todos los procedimientos o métodos usados en una organización para controlar o supervisar un proceso automatizado o actividad humana.

Existen diferentes técnicas de planeación-control que usa un ejecutivo. Por ejemplo, las normas administrativas que son un tipo de planeación importante, también se usa para propósitos de control. En forma similar los presupuestos son planes, y su uso, adecuadamente llamado formulación de presupuestos, es esencialmente una función de control, así como los estudios de evaluación de personal están realizados de acuerdo con el proceso de control.

A continuación se muestra algunas técnicas de control más comúnmente usadas:

Presupuesto: un mecanismo ampliamente usado para el control administrativo es el presupuesto. Por tanto se ha supuesto, a veces, que la presupuestación es el mecanismo para llevar a cabo el control.

La presupuestación es la formulación de planes para un determinado período futuro en términos numéricos. Como tales los presupuestos son estados de resultados anticipados. En términos financieros como en los de ingreso y capital o en aspectos no financieros como en el caso de horas de mano de obra directa, materiales, volumen físico de ventas o unidades de producción, se dice que los presupuestos es la monetización de los planes.

Los presupuestos obligan a la planeación y permiten que la autoridad sea delegada sin pérdida de control. Es decir, la reducción de los planes a números definitivos obliga a usar una clase de método que permite al administrador ver claramente qué capital será necesario, para quién, dónde y qué costo, ingreso o unidades de insumo o producto físico incluirán sus planes. Una vez hallado esto, puede delegar más libremente la autoridad para efectuar el plan dentro de los límites del presupuesto.

5.4. Auditorías periódicas del sistema de gestión

Son especialmente útiles en el control del funcionamiento general de la empresa. En él puede observarse los cambios que se efectúan y analizarse los desarrollos generales.

Un resumen de las partidas del balance general que abarquen un período relativamente largo, muestra importantes tendencias y permite que el gerente obtenga una apreciación amplia de la actuación general y de lo que pudiera ameritar algunas modificaciones.

5.4.1. Estado de ganancias y pérdidas

Muestran en forma breve el monto del ingreso, las deducciones y el ingreso neto. Estados de ganancias y pérdidas comparativos permite al gerente localizar dificultades y ponerles remedio.

Se pueden crear estados de ganancias y pérdidas tentativos, utilizándolos como metas hacia las cuales tender. La actuación se mide con referencia a esas metas, que equivalen a normas para fines de control.

Este tipo de instrumento se aplica más comúnmente a una empresa completa o, en el caso de una corporación, a sus subsidiarias. Cualquiera sea la unidad, el gerente deberá tener suficiente autoridad para manejarlos, porque de otra manera, el estado no revelará íntegramente las actividades sobre las cuales pueda él ejercer control, y por lo tanto no será un buen medio de control.

5.4.2. Auditoría financiera

La auditoría financiera es la inspección periódica de los registros contables, para verificar que estos hayan sido adecuadamente preparados y estén correctos, además ayuda al control general de la empresa.

Se realiza para hacer comprobaciones de la exactitud de los registros y al mismo tiempo revisa y evalúa los proyectos, actividades y procedimientos de la empresa.

Permite hacer comparaciones entre lo que se esperaba lograr (estándar) y lo que en realidad se está logrando. Pone en evidencia cualquier desviación y se ofrecen sugerencias de acciones correctivas.

Este tipo de auditoría de registros contables y reportes de la misma área, debe ser realizado por una firma externa de contadores públicos. Saber que los registros son precisos, ciertos y de acuerdo con las prácticas contables aprobadas forma una base confiable para los propósitos de un buen control general.

5.4.3. Auditoría administrativa

Es la confrontación periódica de la planeación, organización, ejecución y control administrativo de una compañía. Revisa el pasado, presente y futuro de empresa. Además, chequea las diferentes áreas de la compañía con el fin de verificar si están logrando el máximo resultado de sus esfuerzos. Solo se puede realizar una auditoría administrativa a una organización que tenga suficientemente tiempo funcionando. Esto ayuda a establecer un patrón de su comportamiento.

Los beneficios de este tipo de auditoría son:

- Revisión de las nuevas políticas y prácticas, tanto respecto a su conveniencia como a su cumplimiento.

- Identificación de áreas débiles dentro de la organización que requieren mayor apoyo.
- Mejor comunicación, esto permite informar a los empleados del estado de la compañía.
- Mide el grado de efectividad de los controles administrativos actuales,
- La auditoría administrativa se ocupa del punto de vista general, no evalúa el funcionamiento personal.

Los resultados de la auditoría administrativa son reflejados en un reporte de auditoría que está escrito desde un punto de vista y con un estilo que presente resultados y recomendaciones objetivas, haciéndolos tan impersonales como sea posible. El trabajo del auditor es practicar la auditoría y la implementación de sus recomendaciones es potestad del gerente que tenga la autoridad suficiente sobre el área o la actividad de que se trate.

En otras palabras, si un funcionario puede hacer el cambio deseado, un reporte de auditoría debe ir dirigido a él.

5.4.4. La auditoría en sí certifica

Lo que la organización ha hecho por sí misma y lo que ha hecho para sus clientes o receptores de los productos o servicios que proporciona, para esto debe evaluar ciertos factores tales como: atributos de estabilidad financiera, eficiencia de la producción, efectividad en las ventas, desarrollo del personal, aumento de utilidades, relaciones públicas y responsabilidad cívica.

5.4.5. Reportes informes

Son todos aquellos que facilitan el proceso de control como por ejemplo: reportes de producción, informes de embarque, reportes financieros, etc.

El estudio de los datos que ellos arrojan y su comparación con otros reportes similares ayudan al gerente a la toma de decisiones y a un mayor conocimiento del estado de la empresa.

5.5. Corrección de las no conformidades y toma de acciones para el cumplimiento de la propuesta

Es muy importante para un buen control los análisis estadísticos de los innumerables aspectos de la operación de un negocio o empresa, así como la presentación clara de estos, ya sean históricos o de pronóstico. La mayor parte de los administradores comprenden mejor los datos estadísticos cuando se le presenta en forma gráfica, allí se representan mejor tendencias y relaciones.

Los datos deben ser presentados en forma tal que puedan realizarse comparaciones con ciertos estándares. Ejemplo: ¿Qué significa un aumento del 3 al 10%, o una reducción en las ventas o los costos?, ¿Qué era lo que se esperaba? ¿Cuál era el estándar? ¿Qué tan seria es la desviación? ¿Quién es el responsable?

Puesto que ningún administrador puede hacer nada con respecto al pasado, es esencial que los reportes estadísticos muestren tendencias para que las personas que los observan puedan extrapolar y estimar el rumbo, o tendencia.

Esto significa que la mayor parte de los datos, cuando se presentan en gráficas, deben estar disponibles en promedios de tiempos para eliminar las variaciones debidas a períodos contables, factores estacionales, ajustes contables y otras variaciones asociados con tiempos determinados.

5.5.1. Gráfica de punto de equilibrio

La gráfica de punto de equilibrio es un interesante método de control, ella ilustra la relación entre las ventas y los gastos de manera que indica qué volumen de ingresos cubre en forma exacta los gastos. Un volumen inferior de las ventas con respecto al punto de equilibrio ocasionarían pérdidas y uno superior trae utilidad. El punto de equilibrio también puede venir expresado en unidades de artículos vendidos, porcentaje usado de la planta o en términos similares.

Con frecuencia se confunde el análisis de punto de equilibrio con presupuesto variable. Aunque ambas herramientas utilizan en gran medida la misma clase de datos básicos de entrada, el presupuesto variable tiene como propósito el control de los costos, en tanto que la gráfica de punto de equilibrio pretende pronosticar las utilidades, lo cual significa que debe incluir datos de ingresos. Además, dado que se les utiliza para el control presupuestal, el presupuesto variable puede reflejar unidades de organización, en tanto que la gráfica se utiliza por lo general para conocer la redituabilidad de determinado curso de acción, comparado con otras alternativas.

Este análisis es especialmente útil en la planeación y el control, debido a que hace hincapié en el impacto de los costos fijos sobre las utilidades de ventas o costos adicionales

5.5.2. La gráfica de Gantt

Aunque el concepto es simple, ésta gráfica, que muestra las relaciones de tiempo entre los eventos de un programa de producción, se ha considerado como la innovación revolucionaria de la administración.

Lo que Gantt identificó fue que las metas totales del programa deben considerarse como una serie de planes derivados (eventos) e interrelacionados, que las personas pueden comprender y seguir. Los progresos más importantes de este tipo de control reflejan este principio simple y también principios básicos de control como la elección de elementos estratégicos o críticos de un plan para verificarlos en forma cuidadosa.

5.5.3. Pert (Técnica de revisión y evaluación de programas)

La técnica del Pert se utiliza se utiliza en forma amplia en muchas operaciones y en particular en proyectos de construcción. Esta técnica capacita a los administradores para saber que tendrán problemas en áreas como costos o entregas a tiempo, a menos que tomen una acción ahora mismo. El Pert permite a los administradores hacer un análisis del tiempo y eventos observando como encajan entre sí los elementos. Además, impone la planeación en toda línea de autoridad, debido a que cada administrador subordinado debe planear el evento del que es responsable.

Concentra la atención en elementos críticos que pueden requerir corrección y hace posible una clase de control con alimentación hacia delante, una demora afectaría a los eventos subsecuentes y posiblemente a todo el proyecto, a menos que el administrador pueda de alguna manera recuperar el tiempo reduciendo el de alguna otra actividad en el futuro.

El sistema de red con sus subsistemas hace posible dirigir reportes y presiones para emprender acciones al lugar apropiado y al nivel adecuado de organización, en el momento oportuno.

Pert no es una panacea. No lleva a cabo la planeación, aunque la impone. No hace que el control sea automático, aunque establece un medio ambiente en el que es posible apreciar y utilizar principios sólidos de control.

6. IMPACTO AMBIENTAL

6.1. Consideraciones claves en el proceso de evaluación de impacto ambiental

6.1.1. Propósito

El propósito de un proyecto propuesto es la justificación para llevar a cabo la acción.

Una descripción clara del propósito para una acción, en particular, presenta la perspectiva con la cual se puede evaluar cuan razonable son las alternativas durante un período específico de planificación. Sin un propósito justificado claramente, el proyecto no debería seguir adelante.

6.1.2. Necesidad

La necesidad para la acción podría ser una política que requiera implementación o un problema específico que deba tratarse.

6.1.3. Participación pública

La participación pública en un proceso de evaluación de impacto ambiental. Es un componente crítico para lograr la meta de tener un proceso de toma de decisiones abierto al público. Su participación debe empezar en la primera etapa de la planificación de un proyecto y debe continuar hasta el proceso de la selección de alternativas y mitigación.

La participación del público se puede formalizar estableciendo fechas para audiencias y sesiones de información pública, con la creación de grupos de asesoría pública, distribuyendo la información concerniente al estatus de la planificación del proyecto. El proceso le proporciona voz al público en cuestiones que tal vez impliquen directamente la salud, el bienestar y la calidad de vida de comunidades e individuos.

Una corriente abierta de información puede fomentar consideraciones objetivas sobre una gama total de cuestiones relacionadas a la planificación de un proyecto. Puede proveer la posibilidad de tomar decisiones razonables las comunidades y ciudadanos sobre los beneficios y los riesgos de acciones propuestas.

Las actividades iniciales diarias posiblemente son llevadas a cabo por el personal de una agencia ambiental o por otros especialistas ambientales; el público tal vez no esté involucrado a este nivel. Sin embargo, hay ciertos puntos en el proceso en donde la participación pública se puede lograr prontamente y tal vez sea lo más efectivo.

Dichos puntos son:

- Notificación de la intención de efectuar una evaluación de impacto ambiental para una acción propuesta.
- La esfera de acción del proyecto y el alcance del proceso de evaluación.
- Cuando se completa el documento borrador, si se va a circular para recibir comentarios del público.
- Publicación del reporte final de la evaluación, si va a circular para recibir comentarios.
- La decisión final de la agencia.

La participación pública también se puede alentar estableciendo los comités de acciones de los ciudadanos que tal vez incluyan grupos que representan grupos cívicos, intereses ambientales y las actividades de negocios.

Esos comités pueden servir como punto de acción o canal conductivo de esfuerzos de participación pública mediante la distribución de información sobre el proyecto para dirigir los comentarios públicos a los representantes nombrados para el proyecto. Idealmente, el propósito principal de dichos comités es facilitar la colección o la diseminación de información importante a la acción, en vez de defender o de oponerse a una acción particular o alternativa.

Los individuos o los grupos que posiblemente poseen conocimiento especializado sobre el medio ambiente afectado, deben ser vehementemente alentados a participar y a incrementar la evaluación de impacto ambiental.

Algunas veces, los grupos locales, poseen información detallada sobre la distribución y la abundancia de especies animales y vegetales en sus áreas geográficas. Esta información es muy importante para la planificación del proyecto y para comparar alternativas si es publicada con anticipación en el proceso de la evaluación de impacto ambiental.

Debido a que la participación pública es un componente tan esencial en el proceso de la evaluación de impacto ambiental, se debe preparar un plan de trabajo durante el inicio de la planificación.

Tal plan de trabajo debe describir cómo será conducida, alentada y facilitada la participación pública. Debe incluir programas y horario de actividades, arreglos de personal, requisitos de presupuestos, métodos para la distribución de información e identificación de puntos clave en el proceso en donde la participación pública será enfatizada.

Mientras el proceso se desarrolla, se debe mantener una total documentación de la participación y también de los comentarios específicos del público.

6.2. El estudio de pre evaluación

Es el estudio temprano y abierto de consideración de cuestiones y selección de alternativas que serán examinadas en la evaluación de una acción, política o programa específicos.

Ello ayuda a asegurar que los problemas reales han sido identificados tempranamente y estudiados correctamente para no perder tiempo y esfuerzo por considerar cuestiones sin pertinencia. Además, el informe debe estar equilibrado al ser publicado.

Cuando se requiere una evaluación de impacto ambiental para una acción propuesta, es esencial planear la pre-evaluación del estudio en el principio del proceso.

Muchos proyectos tal vez involucran un número sustancial de alternativas factibles y un espectro de impactos posibles. Para conducir la evaluación de una manera eficaz y sistemática, el alcance de las cuestiones que van hacer estudiadas detalladamente se puede derivar y aprobar en el principio del proceso. Esta fase de planificación temprana generalmente se nombra el ámbito de acción.

La etapa del estudio de pre-evaluación se usa para determinar la amplitud de las cuestiones a ser enfocadas y para identificar y eliminar, desde el estudio detallado hecho, las cuestiones no significativas tratadas en anteriores evaluaciones de impactos ambientales.

La participación pública debe iniciarse durante la etapa del estudio de pre-evaluación.

Eso se puede lograr mediante un anuncio público de la intención de conducir una evaluación para una acción específica. Dicho anuncio de intención debe incluir una descripción de la propuesta de cómo el público podrá participar en el proceso.

El involucrar tempranamente al público, tal vez conduzca a una identificación más detallada de los recursos ambientales mas sensibles y a la publicación de cuestiones de preocupación comunitaria significativa.

Típicamente, el estudio de pre- evaluación se conduce en una reunión o en una serie de reuniones de coordinación con el proponente del proyecto, el público y el delegado gubernamental responsable del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

La estructura de las reuniones tal vez varíe dependiendo de la naturaleza y la complejidad de la acción propuesta y del número de participantes interesados. Las reuniones menos importantes durante la etapa del estudio de pre-evaluación deben ser conducidas como conferencias de negocios, con los participantes contribuyendo en las decisiones informales de las cuestiones.

Las reuniones de gran importancia deben requerir una atmósfera más formal, como las de reuniones de audiencias públicas, en donde se les brinda a las partes interesadas la oportunidad de presentar testimonio.

Otros tipos de reuniones de estudio de pre-evaluación pueden incluir talleres con participantes en pequeños grupos explorando alternativas y diseños diferentes. Como es el caso del procedimiento de análisis en todas las etapas de la evaluación de impacto ambiental, la documentación del proceso en la etapa del estudio de pre-evaluación debe ser sistemática y completa.

Una vez que se logre llegar a un acuerdo sobre los detalles del enfoque para una acción particular, la agencia u organización que está conduciendo la evaluación, debe preparar un plan de trabajo que exponga las consideraciones clave en el proceso.

6.3. Enfoques interdisciplinarios

El ámbito de la mayoría de las evaluaciones de impacto ambiental es lo suficientemente amplio para necesitar contribuciones de un espectro de expertos técnicos y científicos. Por esta razón, un enfoque interdisciplinario suministrará claramente la información más valiosa para el proceso decisivo.

Un informe para un proyecto importante considerará comúnmente las condiciones ambientales, los potenciales sobre la calidad de aguas superficiales y comunidades acuáticas, calidad de aguas subterráneas y su abastecimiento, vegetación terrestre y fauna silvestre, calidad del aire y salud humana, geología (inclusive topografía y análisis de suelos), infraestructura (transportación, demografía, socio economía) y recursos culturales. Un estudio detallado de todos los sistemas necesita la colaboración de expertos en todos estos campos. En algunos casos se necesitará añadir otros expertos al equipo interdisciplinario según progresa la evaluación.

Un grupo más pequeño de individuos con acceso a los dictámenes de los expertos técnicos, podrán escribir el reporte final.

6.4. Alternativas a la acción propuesta

Son maneras diferentes para satisfacer el propósito y necesidad generales de una acción, proyecto o programa propuesto.

Las alternativas pueden incluir una o varias de las siguientes acciones:

- Evitar el impacto total al no desarrollar todo o parte de un proyecto.
- Minimizar los impactos a través de limitar la magnitud del proyecto.
- Rectificar el impacto a través de reparar, rehabilitar o restaurar el ambiente afectado.
- Reducir o eliminar el impacto a través del tiempo, por la implementación de operaciones de preservación y mantenimiento durante la vida útil del proyecto.
- Compensar el impacto producido por el reemplazo o sustitución de los recursos afectados.

La identificación, descripción, evaluación y comparación de vías alternas para llegar al propósito y necesidad básica para una acción propuesta, son cruciales para la objetividad del proceso de evaluación. En la mayoría de los casos, el equipo de evaluadores puede identificar varias alternativas que son razonables, factibles y llenarían las necesidades expresadas de la acción.

Cuando no hay un análisis cuidadoso y objetivo de varias alternativas, el proceso de la evaluación tiende simplemente a firmar una acción seleccionada y luego pierde poder como instrumento de toma de decisión.

La descripción cuidadosa de las alternativas facilita su comparación en cuanto a sus riesgos y beneficios técnicos, ambientales y económicos.

El análisis de alternativas debe discutir las en función de una acción específica, tales como no proceder con la acción, llevar a cabo la acción en otra localidad o instalación o implementar una solución no estructural.

Por lo general, no es suficiente discutir sólo alternativas dentro de una acción, tales como usar diseños y materiales diferentes o cambiar ligeramente la orientación de la instalación dentro de los confines del proyecto.

Las alternativas consideradas deben incluir la de no acción, la opción de no ejecutar ninguna de las alternativas de acción. La alternativa de no acción representa una base objetiva, contra la cual se pueden medir las otras alternativas y podría ser la preferida en el análisis final.

6.4.1. Impacto

Se considera como impacto ambiental cualquier alteración significativa, positiva, negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocado por acción del hombre o un fenómeno natural en un área de influencia definida.

6.4.1.1. Impactos primarios

Los impactos primarios de una acción son aquellos efectos directos que causan la acción y que ocurren generalmente al mismo tiempo y en el mismo lugar. Por lo general se asocian con la construcción, operación, mantenimiento de una instalación o actividad y generalmente son obvios y cuantificables. Los impactos primarios pueden incluir efectos como

- La remoción del uso productivo de cantidades significativas de terrenos agrícolas de importancia o únicos en su género.

- El comprometimiento o destrucción de ecosistemas sensibles, inclusive pantanos, bosques, zonas costeñas, llanos aluviales, hábitat natural y el hábitat de especies amenazadas o en peligro de extinción.
- La degradación de la calidad del agua superficial debido a erosión durante la construcción o a la descarga excesiva de contaminantes en los desagües.
- La alteración de las características de las aguas subterráneas debido a construcción, bombeo o extracción durante la operación.
- La alteración o destrucción de áreas históricas, arqueológicas, geológicas, culturales o recreativas.
- El desplazamiento de domicilios, negocios y servicios.
- El aumento en la generación de concentraciones de contaminantes aéreos y aumento en los niveles de olores y ruidos en el ambiente.
- La creación de agravamientos de problemas de salud pública.
- La violación directa durante la construcción y operación, de las leyes o reglamentos nacionales, regionales o locales referentes al uso apropiado de los terrenos o de los planes exigidos por tales leyes o reglamentos.

6.4.1.2. Impactos secundarios

Los impactos secundarios de una acción son los cambios indirectos o inducidos en el medio ambiente, la población, el crecimiento económico y uso de terrenos y otros efectos ambientales resultantes de estos cambios. En otras palabras, los impactos secundarios cubren todos los efectos potenciales de los cambios adicionales que pudiesen ocurrir más adelante o en lugares diferentes como resultado de la implementación de una acción en particular.

Los impactos secundarios pueden incluir por ejemplo, la construcción adicional y/o desarrollo, aumento del tráfico, aumento de la demanda recreativa y otros tipos de impactos fuera de la instalación, generados por las actividades de la instalación. Tales cambios inducidos pueden afectar gradualmente de manera adversa al medio ambiente o los alrededores de la acción específica.

Una evaluación de impacto ambiental debe incluir un análisis de impactos secundarios y una demostración de que dichos impactos satisfacen al máximo posible, las tácticas y normas ambientales que aplican. El análisis de impacto secundario debe incluir la extensión geográfica probable del desarrollo inducido, su relación con el plan ambiental maestro para la región, una evaluación de los impactos inducidos en la calidad de aire y agua y una evaluación del desarrollo inducido en cuanto a todos los recursos y tácticas de desarrollo que apliquen.

6.4.1.3. Impactos a corto plazo

Dependiendo de su duración, los impactos pueden ser a corto o largo plazo. La identificación de los impactos a corto y largo plazo es importante debido a que la significancia del mismo podría estar relacionada con su duración en el medio ambiente.

Por ejemplo, la pérdida de pasto u otra vegetación herbácea en un área, podría considerarse un impacto a corto plazo porque el área podría revegetarse muy fácilmente en un período corto de tiempo con semillas y cobertura.

6.4.1.4. Impactos a largo plazo

Son los que su tiempo de duración son plazos considerados largos o mayores de un año. Por ejemplo, se podría mencionar la pérdida de un bosque maduro; puede considerarse un impacto a largo plazo debido al tiempo necesario para reforestar el área y para que los árboles lleguen a la madurez.

6.4.1.5. Impactos positivos

La información sobre los impactos ambientales potenciales de una acción propuesta forma la base técnica para comparaciones de alternativas, inclusive la alternativa de no acción. Todos los efectos ambientales significativos, inclusive los beneficiosos, deben recibir atención.

6.4.1.6. Impactos negativos

Aunque en sentido negativo, muchas acciones tienen efectos positivos significativos que deben definirse y discutirse claramente. Esto es particularmente apropiado para las acciones remediadoras de redesarrollo, cuyo propósito y necesidad específicos es remediar cualquier condición indeseable.

6.4.1.7. Impactos acumulativos

Los impactos acumulativos son aquellos impactos ambientales resultantes del impacto incrementado de la acción propuesta sobre un recurso común cuando se añade a acciones pasadas, presentes y razonablemente esperadas en el futuro.

Los impactos ambientales acumulativos pueden ocurrir debido, a los efectos colectivos de acciones individualmente menores a través de un período de tiempo.

Las circunstancias que generan impactos acumulativos podrían incluir:

- Impactos en la calidad del agua debidos a una emanación que se combina con otras fuentes de descarga o con desagües no provenientes de un solo punto.
- Impactos en la calidad del aire que resulten de las emisiones industriales o comerciales operadas en la misma región geográfica.
- Pérdida y/o fragmentación del hábitat ambientalmente sensibles (bosques, pantanos, tierras agrícolas) resultante de la construcción de varios desarrollos residenciales o comerciales independientes.

La evaluación de impactos acumulativos es difícil, debido en parte a la naturaleza especulativa de las acciones futuras posibles y en parte debido a las complejas interacciones que necesitan evaluarse cuando los efectos colectivos se consideran. Los impactos acumulativos podrían ser simplemente agregables en sus efectos, pero potencialmente podrían interactuar de manera sinérgica o antagonista. Los modelos de calidad de agua y aire dan medidas para estudiar los efectos de los impactos acumulativos.

El análisis de impactos acumulativos puede ser particularmente complejo cuando las relaciones de causa y efecto no son estrictamente agregables, como cuando las relaciones son discontinuas o no lineales. Por ejemplo, una acción que tiene poco impacto por sí sola puede traer uno o más atributos ambientales al portal de daño irrevocable, con impactos potencialmente serios para los ecosistemas afectados.

Un sistema en el cual un impacto incremental tiene mayor efecto que el incremento anterior se denomina no lineal, podría ser importante considerar este aspecto no lineal en una evaluación de impacto ambiental porque asumir la linealidad subestimaría el impacto acumulativo real de la acción.

Igualmente, los impactos acumulativos podrían subestimarse cuando varios efectos actuaran sinérgicamente, o sea, cuando la suma compuesta de los efectos fuese mayor que su suma simple.

6.4.1.8. Otros impactos

6.4.1.8.1. Impactos directos

Es la alteración que sufre un elemento del ambiente en algunos de sus atributos por la acción directa del hombre o la naturaleza.

6.4.1.8.2. Impactos indirectos o inducidos

Son los efectos que se derivan de los impactos primarios o de la interacción de todos aquellos que integran un proyecto.

6.4.1.8.3. Impacto reversible

Es aquel cuyos efectos sobre el ambiente pueden ser mitigados de forma tal, que se restablezcan las condiciones preexistentes a la realización de la acción.

6.4.1.8.4. Impacto irreversible

Es aquel que por la naturaleza de la alteración no permitirá que las condiciones originales se restablezcan.

6.5. Usos a corto plazo

Las decisiones equilibradas en el proceso de evaluación de impacto ambiental es un aspecto que aplica, no solamente a la evaluación de alternativas específicas sino también al equilibrio general de usos de recursos naturales a corto plazo. Por ello, es importante que sean identificados los impactos ambientales potenciales de una acción propuesta cuyos beneficios puedan responder a una necesidad a corto plazo.

6.6. Mantenimiento

Como parte relativamente nueva dentro del contenido se ha estado planteando la necesidad de efectuar un mantenimiento que se basa en efectuar una revisión por medio de exámenes metodológicos que involucran análisis, pruebas y confirmación de procedimientos. Además de analizar prácticas que llevan a la verificación del cumplimiento de requerimientos legales políticas internas y/o prácticas aceptadas.

El tipo de mantenimiento debe desarrollarse estableciendo metas para mejorar la calidad de los recursos afectados a corto y/o largo plazo.

6.7. Realce del medio ambiente a largo plazo

El tiempo de recuperación del medio ambiente afectado requiere mejorar la calidad de los recursos que sufrieron algún tipo de impacto. Preservarlos, si en su caso lo requiera, con metas ambientales a largo plazo. Toda restauración debe buscar el retornar una población o ecosistema degradado a una regeneración similar a la original.

6.8. Mitigación y compensación

Mitigación es la implementación intencional de decisiones o actividades diseñadas para reducir en el medio ambiente los impactos indeseables de una acción propuesta.

Mitigación es un concepto generalizado que podría incluir:

- Evitar completamente los impactos al no tomar una acción en particular.
- Disminuir los impactos al limitar la magnitud de la acción.
- Reparar o restaurar características particulares del medio ambiente afectado.

- Reducir los impactos a través del tiempo, por ejemplo al llevar a cabo las actividades de mantenimiento durante toda la duración de la acción.
- Compensar los impactos al proporcionar adiciones y sustitutos para el medio ambiente afectado por la acción.

Nótese que estos tratamientos de las categorías de mitigación se arreglan en el orden jerárquico de su deseabilidad. En otras palabras, es más deseable evitar impactos que tener que restaurar el ambiente o proporcionar compensaciones por los mismos.

Los impactos ambientales indeseables que se identifican temprano en un proceso de evaluación de impacto ambiental, pueden evitarse o disminuirse con modificaciones cuidadosas en el diseño de la acción propuesta.

6.8.1. Planificación

En un proceso bien planificado, todos los medios razonables dedicados a disminuir impactos se incorporan dentro de las opciones durante el análisis de alternativas y el diseño del proyecto.

Una reducción significativa de los impactos puede lograrse con el uso cuidadoso de las opciones de análisis de alternativas y opciones de mitigación. Es a través de estos medios que el proceso de evaluación de impacto ambiental funciona para prevenir los impactos ambientales significativos.

6.8.2. Programación

En general, se puede indicar que para la programación de las medidas de mitigación se incluyen:

- Medidas de ingeniería: han sido la solución más común para la mitigación de los impactos adversos debido a un proyecto. Por lo anterior, esta solución se considera como una parte del diseño de ingeniería del proyecto. Los técnicos que estudian los impactos ambientales de un proyecto pueden proporcionar información valiosa para la selección de estas medidas; pero, el diseñador es el responsable de incluir dichas medidas en el proyecto en su conjunto.
- Medidas de manejo: involucran el conocimiento de las condiciones de operación del proceso con el fin de ajustarlas a las necesidades ambientales. Se basan en el reconocimiento de niveles tolerables de impactos sobre el ambiente, los cuales pueden variar con el tiempo. Por lo tanto, los objetivos de estas medidas son monitorear las condiciones ambientales y el mantener un nivel de impacto dentro de los rangos aceptables y/o tolerables.
- Revisión de políticas: después que se han estudiado las medidas de ingeniería y de manejo puede que con ellas no sea factible alcanzar las normas y criterios ambientales existentes. Bajo estas circunstancias, puede ser conveniente la revisión de políticas que involucran una comparación, entre la necesidad de instituir un proyecto y el deseo de cumplir con las normas y/o criterios ambientales existentes.

CONCLUSIONES

1. Por medio del incremento en la velocidad con la que se extruye el polipropileno, se logró incrementar 15kg por hora en el extrusor # 2, siendo esta la máquina bajo estudio. Esto significa que la máquina en una año producirá más de 125 000kg, que es equivalente a más de US\$50 000,00, que se podrán vender en sacos de polipropileno.
2. Se incrementó la productividad de la empresa en todas las áreas de producción, como se mostró en las gráficas o indicadores de TVC. El incremento en el área de extrusión, después de implementar las mejoras fue de 10.33%, respecto al período base del año 2010 (TVC año 2009) y el período de implementación (abril 2010 – septiembre 2010).
3. Mediante la implementación del indicador TVC y utilización de capacidad se logró determinar las principales causas por las que se tienen tiempos muertos en extrusión y se determinaron planes de acción para reducir tiempos muertos. Como consecuencia de esto se logró incrementar el TVC de extrusión un 10,33% en el período de implementación.

4. Para mantener un control adecuado en la calidad del producto, fue necesaria la implementación de hojas de control como la SA-PPEX-0032-V1, SA-PPCO-0012, entre otras. Además se realizaron diagramas de Pareto, por ejemplo el SA-PPDI-0325, por medio del cual se estableció la necesidad de incrementar el personal asignado para la implementación del sistema de gestión a 5 personas de las 2 con las que actualmente cuenta la empresa. Esto para lograr el 100% del control de la operación de los procesos claves como extrusión, telares e impresión.

5. Se estableció que para que una bobina de hilo rafia pueda llegar al siguiente proceso de producción (Telares) debe cumplir con las siguientes características:
 - El ancho del hilo no debe tener un $\pm 0,5\text{mm}$ del ancho teórico, esto se mide con una lupa con lente biconvexa, con escala de medición.
 - El denier del hilo no debe exceder de $\pm 5\%$ del denier teórico, esto se mide en la gráfica de control SA-GR-0045, que realiza el departamento de calidad.
 - El color del hilo debe ser el mismo al que establece las guías de referencia, esto se mide de forma visual.

6. En el área de corte se debe verificar que los sacos tengan las medidas iguales a la especificada en la orden de producción. Adicional no debe tener fallas en la tela, laminación o en la impresión.

RECOMENDACIONES

1. Es importante que el departamento de mantenimiento de la empresa trabaje de forma conjunta con sus proveedores, para lograr mejorar el diseño de los tornillos sin fin y de las cajas reductoras, para lograr un incremento mayor en la producción de las extrusoras.
2. Se recomendó al departamento de compras y calidad evaluar nuevas opciones en la compra de materias primas, las cuales permitan mejorar el rendimiento de las extrusoras y mejorar el beneficio económico.
3. Después de implementar los indicadores como el TVC y utilización de capacidad instalada, es importante que la alta gerencia gestione y monitoree el avance obtenido en el área de producción, así también debe establecer metas y objetivos por el período que considere necesario.
4. Como parte de la mejora y seguimiento al sistema de gestión, es necesario que se evalúe que nuevos indicadores se pueden implementar, tanto en el área de producción como en los departamentos relacionados (logística, mantenimiento, entre otros).

BIBLIOGRAFÍA

1. AVELLA CAMARERO, Lucia. *Focal points in manufacturing strategic planning in Spain. Comparison with American and other European manufacturers*. International journal of operations & production management. Estados Unidos. Lacs, 1999. vol.19, núm.12, p. 1202-1317.
2. _____. FERNÁNDEZ SÁNCHEZ, E.; VÁSQUEZ, ORDÁS, C.J. *The large spanish industrial company*. Strategies of the most competitive factories. Omega International Journal of Management Science. United States, Lacs, 1999. vol. 20, núm.27, p. 497-514.
3. BUFFA, E.S. *Meeting the competitive challenge*. Homewood, Illinois: Irwin, 1984. p. 235-258.
4. CARRASCO, J. *Evolución de los enfoques y conceptos de la logística. Su impacto en la dirección y gestión de las organizaciones*. Madrid. Economía Industrial, 2000. núm. 331, p. 17-34.
5. CASTÁN FARRERO, J.M., et al. *La logística en la empresa*. Madrid: Pirámide, 1999. p. 28-46.
6. CHASE, R.B.; AQUILANO, N.J. *Dirección y administración de la producción y de las operaciones*. Madrid: McGraw-Hill. 1995. p 32-78.

7. _____ . JACOBS, F.R. *Administración de producción y operaciones. Manufactura y servicios*. 8ª ed. Santa Fe de Bogotá: McGraw-Hill, 2000. p. 12-66.
8. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo; ingeniería de métodos*. México: McGraw-Hill, 1998. 157 p.
9. GIL LAROJ, Rubén Absalón. *Planeamiento y control de ventas de productos industriales*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1985. 67 p.
10. GUTIÉRREZ CUAUHTÉMOC, Anda. *Administración y calidad*. México: Limusa, 2002. 191 p.
11. LOBOUCHEX, Vincent. *Tratado de la calidad total*. México: Limusa, 2002. 681 p.
12. MAYNARD, Harold B.; HODSON K., William K. *Manual del Ingeniero Industrial*. 4ª ed. México: McGraw-Hill, 1996. 154 p.
13. ORDOÑEZ SARG, Andrés Edgar. *Guía para la implementación de programas de mejoramiento de la calidad y la productividad en la industria*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1998. 153 p.
14. PÉREZ LÓPEZ, César. *Control estadístico de la calidad: Teoría, práctica y aplicaciones informáticas*. España: Alfa Omega, 1999. 698 p.

15. REYNOSO URZÚA, Álvaro Raúl. *Productividad un modelo de desarrollo económico*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1996. 270 p.
16. SUMANTH, David J. *Administración para la productividad total, un enfoque sistemático y cuantitativo para competir en calidad, precio y tiempo*. México: CECSA, 1999. 414 p.
17. _____. *Ingeniería y administración de la productividad*. México: McGraw-Hill, 1990. 547 p.

