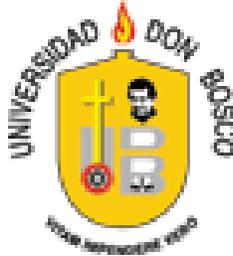


UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL



**“DISEÑO DE UN MODELO DE USOS ALTERNATIVOS DEL PLASTICO
RECICLADO PARA SUSTITUCION DE MATERIA PRIMA VIRGEN Y OTROS
MATERIALES NO PLASTICOS”**

TRABAJO DE GRADUACION
PREPARADO PARA LA FACULTAD DE INGENIERIA

PARA OPTAR AL GRADO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTADO POR:
GUERRA BENITEZ, VERONICA ESPERANZA
MOLINA MORAN, CLAUDIA BEATRIZ

ASESORADO POR:
ING. JOAQUIN H. CASTELLON

INTRODUCCIÓN

El plástico produce uno de las sustancias más nocivas que contaminan el medio ambiente, como es el metano, por lo que representan un grave problema en los botaderos de basura, principal sitio de contaminación.

A finales de la década pasada se importaron 109,359 toneladas de plásticos y de hule para su venta y uso en El Salvador. De esta cantidad 36,741 toneladas formaron parte de los Desechos Sólidos Municipales (DSM) del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS). De acuerdo, a la Agencia de Cooperación del Japón, los plásticos constituyen del 8 al 16 por ciento en peso del total de los DSM del AMSS.

Se estima que se generan en el AMSS, casi 100 toneladas de desecho plástico cada día, de las cuales se recupera solo una pequeña parte que se proporcionan a empresas que lo emplean para fabricar productos plásticos.

El presente trabajo consiste en el Diseño de Un modelo de Usos Alternativos del Plástico Reciclado con el fin de proporcionar a las empresas transformadores, una herramienta que les facilite su debido procesamiento y ayudar así a aumentar la utilización del material reciclado, contribuyendo a la disminución del impacto ambiental de estos materiales tan utilizados.

En la primera etapa del trabajo se presentan tres capítulos, los cuáles consisten en:

Capítulo Uno: Generalidades. En este capítulo se detallan las características propias de cada tipo de plástico en estudio, estas características determinan su campo de aplicación. Se Proporciona información teórica sobre la composición química de los plásticos y procesos de transformación de los mismos.

Capítulo Dos: Reciclaje de los plásticos. En este capítulo se describen los procesos de reciclaje, clasificación de los materiales, y las empresas que se dedican a trabajar con este material.

Capítulo tres: Plástico reciclado. El capítulo tres trata sobre las características del plástico reciclado, degradación, regeneración y comparación con materia prima virgen.

En la segunda etapa del trabajo se presentan los dos últimos capítulos los cuales consisten:

Capitulo Cuatro: Propuesta de Usos Alternativos se detalla los análisis de las encuestas realizadas a la Industria del Plástico, se presenta el Diseño del Modelo de Usos alternativos con sus seis respectivas etapas y los Beneficios al Implementarlo.

Además se da un ejemplo para realizar un análisis económico y herramientas para realizar un Control Estadístico de los Procesos y para finalizar información general sobre Producción Mas Limpia.

Capitulo Cinco: Evaluación Ambiental y Normativas en este capitulo se dan los conceptos de Estudio de Impacto ambiental y Diagnostico ambiental estudios que se deben de realizar para disminuir el impacto ambiental de la industria. Además la Norma ISO 14000, Beneficios y para finalizar los lineamientos para lograr el permiso ambiental a través del Ministerio de Recursos Naturales.

IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN

IMPORTANCIA.

Desde que nacemos y a lo largo de nuestra vida estamos en contacto constante con los plásticos, los encontramos en cualquier lugar donde vayamos. En el hogar, la oficina, industria, hospital, taller y por supuesto en la calle.

Además de encontrarse presentes en la vida cotidiana también colaboran en el desarrollo de la tecnología para el beneficio de la humanidad al ser materiales con mayor resistencia y mejores propiedades que los materiales tradicionales.

La industria del plástico es una industria joven que en el año 2004 cumple 94 años de edad. Los primeros cincuenta años correspondieron a la investigación y a la implementación de los descubrimientos realizados, los siguientes veinte años en la difusión de información y aprovechamiento de ellos y los últimos veinticuatro años en optimizar el uso de los mismos.

En la actualidad existe una amplia variedad de plásticos y de ellos se pueden fabricar un gran número de piezas de diferente tamaño, un ejemplo claro de ello es un automóvil, donde se encuentran 3,000 piezas diferentes y 2,000 son de plástico.¹

Es evidente la presencia de los plásticos en la vida cotidiana, y la tendencia es a incrementar su aplicación. Sin embargo muchas de las ventajas de los productos plásticos se convierten en una desventaja en el momento que deseamos ya sea el envase porque es descartable o bien cuando tiramos objetos de plástico porque ya no los consideramos útiles.

La gran mayoría de estos son materiales de empaque de productos de consumo, es decir, se trata de materiales que son fácilmente desechados y que no son biodegradables.

Si bien los plásticos podrían ser reutilizados o reciclados en su gran mayoría, lo cierto es que hoy estos desechos son un problema de difícil solución, fundamentalmente en las grandes ciudades. Es realmente una tarea costosa y compleja para los municipios encargados de la

¹ Enciclopedia del Plástico. Centro Empresarial del Plástico, México 2º Edición 2000

recolección y disposición final de los residuos ya que a la cantidad de envases se le debe sumar el volumen que representan.

Dentro del total de plásticos que hoy van a la basura se destaca en los últimos años el aumento de los envases de PET, proveniente fundamentalmente de botellas descartables de bebidas carbonatadas, aguas envasada, aceites y bebidas alcohólicas y no alcohólicas.

Según datos obtenidos en ASIPLASTIC para 1997 la generación de desechos de PET era de 216.43 Ton/Mens, y se tenía la proyección de que en el año 2010 se incrementaría a 363.62 Ton/Mens. Sin embargo las estimaciones realizadas derivadas de información obtenidas de las empresas que utilizan este tipo de embases, se tuvo como resultado que actualmente se generan 562.4 Ton/Mens, lo que pone en evidencia el aumento vertiginoso en el uso de este plástico.

El reciclaje es una solución para el manejo de los desechos plásticos, ya que es un proceso por medio del cual se pueden recuperar diferentes tipos de desechos como aluminio, papel, vidrio, y plásticos para su transformación en materia prima y ser convertidos en nuevos productos.

La importancia de diseñar un modelo para que existan diferentes usos alternativos de los plásticos reciclados, es que al ser reutilizado este material se fomenta el reciclaje, lo que contribuye a disminuir el impacto ambiental de los mismos.

JUSTIFICACION

En nuestro país, la industria del plástico se encuentra en una etapa de desarrollo que se ha visto obligado a utilizar plástico reciclado, ya que las nuevas disposiciones del Ministerio de Medio Ambiente ha determinado que se deben buscar alternativas para los desechos que se generan en los procesos de producción.

La búsqueda de opciones de reciclaje puede convertirse en una estrategia del sector para hacer más competitivos y lograr la sostenibilidad de la actividad industrial de cara a los procesos de globalización y Tratados de Libre Comercio. También es importante considerar que el medio ambiente debe ser una parte integral en la gestión de cualquier empresa.

Debido a la importancia y a la problemática tanto ambiental como empresarial del sector industrial del plástico, se identificó la necesidad de Diseñar un modelo de usos alternativos de plástico reciclado, que ayude a las empresas a reducir costos de fabricación, así como sugerir la fabricación de nuevos productos con materias primas recicladas. Esta propuesta se realizará desde la perspectiva de la Ingeniería industrial lo cual posibilitará la fusión de muchos criterios de diversas áreas, dada la naturaleza multidisciplinaria de esta rama de la ingeniería.

La propuesta busca dar un aporte a la solución de la contaminación por desechos plásticos que afecta al Medio Ambiente Salvadoreño.

En la actualidad uno de los plásticos que contaminan en mayor cantidad debido a su alto volumen es el PET. En nuestro país existen pocas empresas que se dediquen al reciclaje y debido al tratamiento de este plástico, solamente se recolecta y se exporta como escama a otros países, sin embargo el PET recolectado dentro de nuestro país no es utilizado internamente como materia prima ya que no se le da un tratamiento adecuado, si no que es importado, este material tiene mucha demanda.

En este trabajo se plantea la forma adecuada de tratamiento del PET con el fin de aprovechar al máximo este recurso.

El Polipropileno ha tenido un aumento en su aplicación también. Actualmente los empaques para boquitas se están fabricando de este material y es el más utilizado en la fabricación de utensilios de cocina.

Por otra parte el Polietileno es el plástico que más contamina, el 63.65 % de los desechos plásticos son de polietileno, el 14.55 % de alta densidad y el 49.10% de baja densidad. Las bolsas, jabas y diversos materiales de empaques están fabricados de este material.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo de usos alternativos de plástico reciclado de polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS) y polietileno tereftalato (PET), como materia prima en la fabricación de productos, que contribuya a la conservación del medio ambiente.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Investigar sobre las propiedades, procesos de transformación y utilización de cada tipo de plástico.
2. Comparar las propiedades reológicas de los plásticos vírgenes y reciclados.
3. Investigar la aceptación que tendrían la fabricación de productos con materia prima reciclada en la industria del plástico.
4. Determinar los procesos donde se puede utilizar material plástico reciclado.
5. Determinar como se contribuiría a la conservación del medio ambiente al utilizar productos fabricados con Plástico Reciclado.
6. Evaluar la Propuesta a través de:
 - a) Demostrar que la utilización de plástico reciclado en la fabricación de productos es viable técnicamente.
 - b) Demostrar la viabilidad económica de los usos alternativos del plástico reciclado.

INDICE

INTRODUCCION	1
IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION	2
OBJETIVOS	7
CAPITULO 1: GENERALIDADES	
1.1 Historia y Origen de los Plásticos	9
1.2 Clasificación de los Plásticos	14
1.3 Propiedades de los Plásticos	22
1.3.1 Físicas.....	22
1.3.2 Mecánicas	23
1.3.3 Térmicas	24
1.3.4 Eléctricas	24
1.3.5 Químicas.	24
1.3.6 Propiedades de los Plásticos en estudio	25
1.3.7 Propiedades Reológicas	25
1.4 Procesos de Transformación.....	27
1.4.1 Extrusión.	27
1.4.2 Inyección	35
1.4.3 Soplado	38
1.4.4 Extrusión-Soplado	41
1.4.5 Inyección Soplado	42
1.4.6 Otros Procesos	43
1.5 Tipo de Plástico y Usos Comunes	45
CAPITULO 2: RECICLAJE DE LOS PLASTICOS.	
2.1 Historia de Reciclaje de los Plásticos.	48
2.2 Importancia del Reciclaje.....	50
2.3 Técnicas para el reciclado.....	52
2.4 Procesos para el reciclaje.....	53
2.4.1 Clasificación	55

2.4.2 Acondicionamiento Previo	56
2.4.3 El Proceso de Molienda	60
2.4.4 Proceso de Paletizado	61
2.4.5 Reciclaje de Plásticos Mezclados	63
2.5 Reciclado del PET	64
2.6 Tecnología para el Reciclaje	69
2.7 Industria del Plástico.....	75
2.6.1 Industria dedicada al proceso de reciclado	75
2.6.2 Análisis de la Oferta de Plástico reciclado	77
2.6.3 Industria dedicada a la Transformación del plástico reciclado	78
2.7 Usos actuales del plástico reciclado	79

CAPITULO 3: PLASTICO RECICLADO.

3.1 Degradación de los plásticos.	82
3.1.1 Tipos de Degradación.....	82
3.1.2 Factores que originan la Degradación	83
3.2 Regeneración de Propiedades.	85
3.3 Riesgos de Uso del Plástico Reciclado.....	89
3.4 Aseguramiento de la Calidad del Plástico Reciclado.....	91
3.5 Separación de metales del plástico reciclado	92
3.6 Comparación de Plástico Virgen con Reciclado.....	93

CAPITULO 4: TRANSFORMACION DEL PLASTICO RECICLADO.

4.1 Mercado de Productos del plástico reciclado.....	98
4.1.1 Análisis de la Encuesta.....	99
4.1.2 Diagrama Causa – Efecto	106
4.2 Estructura General del Modelo de Usos Alternativos del Plástico Reciclado.	109
4.2.1 Descripción de Etapas del Modelo	110
4.2.2 Diagrama de los Beneficios del Modelo	116
4.2.3 Descripción de los Beneficios del Modelo	117

4.3 Productos que se pueden fabricar de Plástico Reciclado	119
4.3.1 Productos Sustitutos de Materia Prima Virgen	119
4.3.2 Productos Sustitutos de Materiales No Plásticos.....	120
4.4 Procesos de Transformación.....	122
4.5 Control Estadístico del Proceso de Transformación.....	122
4.5.1 Generalidades	122
4.5.2 Control de la Calidad.....	123
4.5.3 Características de la Calidad	125
4.5.4 Control del Proceso	126
4.5.5 Herramientas de la Calidad	127
4.6 Viabilidad Técnica.....	136
4.7 Análisis Económico del uso de Materia Prima	
Virgen Vrs. Materia Prima Reciclada	139
4.7.1 Costo Anual de Materia Prima	140
4.7.2 Flujo de Fondo con Materia Prima Virgen	140
4.7.3 Valor Actual Neto para Material Virgen.....	141
4.7.4 Flujo de Fondos con Material Reciclado	141
4.7.5 Valor Actual Neto para Material Reciclado.....	142
4.8 Producción Más Limpia	143
4.8.1 Beneficios de la Producción Más Limpia.....	143
4.8.2 Prevención de la Contaminación en la Industria	
del Plástico a través de la Producción Más Limpia	144
4.8.3 Reducción en la Fuente	145
CAPITULO 5: EVALUACION AMBIENTAL Y NORMAS	
5.1 Evaluación Ambiental	150
5.1.1 Estudio de Impacto Ambiental.....	150
5.1.2 Diagnóstico Ambiental	153
5.2 Normativa ISO 14000	155
5.2.1 Objeto y Campo de Aplicación	156
5.2.2 Razones de Aplicación	156
5.2.3 ¿Qué es la ISO 14000?	157

5.2.4	Conceptos Relacionados con ISO 14000	159
5.2.5	Normas de la Serie ISO 14000.....	161
5.2.6	Beneficios de ISO 14000	162
5.2.7	Requisitos del Sistema ISO 14000	163
5.3	Proceso de Certificación	167
5.3.1	¿Por qué la Industria del Plástico debe Certificarse?.....	167
5.3.2	¿Cómo selecciono al certificador?	169
5.3.3	¿Cuánto cuesta el Proceso de Certificación y Registro?...	169
5.3.4	Definición del Formulario Ambiental	170
CONCLUSIONES		176
RECOMENDACIONES		178
GLOSARIO		179
BIBLIOGRAFIA		181
ANEXOS		

**CAPITULO I:
GENERALIDADES**

1.1 HISTORIA Y ORIGEN DE LOS PLÁSTICOS.

Intentar realizar una semblanza histórica de los plásticos es hablar de los materiales que acompañan al hombre desde el momento de su aparición. De hecho cada vez que el hombre comía, bebía o se cubría con pieles estaba haciendo uso de polímeros orgánicos.

A diferencia de materiales existentes en la naturaleza como, la madera y la piel de animales, que han sido utilizadas desde origen de la humanidad; vidrio y metal que registran su uso en las primeras civilizaciones como Babilonia y Egipto; el PLÁSTICO, es el primer material sintético, creado por el hombre.

Antes de la aparición del primer plástico sintético, el hombre ya utilizaba algunas resinas naturales, como el Betún, Goma y Ámbar, con los que se podían fabricar productos útiles y lograr aplicaciones diversas. Se tienen referencias de que estas se utilizaban en Egipto, Babilonia, India, Grecia y China, para una variedad de aplicaciones desde el moldeo básico de artículos rituales hasta la impregnación de los muertos para su momificación.

En América, antes de ser descubierta por Colon, se utilizaba un material extraído de un árbol, el cual se llamaba hule para la fabricación de pelotas y artículos de uso común y religioso.

En su globalidad el planeta presenta como material estructural de uso mas extendido a la celulosa que es un polímero orgánico. A nivel más local, el hombre incluso organiza su existencia a través de su material genético, DNA, que es un biopolímero.

En nuestros días sigue siendo muy utilizado para fabricar diversos artículos como neumáticos, fuelles y partes automotrices. Sin embargo, en el pasado el uso de estas resinas era artesanal y solo se empleaban para la fabricación de artículos de bajos volúmenes.

Así continuo el uso de diferentes tipos de resinas y materiales, pero ante la necesidad de mayor variedad de materias primas y mejores propiedades en las mismas surge la Revolución Industrial, que provoca nuevos pensadores y nuevas formas de transformación.

Este cambio en la población trae consigo la búsqueda de nuevos materiales y productos, donde la investigación fue la base de todos los desarrollos posteriores y aunque muchas veces no se tenían objetivos claros y específicos, se realizaba en forma continua y acelerada.

1.1.1 ORIGEN DE LOS PLASTICOS

El origen de la investigación sobre los polímeros, aparece en el siglo XVII cuando Johan Osbone agrego ácido nítrico a cuernos de animales con lo cual lograba reblandecerlos y formar una masa que se moldeaba fácilmente recuperando posteriormente su dureza inicial adquiriendo una forma definida, de manera que, piezas fabricadas por este método, podían sustituir a los recipientes tallados en madera con ventajas de uso.

Posteriormente el científico Bevuley en Europa, fabrica el primer extrusor para Gutapercha con el cual se cubrían cables para telégrafos, dejando las bases para el actual recubrimiento de cable y alambre con PVC y Polietileno entrecruzado.

A mediados del siglo XIX el inventor ingles Alexander Parkes llevo la reacción de ácido nítrico y sulfúrico con celulosa, obteniendo la nitrocelulosa a la cual llamo PARKESINA. Este material con aceite de ricino se plastificaba y se podía moldear, desafortunadamente resultaba ser muy inflamable y no tuvo el éxito comercial esperando.

En esa misma época un juego muy común era el billar, donde las bolas que se utilizaban eran fabricadas con marfil de colmillos de elefante, pero para satisfacer la demanda era necesario sacrificar un gran número de elefantes por año. Para evitar que la matanza fuera cada vez mayor, se lanzo en 1860 una convocatoria para encontrar un material sustituto.

El primer plástico se origina como resultado de un concurso realizado en 1860, cuando el fabricante estadounidense de bolas de billar Phelan and Collander ofreció una recompensa de 10.000 dólares a quien consiguiera un sustituto aceptable del marfil natural, destinado a la fabricación de bolas de billar. Una de las personas que compitieron fue el inventor norteamericano Wesley Hyatt, quien desarrolló un método de procesamiento a presión de la piroxilina, un nitrato de celulosa de baja nitración tratado previamente con alcanfor y una cantidad mínima de disolvente de alcohol. Si bien Hyatt no ganó el premio, su producto, patentado con el nombre de celuloide, se utilizó para fabricar diferentes objetos.

El celuloide tuvo un notable éxito comercial a pesar de ser inflamable y de su deterioro al exponerlo a la luz.

1.1.2 DEFINICION DEL PLASTICO.

El término Plástico, en su significado mas general, se aplica a las sustancias de distintas estructuras y naturalezas que carecen de un punto fijo de ebullición y poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. Sin embargo, en sentido restringido, denota ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación artificial de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales.

El vocablo plástico derivado del griego plástikos, que se traduce como moldeable. Los polímeros, las moléculas básicas de los plásticos, se hallan presentes en estado natural en algunas sustancias vegetales y animales como el caucho, la madera y el cuero, si bien en el ámbito de la moderna tecnología de los materiales tales compuestos no suelen encuadrarse en el grupo de los plásticos, que se reduce preferentemente a preparados sintéticos.

1.1.3 HISTORIA DE LOS PLASTICOS EN EL SALVADOR.

El origen de la Industria de Plástico en El Salvador se debe a un visionario empresario de origen italiano, Salvador Vairo fue el primogénito de una familia napolitana muy unida compuesta por cinco hijos, a principios del siglo XX. A los 16 años Salvador Vairo era un muchacho disciplinado, educado en un colegio italiano. Recién había terminando sus estudios de bachillerato industrial, su padre le pedía que viajara a Honduras para que le ayudara en su fábrica de camisas que funcionaba en dicho país.

Para el empaque de los productos utilizaban pliegos de papel celofán, este les daba una mejor presentación, que era necesaria para su comercialización, este material venia importado desde México. Un día llego la noticia que México suspendía los envíos del celofán porque se había puesto en vigor una ley ecológica que prohibió fabricar empaques con materiales provenientes de fibra de corteza de árboles.

El hecho apuntado era una mala noticia, sin celofán no había como empaclar los productos y ello podría significar pérdidas e incumplimiento de gran cantidad de compromisos. Esto obligo a Salvador a viajar a México, donde le explicaron el porque se había suspendido la fabricación de papel celofán, pero también le informaron que se estaban

produciendo bolsas de plástico de un material llamado Polietileno que podía sustituir al celofán. Salvador compro 200libras de este nuevo material para enviarlo a San Salvador vía aérea para que sus hermanos lo analizaran y estudiaran la posibilidad de utilizarlo como sustituto.

Su hermano Pascual le envió un informe que era favorable, Salvador quiso hacer un pedido para cubrir por lo menos seis meses; sin embargo, el fabricante le contesto que eso era imposible porque tenían toda la producción de bolsas de Polietileno vendidas. Salvador no se desanimó y al menos logro visitar la fábrica y fijarse en la marca de la maquinaria LUIGI BANDERA, MILANO. Al regresar a San Salvador los hermanos Vairo estudiaron la solución del problema y decidieron enviar a Salvador a la Feria Industrial de Milano, con el propósito de buscar, encontrar y comprar la maquina para fabricar bolsas de Polietileno. La solución la tenían en sus manos: fabricar sus propias bolsas.

Una vez normalizada la fabricación de bolsas plásticas para autoabastecerse, Salvador recibió la visita de Carlos Álvarez, un prominente cafetalero de Santa Ana, que había conocido en la Cámara de Comercio. Este le pregunto si le podía fabricar una bolsa de 10 pulgadas de ancho, 14 pulgadas de alto, 2 de fuelle y 6 agujeros laterles a 2 pulgadas de ancho de distancia entre ellos. Álvarez había averiguado que los Vairo poseían la única maquina en Centroamérica que estaba en capacidad de fabricar este tipo de bolsas.

La respuesta de Salvador fue afirmativa y cuando le pregunto al visitante que cantidad quería, este le contesto un millón. Salvador reacciono sorprendido creyendo que era una broma pero Carlos Álvarez le replico diciéndole que si tenía dudas, le podía pagar por adelantado la mitad del costo del pedido. Antes de aceptar decidieron fabricar algunas pruebas para que Álvarez las examinara y las probara antes de fabricar el total de las bolsas solicitadas. Una vez aprobada la muestra y pagada la mitad del valor Salvador quiso salir de dudas y le pregunto a Álvarez para que quería las bolsas con esas características tan raras y el cafetalero le contesto: ES LA PRIMERA BOLSA CON ESAS CARACTERISITCAS PARA ALMACIGO DE CAFÉ QUE HACEMOS EN AMERICA. Sin proponérselo, Salvador Vairo se estaba convirtiendo en el pionero de las industrias plásticas del país.

Los Vairo decidieron formar en 1955 una nueva sociedad dedicada solo a los plásticos, nombrada Industrias Plásticas, S.A de C.V., desarrollándose rápidamente las bolsas de polietileno que tenían múltiples usos en la industria textil, de alimentos y supermercados.

Salvador Vairo era una persona con una enorme dinámica empresarial y viajaba constantemente a países donde se realizaban ferias del plástico, para darse cuenta de los adelantos y nuevos usos que se deban a los polímeros. En ese sentido, los Vairo en relativamente poco tiempo lograron disponer de diferentes maquinas modernas capaces de producir diversas clases de artículos como platos, vasos, utensilios y dispositivos para el hogar. En la línea de fibra de vidrio se producían sillas, mesas, muebles de varios tipos y hasta lanchas.

Al crecer la industria de los plásticos, los Vairo solicitaron, a través de INSAFI, la presencia de un técnico especialista para que evaluara la fabrica y recomendara que se podía hacer para desarrollar en la mejor forma este tipo de industria.

Llego un técnico retirado de las Naciones Unidas que permaneció tres semanas en la empresa, al cabo de este tiempo emitió sus conclusiones. En primer lugar, felicito a los hermanos Vairo por poseer lo que él llamo un gran laboratorio de Polímeros, pero recomendó que si se quería tener éxito, era indispensable poner todos los esfuerzos en el desarrollo de un solo producto, dejando los otros. Significaba ello que había que concentrar los recursos en cada tipo de artículo por separado y no dispersarlos en una gran variedad de productos, en otras palabras abogo por la especialización del trabajo.

Siguiendo la recomendación de expertos, Salvador Vairo, esta vez con una nueva visión empresarial, se propuso a crear instalaciones para cada uno de los tipos de productos, naciendo de esa manera con el transcurrir de los años, las grandes empresas que lo transformaron, además de pionero, en rey de los plásticos en El Salvador. Con esta nueva concepción, en su oportunidad fueron creadas las organizaciones siguientes:

- En 1955 Industrias Plásticas, S.A de C.V dedicada a la fabricaron de bolsas de todo tipo.
- Nace en 1965 Industrias de Tuberías, S.A (INTUSA) para trabajar tuberías de construcción, drenajes, cables eléctricos, etc.

- 1970, Polímeros de El Salvador, S.A (POLISA) que trabaja poliestireno expandido con la patente BASF de Alemania. Produce desechables para supermercados.
- En 1989 Polietileno y Flexografía S.A de C.V(POLIFLEX), que fabrica envases de PET
- 1997 Polímeros de Construcción S.A de C.V (POLICONSA), para trabajar polipaneles para la construcción.

En 1959 existía otra línea de producto a inyección para productos del hogar todavía sin explotar, pero sucedió que un buen amigo de Salvador, Don Domingo Menéndez que era Gerente General de la Compañía de Seguros La Centroamericana, le pidió que les empleara a sus hijos que recién habían terminado el bachillerato, al menos mientras duraban las vacaciones. Así mismo le solicito que le recomendara una línea en la industria del plástico para que sus hijos pudieran desarrollarla. Por cierto le recomendó la fabricación de inyección que posteriormente tuvo gran éxito.

1.2 CLASIFICACION DE LOS PLASTICOS

Los polímeros pueden ser clasificados en función de muy variados parámetros, desde el origen de los mismos hasta los métodos de obtención utilizados en su manufactura. Sin embargo, los principales factores por los que se pueden clasificar los plásticos son por: Origen, Comportamiento Térmico, Conformación Física, Polaridad y Consumo.

1.2.1 ORIGEN.

Una clasificación de los polímeros que permite dividirlos en dos grandes grupos es considerar las materias primas que fueron utilizadas para su obtención, de esta forman quedan agrupados los polímeros en: Naturales y Sintéticos.

1.2.1.1 NATURALES.

Este grupo incluye la madera, las fibras naturales, como el algodón, la seda y el hule natural. También existen otros polímeros naturales de importancia económica y tecnológica cada vez mayor, como son las proteínas y los biopolímeros, que se obtienen del maíz, el trigo y otros cereales.

Por otra parte, hay combinaciones muy importantes de polímeros naturales y sintéticos como son los aglomerados de madera, formados por celulosa unida por adhesivos sintéticos o muchos tipos de llantas que están formadas por mezclas físicas de hules sintéticos y naturales.

1.2.1.2 SINTETICOS.

Los polímeros sintéticos están relacionados con la conversión química del petróleo, el gas natural, el carbón y otras de hidrocarburos. La materia prima mas importante para la fabricación de plásticos es el petróleo, ya que de el se derivan los productos que originan diferentes tipos de plásticos.

Del petróleo se destilan diferentes productos como son gasoil, diesel, naftas y asfalto como residuo. Las Naftas se transforman mediante un proceso térmico llamado CRACKING en una mezcla de Etileno, Propileno, Butileno y otros hidrocarburos ligeros, consideradas como materia prima básicas para la síntesis de diferentes polímeros. En particular, el Etileno es una de las materias primas clave para los plásticos y de el se obtienen, por reacción con diferentes compuestos el estireno y cloruro de vinilo, que a su vez son materias primas para otros plásticos.

La polimerización permite convertir hidrocarburos de bajo peso molecular, como el benceno y etileno, en macromoléculas, mediante el uso de catalizadores, presión y temperatura controladas. Los polímeros representan solo el 2% del consumo de petróleo crudo a nivel mundial mientras otros sectores como Detergentes, Solventes. Fertilizantes y Gasolina consumen mucho mayor porcentaje. Así mismo, la polimerización es un proceso de bajo consumo de energía, comparado con los procesos de conversión de los metales en sus respectivos productos terminados. Los plásticos reciclados todavía representan valores más bajos en el consumo de energía involucrada en su fabricación.

Es importante mencionar que también otras materias primas para la fabricación de plásticos sintéticos, son algunas sustancias naturales como la madera y el algodón de donde se obtiene la celulosa.

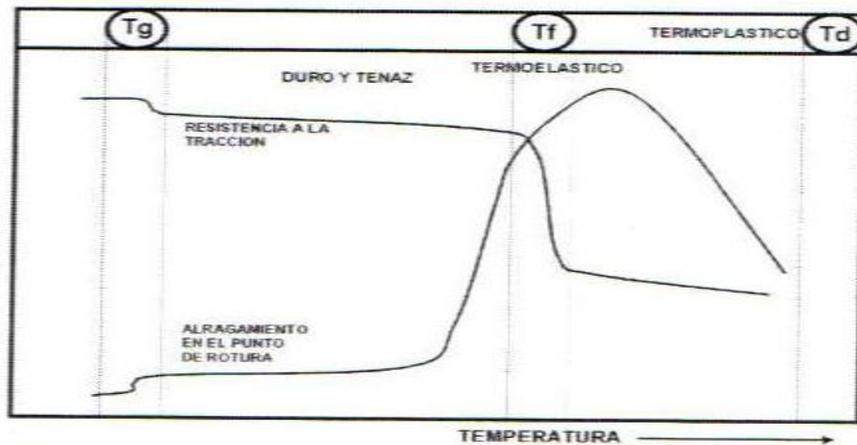
Todas las materias primas mencionadas tienen en común el contener Carbono (C) e Hidrogeno (H), aunque también pueden estar presentes el Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Azufre (S), o Cloro (Cl).

1.2.2 COMPORTAMIENTO TERMICO.

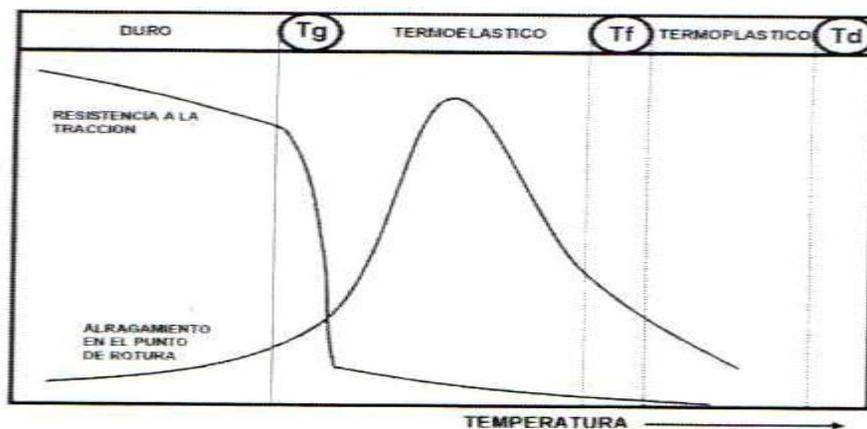
En función del comportamiento que presentan los polímeros al ser sometidos a procesos de transformación y por lo tanto, a diferentes temperaturas, estos pueden ser clasificados como: **Termoplásticos** los cuales son Amorfos y Cristalinos, **Termo fijos**, **Elastómeros** que se dividen en Termofijos y termoplásticos.

Para su análisis deben considerarse tres niveles de temperatura:

- **Tg. Temperatura de transición vítrea.** Por debajo de esta, el plástico es rígido y quebradizo como el vidrio y en temperaturas superiores, el material adquiere mayor flexibilidad y elasticidad.
- **Tm. Temperatura de fusión.** Solo los plásticos cristalinos presentan una temperatura de fusión, por arriba de esta pasan a su estado líquido.
- **Td. Temperatura de descomposición.** El plástico se degrada.



Gráfica 1. Comportamiento Térmico de Plásticos Cristalinos



Gráfica 2. Comportamiento Térmico de Plásticos Amorfos.

1.2.2.1 TERMOPLASTICOS.

Un termoplástico es un material sólido que posee gran estabilidad a temperatura ambiente y que se convierte en un líquido viscoso a temperaturas superiores, pero donde el cambio puede ser reversible. Debido a su alto peso molecular, los plásticos nunca se convierten en fluidos ligeros, es decir alcanzar una baja viscosidad.

Es importante distinguir que el cambio de sólido a líquido, comúnmente llamado fusión puede significar dos mecanismos enteramente diferentes en dos clases de termoplásticos. Una clase será referida como termoplásticos amorfos y la otra como termoplásticos cristalinos.

Están formados por macromoléculas lineales o ramificadas unidas mediante fuerzas intermoleculares o puentes de hidrógeno en estado sólido. Dentro de este tipo de polímeros están el polietileno, PVC y el Polipropileno. Los termoplásticos se caracterizan por transformarse de sólido a líquido y viceversa por acción del calor y se disuelven o se hinchan al contacto con solventes.

La capacidad de los termoplásticos de reblandecerse o fundirse tiene sus ventajas y desventajas. Por ejemplo pueden moldearse por calor, es decir, una lámina o un tubo pueden pasar a un estado elástico, similar al de la goma blanda y adquirir nueva forma después de enfriarla en un molde.

Las desventajas consisten en que el reblandecimiento provocado por el calor limita sus temperaturas de uso, sobre todo cuando se someten a la acción simultánea de fuerzas mecánicas. Un termoplástico ideal puede ser sometido repetidas veces a un proceso térmico, como extrusión o moldeo sin que sus propiedades físico-químicas varíen.

Por ejemplo un termoplástico puede ser moldeado por inyección a partir de gránulos de resina virgen y las piezas defectuosas pueden ser regranuladas y mezcladas con resina virgen adicional, obteniéndose piezas que son duplicados virtuales de las obtenidas con resina virgen; este proceso puede ser repetido varias veces, cada vez mas, debido a la inclusión de nuevos aditivos estabilizadores de proceso. El porcentaje de plástico reciclado que se mezcla con materia prima virgen depende en gran medida de que tan degradado este el material reciclado. No existe una regla de oro para combinarlo, sin embargo, se sabe que en el caso del PET no se debe mezclar mas del 5% de reciclado. Con el polietileno, polipropileno y poliestireno los transformadores utilizan un promedio del 30% de reciclado.

En otros términos, el polietileno puede ser ablandado y fundido idealmente, pero no modificado en forma permanente por la aplicación de calor durante el procesamiento. De acuerdo a su estructura molecular, los termoplásticos se dividen en amorfos y cristalinos.

- a) AMORFOS.** Se caracterizan porque sus moléculas filamentosas y ramificadas están en completo desorden. Este arreglo molecular permite el paso de la luz, razón por la cual los plásticos amorfos son transparentes o translucidos generalmente. Ej. ABS (Acirilo Nitrilo Butadieno Estireno), PS (Poliestireno), ASA (Ester Acrílico elastomérico), PC (Policarbonato), PMMA (Polimetacrilato), PVC (Cloruro de Polivinilo).

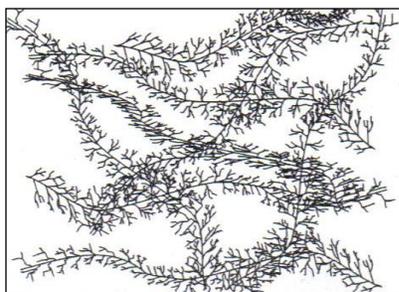
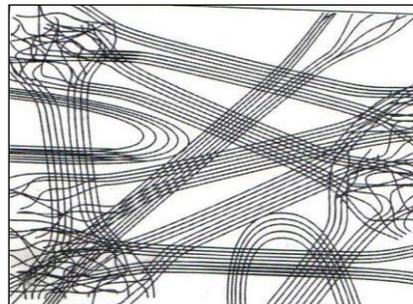


Figura 1. Arreglo molecular de plásticos amorfos.

b) CRISTALINOS. El orden molecular de los plásticos, cristalinos es relativamente bueno. En el se aprecia cierto paralelismo dentro de los filamentos moleculares y sus ramificaciones son mas cortas. Ej. PP (polipropileno), PBT (Polibutilentereftálato), PET (Polietilentereftalato).El ordenamiento en los tramos de macromoléculas paralelas equivale al ordenamiento de átomos o moléculas en forma de cristales, los cuales se oponen al paso de la luz provocando una apariencia lechosa o translúcida.

Figura 2. Arreglo molecular de plásticos cristalinos.



1.2.2.2 TERMOFIJOS.

La definición más simple de un plástico termofijo es que son materiales rígidos que presentan una estructura molecular compleja tipo red, generada por una reacción no reversible entre dos o más componentes, la cual tiene lugar durante el proceso de moldeo.

Las reacciones involucradas pueden ser activadas por temperatura, mezclado por catálisis y los procesos de moldeo son distintos a los procesos de los termoplásticos. Al quemarse simplemente carbonizan o se degradan en otras sustancias. Existen diversos tipos de sistemas de resinas termofijas orientados principalmente a las industrias de adhesivos, pinturas y recubrimientos.

Son plásticos que se mantienen rígidos y sólidos a temperaturas elevadas. Se obtienen por reticulación de productos líquidos de bajo peso molecular, lo cual puede ocurrir por aplicación de calor o por reacción de varios componentes, normalmente. El polímero termocurable mas un agente de entrecruzamiento a temperatura ambiente.

Estos polímeros están reticulados en todas direcciones y debido a su estructura no son moldeables plásticamente, no funden y resisten elevadas temperaturas, no pueden ser disueltos y muy raramente se hinchan. A temperatura ambiente, los materiales termofijos

generalmente son duros y frágiles, es decir, quebradizos por su estructura molecular en forma de red. Debido a que no funden, no pueden reprocesarse como los termoplásticos, sin embargo sus residuos pueden moldearse y destinarse para cargas de otros plásticos o asfalto.

Todos los hules vulcanizados son polímeros termofijos. Usualmente, se requiere calor externo para alcanzar elevadas velocidades de curado en las complejas mezclas de hule, pero existen algunos vulcanizados a temperatura ambiente, por ejemplo, el hule silicona.

El hule natural se comporta como un termoplástico mientras no se agreguen agentes de curado, se ablanda, se hace pegajoso con el calor del medio ambiente, pero una vez vulcanizado, el hule natural es un termofijo y solo solventes muy fuertes pueden ablandarlo, por un proceso de absorción e hincamiento.

1.2.3 POLARIDAD.

La polaridad de los compuestos orgánicos se debe al desplazamiento de los electrones compartidos entre los átomos de dos distintos elementos que constituyen la molécula, debido principalmente a las diferencias de número atómico. El par de electrones compartido es atraído con mayor fuerza por el átomo que presente mayor carga en el núcleo. A medida que aumenta la polaridad, aumentan también los valores de las propiedades como absorción de agua, resistencia mecánica, dureza, rigidez, cristalinidad y resistencia a la deformación por calor, resistencia a solventes y aceites minerales, permeabilidad al vapor de agua, adhesividad y adherencia sobre piezas metálicas.

Por otro lado, cuando la polaridad aumenta, disminuyen las propiedades de dilatación térmica, poder de aislamiento eléctrico, tendencia a acumular cargas electrostáticas, permeabilidad a gases no polares O_2 , N_2 , y CO_2 .

Ejemplos de esta clasificación son:

- **Alta Polaridad:** poliamidas, Poliuretanos, Esteres de Celulosa, Polifloruro de Vinilo y plásticos termofijos.
- **Polaridad media:** Policloruro de Vinilo, Estireno, termoplásticos tipo ester, poliamidas.

- **Polaridad baja:** copolímeros de etileno y esterés insaturados, polioxido de fenileno.
- **No polares:** politetrafluoroetileno, polietileno y poliestireno.

1.2.4 CONSUMO.

Aunque resulta un poco subjetiva, la clasificación por consumo agrupa a los plásticos de acuerdo a su importancia comercial y sus aplicaciones en el mercado.

1.2.4.1 COMODITES.

Los plásticos más utilizados que tienen buenas, aunque no sobresalientes propiedades y su precio es de un nivel moderado se conocen como *comodites* donde se incluyen el polietileno, PVC, polipropileno, poliestireno y PET.

1.2.4.2 VERSATILES O TERMOFIJOS.

Existen también un grupo de plásticos intermedio en consumo que se caracteriza por requerir alta versatilidad para el diseño de productos, principalmente en aspectos de apariencia, color y forma. Debido a que requiere procesos especiales para su transformación en esta clasificación también se distingue el grupo de termofijos.

Incluye plásticos como poliuretano, silicón, resinas poliéster, fenolicas, melaminas y Epoxicas. Estos plásticos han tomado un lugar importante por sus diversas características, sobre todo en aplicaciones con cargas y refuerzos, en las que adquieren una gran resistencia mecánica, química y ligereza.

1.2.4.2.1 TECNICOS O DE INGENIERIA.

El término técnicos o de ingeniería, se usa para aquellos plásticos que presentan un alto desempeño funcional con un excelente conjunto de propiedades como resistencia mecánica y límites de temperatura elevados.

Estos suelen ser mas caros y en este grupo se incluyen a las poliamidas, poliacetales, policarbonato y poliéster termoplástico.

1.2.4.3 ESPECIALIDADES Y COMPSITES.

Los polímeros denominados como especialidades normalmente son asociados con una o mas propiedades sobresalientes, por ejemplo, bajo índice de fricción, elevada resistencia dieléctrica y sobre todo un elevado precio, por lo que ocupan el menor porcentaje en el consumo global de plásticos.

Los compsites son materiales termoplásticos y/o termofijos reforzados con fibras de vidrio, carbono y ramificada, para proveerles de mejores propiedades. De hecho, han sido la base para la industria aerospacial, automotriz e investigación nuclear.

1.3 PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS.

La principal característica de los plásticos es su economía y versatilidad en propiedades. Esto se debe principalmente a su ligereza con respecto a otros materiales tradicionales, así como a los requerimientos de energía para su fabricación, que siempre serán menores a los de cualquier otro material. La fabricación involucra desde su obtención hasta su fabricación y se considera que parte de esta energía puede ser recuperada cuando se quema el material como energía calorífica, situación que no se presenta con el vidrio o el metal.

Las características que poseen todos los plásticos son: **FISICAS, MECANICAS, TERMICAS, ELECTRICAS, QUIMICAS,**

1.3.1 FISICAS.

Densidad. Es la cantidad de materia que tienen los materiales plásticos por unidad de volumen.

Contracción de moldeo. Es la característica que tienen los materiales plásticos que al ser moldeados tienden a reducir sus dimensiones en el momento de su solidificación.

Absorción al agua. Es la cantidad de agua que los plásticos tienden a retener, relajándose en un aumento de peso en la muestra, después de estar en contacto con un

ambiente húmedo. También se puede decir que es la cantidad de agua retenida por un plástico bajo condiciones normalizadas de presión, temperatura y tiempo.

Permeabilidad. Es la cantidad de vapor de agua o gas que se difunde a través del espesor de pared de los plásticos.

Índice de fluidez. Es la capacidad de un material plástico para desplazarse en estado fundido o reblandecido siendo sometido a calor y presión. Se conoce por sus siglas en inglés MFI y es una medida indirecta del peso molecular.

1.3.2 MECANICAS.

Resistencia a la Tensión. Es la capacidad que presentan los plásticos a oponerse al esfuerzo, determinándose por la fuerza de tensión por unidad de área.

Elongación. Es la máxima extensión que alcanza una probeta, hasta llegar al momento de su ruptura, después de someterla a un estiramiento. La medición se reporta en porcentaje.

Resistencia a la compresión. Es la propiedad que presentan todos los plásticos a oponerse a una fuerza que los presione o comprime hasta obtener su grado de ruptura o deformación.

Resistencia a la Flexión y Modulo de Flexión. La resistencia es la propiedad que tienen los materiales plásticos de soportar un esfuerzo sobre ellos antes de doblarse.

Resistencia al Impacto IZOD con Muesca. Es la propiedad que presentan los plásticos a resistir un golpe o prolongar una fractura al estar sujeto un extremo de la muestra. También se define como la propiedad de resistir la ruptura física o prolongar una fractura cuando se aplica una fuerza rápidamente.

Resistencia al Impacto CHARPY. Es la característica que representan los plásticos a resistir un golpe sujetándose por lo dos extremos de la muestra o probeta.

Dureza ROCWELL. Es la resistencia que presentan los plásticos a ser mellados o rayados sobre su superficie.

1.3.3. TERMICAS.

Temperatura de ablandamiento VICAT. Es la temperatura que puede soportar un plástico antes de deformarse, sin que se ejerza esfuerzo mecánico alguno sobre el.

Temperatura de deflexión. La temperatura de HDT por sus siglas en ingles, es aquella que soporta un material antes de deformarse cuando esta sujeto a una carga continua.

Conductividad Térmica. Es la cantidad de calor que transmiten los materiales plásticos a través de ellos.

Resistencia al calor. Es la capacidad que tienen los materiales plásticos de soportar una alta temperatura en un lapso de tiempo sin ningún esfuerzo mecánico, hasta llegar a su degradación.

Inflamabilidad. Es la capacidad que presentan los plásticos para arder con menor o mayor intensidad cuando son expuestos, a la flama, de acuerdo a su estructura química y dependiendo de la rapidez con que se consuma.

1.3.4 ELECTRICAS.

Resistividad Volumétrica. Es la oposición que presentan los materiales plásticos al paso de la corriente.

Constante Dieléctrica. Es la capacidad de los materiales plásticos de almacenar la energía electrostática dentro de ellos.

Resistencia al Arco. Es el tiempo que tardan los materiales plásticos en soportar la acción de un alto voltaje sobre su superficie, hasta el momento de la fractura.

1.3.5 QUIMICAS.

Resistencia a productos químicos. Es el comportamiento del material plástico cuando es sometido a ácidos y bases, fuertes y débiles en formas diluidas o a concentraciones elevadas.

Intemperismo. Los factores como la radiación solar, la temperatura, las precipitaciones y el oxígeno del aire desencadenan fenómenos de degradación o envejecimiento en los plásticos, como por ejemplo, fragilidad, cuarteamiento de laminas y sobre todo alteraciones de color.

1.3.6 PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS EN ESTUDIO

Tabla 1. Resumen de las Propiedades de los Plásticos

plásticos					
Propiedades	PEDB	PEAD	PP	PET	PS
Densidad	≤ 0.920 g/cm ³	0.941-0.965g/cm ³	0.90-0.91 g/cm ³	1.34 g/cm ³	≤ 1.05g/cm ³
Absorción al agua	< 0.05mg @ 96h	< 0.05mg @ 96h	< 2mg	0.16%	<0.1%W/W98h
Contracción	1.5 – 3%	1.5 – 3%	1.8%		0.6%
Resistencia a la Tensión al cede	5 -13 N/mm ²	18 -35 N/mm ²	30-35 N/mm ²	55 N/mm ²	50-65 N/mm ²
Elongación Punto de Ruptura.	100 -700%	1000%	500-700%	300%	10 -45%
Resistencia al Impacto Rasurado.					
@ 20°C	No rompe	No rompe - 6	4 -12 KJ/m ²		No rompe
@ -20°C	No rompe	>5 KJ/m ²	0-3 KJ/m ²		4.10KJ/m ²
Temp. de Deflexion.					
1.86 N/mm²	32- 41°C	50°C	70-60°C	70°C	70-86°C
0.45 N/mm²	38-49°C	75°C	130-110°C	72°C	75- 94°C
Resistencia dielectrica	>700 KV/cm	>600 KV/cm	700 KV/cm	450 KV/cm	160KV/cm

1.3.7 PROPIEDADES REOLOGICAS.

1.3.7.1 DEFINICION DE REOLOGIA.

Es la ciencia que estudia la deformación y flujo de los materiales desde el punto de vista esfuerzo, tensión y tiempo. Mediante el estudio reológico es posible determinar el comportamiento de los polímeros cuando son sujetos a una deformación. Los plásticos en

estado fundido presentan un comportamiento singular diferente al de otras sustancias comunes como el agua. De acuerdo con ciertas leyes físicas los fluidos se pueden clasificar en:

- Fluido Newtoniano.
- Fluido no Newtoniano.

Un fluido Newtoniano responde de manera uniforme a la fuerza que lo provoca y en el mismo sentido en que se aplica, sin modificar su viscosidad.

Los Fluidos No Newtonianos tienen la característica de cambiar su viscosidad cuando se aplica una fuerza. Este es el caso de los polímeros fundidos, los cuales varían su viscosidad cuando se aplica un esfuerzo cortante.

La reología de un plástico puede estudiarse en estado sólido y fundido, el primero reportará datos importantes en el desempeño del producto terminado en tanto que el segundo permite conocer el comportamiento del material en su transformación.

1.3.7.2 REOLOGIA EN ESTADO SÓLIDO.

Para el caso de los sólidos es necesario conocer las deformaciones que un material puede sufrir al estar expuesto a diversas tensiones. Desde el punto de vista reológico una deformación es el alargamiento producido en una probeta de material cuando esta se somete a una fuerza de tracción.

Existen 3 ensayos de tracción que son los más utilizados: **Ensayos a velocidades de deformación constante, Ensayos de fluencia, Ensayos de relajación.**

1.3.7.3 REOLOGIA EN FASE LIQUIDA.

Para transformar un plástico se parte de una forma sólida, pelet o polvo con características propias como peso molecular y estructura. El material debe pasar a estado líquido a través de la fusión del polímero lo cual se logra combinando esfuerzos cortantes con calor, sin sobrepasar los valores críticos de temperatura que pueden causar la degradación del polímero.

1.4 PROCESOS DE TRANSFORMACION.

Existen varios procesos de transformación pero por lo que se detallaran solos los mas importantes para la transformación de los plásticos los cuales son: **Extrusión, Inyección, Soplado, Extrusión soplado, Inyección soplado**

1.4.1 EXTRUSION

Es un proceso continuo, en que la resina es fundida por la acción de temperatura y fricción, es forzada a pasar por un dado que le proporciona una forma definida, y enfriada finalmente para evitar deformaciones permanentes. Se fabrican por este proceso: tubos, perfiles, películas, manguera, láminas, filamentos y pellets.

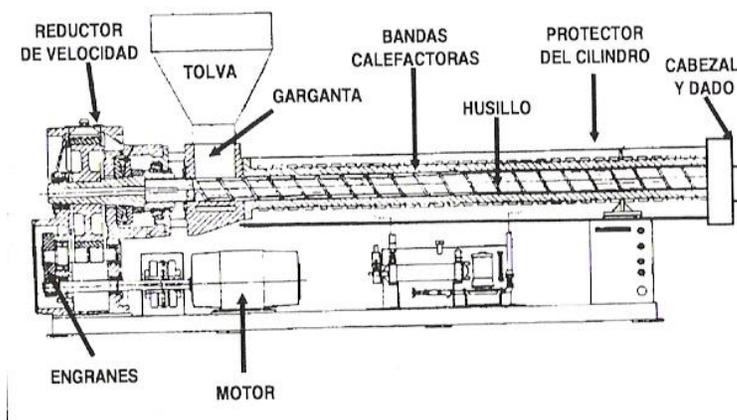


Figura 3. Diagrama de Extrusión.

1.4.1.1 VENTAJAS Y RESTRICCIONES

Presenta alta productividad y es el proceso más importante de obtención de formas plásticas en volumen de producción. Su operación es de las más sencillas, ya que una vez establecidas las condiciones de operación, la producción continúa sin problemas siempre y cuando no exista un disturbio mayor. El costo de la maquinaria de extrusión es moderado, en comparación con otros procesos como inyección, soplado o Calandreo, y con una buena flexibilidad para cambios de productos sin necesidad de hacer inversiones mayores.

La restricción principal es que los productos obtenidos por extrusión deben tener una sección transversal constante en cualquier punto de su longitud (tubo, lámina) o periódica (tubería corrugada); quedan excluidos todos aquellos con formas irregulares o no uniformes.

La mayor parte de los productos obtenidos de una línea de extrusión requieren de procesos posteriores con el fin de habilitar adecuadamente el artículo, como en el caso del sellado y cortado, para la obtención de bolsas a partir de película tubular o la formación de la unión o socket en el caso de tubería.

1.4.1.2 APLICACIONES ACTUALES.

A continuación, se enlistan productos que se encuentran en el mercado, transformados por el proceso de extrusión:

Película tubular

- Bolsa (Comercial, supermercado)
- Película plástica para uso diverso
- Película para arropado de cultivos
- Bolsa para envase de alimentos y productos de alto consumos



Figura 4. Extrusión de plástico para la fabricación de Bolsas en IPSA S.A de C: V.

Figura 5. Embobinado. Para imprimir las bolsas se embobina y se le aplica una carga de 6 mil voltios, para que se pegue la tinta a imprimir.



Tubería

- Tubería para condición de agua y drenaje
- Manguera para jardín
- Manguera para uso médico
- Pajillas

Recubrimiento

- Alambre para uso eléctrico y telefónico

Perfil

- Hojas para persiana
- Ventanería
- Canales de flujo de Agua

Lámina y Película Plana

- Raffia
- Mantales para mesa e individuales
- Cinta Adhesiva
- Flejes para embalaje

Monofilamento

- Filamentos
- Alfombra (Filamento de las alfombras)

1.4.1.3 Descripción Del Proceso

Dentro del proceso de extrusión, varias partes debe identificarse con el fin de aprender sus funciones principales, saber sus características en el caso de elegir un equipo y detectar en donde se puede generar un problema en el momento de la operación. La extrusión, por su versatilidad y amplia aplicación, suele dividirse en varios tipos, dependiendo de la forma del dado y del producto extruído.

Así la extrusión puede ser:

- De tubo y perfil
- De película tubular
- De lámina y película plana
- Recubrimiento de cable
- De Monofilamento
- Para pelletización y fabricación de compuestos

Independientemente del tipo de extrusión que se quiera analizar, todos guardan similitud hasta llegar al dado extrusor. Básicamente, una extrusión consta de un eje metálico central con álabes helicoidales llamado husillo o tornillo, instalado dentro de un cilindro metálico revestido con una camisa de resistencias eléctricas.

En un extremo del cilindro se encuentra un orificio de entrada para la materia prima, donde se instala una tolva de alimentación, generalmente de forma cónica; en ese mismo extremo se encuentra el sistema de accionamiento del husillo, compuesto por un motor y un sistema de reducción de velocidad.

En la punta del tornillo, se ubica la salida del material y el dado que forma finalmente al plástico.

DIFERENCIA ENTRE PELICULA Y LAMINA

Cuando el material que se esta extruyendo toma una forma laminar al salir del dado, el polímero tiene contacto solamente con el aire ambiental hasta llegar al rodillo donde empieza el enfriamiento. En este punto se pueden distinguir dos líneas diferentes de extrusión que son: para película (0.01 - 0.4 mm.) y para lámina (0.2 – 2.5 mm.)

La división para la lámina 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. Esta ultima cualidad no es fácil de establecer en un espesor definido, sino que aumenta paulatinamente, no es posible 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 termoformable, se observan en la zona de rodillos de enfriamiento, donde la película plana tiene contacto con un solo dado al momento de unirse al rodillo enfriador, mientras en la lámina para termoformado, la resina cae entre dos rodillos que calibran el espesor final y permanece unida al rodillo mayor para continuar enfriándose.

1.4.1.4 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Tolva

La tolva es el depósito de materia prima en donde se colocan los pelets de material plástico para la alimentación continua del extrusor.

Debe tener dimensiones adecuadas para ser completamente funcional; los diseños mal planeados, principalmente en los ángulos de bajada de material, pueden provocar estancamientos de material y paros en la producción.

En materiales que se compactan fácilmente, una tolva con sistema vibratorio puede resolver el problema, rompiendo los puentes de material formados y permitiendo la caída del material a la garganta de alimentación.

Si el material a procesar es problemático aún con la tolva con sistema vibratorio puede resolver el problema, rompiendo puentes de material formados y permitiendo la caída del material a la garganta de alimentación.

Las tolvas de secado son usadas para eliminar la humedad del material que está siendo procesado, sustituyen a equipos de secado independientes de la máquina. En sistemas de extrusión con mayor grado de automatización, se cuenta con sistemas de transporte de material desde contenedores hasta la tolva, por medios neumáticos o mecánicos. Otros equipos auxiliares son los dosificadores de aditivos a la tolva y los imanes o magnetos para la obstrucción del paso de materiales ferrosos, que puedan dañar el husillo y otras partes internas del extrusor.

Barril o Cañón

Es un cilindro metálico que aloja al husillo y constituye el cuerpo principal de una máquina de extrusión. El barril debe tener una compatibilidad y resistencia al material que esté procesando, es decir, ser de un metal con la dureza necesaria para reducir al mínimo cualquier desgaste. La dureza del cañón se consigue utilizando aceros de diferentes tipos y cuando es necesario se aplican métodos de endurecimiento superficial de las paredes internas del cañón, que son las que están expuestas a los efectos de la abrasión y la corrosión durante la operación del equipo.

El cañón cuenta con resistencias eléctricas que proporcionan una parte de la energía térmica que el material requiere para ser fundido. El sistema de resistencias, en algunos casos va complementado con un sistema de enfriamiento que puede ser flujo de líquido o por ventiladores de aire. Todo el sistema de calentamiento es controlado desde un tablero, donde las temperaturas de proceso se establecen en función del tipo de material y del producto deseado.

Para la mejor conservación de la temperatura a lo largo del cañón y prevenir cambios en la calidad de la producción por variaciones en la temperatura ambiente, se acostumbra aislar el cuerpo del cañón con algún material de baja conductividad térmica como la fibra de vidrio o el fieltro.

Husillo

Gracias a los intensos estudios del comportamiento del flujo de los polímeros, el husillo ha evolucionado ampliamente desde el auge de la industria plástica hasta el grado de convertirse en la parte que contiene la mayor tecnología dentro de una máquina de extrusión.

Por esto, es la pieza que en el alto grado determina el éxito de una operación de extrusión. Todas las dimensiones que continuación se detallaran son muy importantes de considerar cuando se analice la compra de un equipo nuevo de extrusión.

a) Alabes o Filetes

Alabes o Filetes. Que recorren el husillo de un extremo al otro, son los verdaderos impulsores del material a través del extrusor. Las dimensiones y formas que éstos tengan, determinará el tipo de material que se pueda procesar y la calidad de mezclado de la masa al salir del equipo.

Profundidad del Filete en la Zona de Alimentación. Es la distancia entre el extremo del filete y la parte central o raíz del husillo. En esta parte, los filetes son muy pronunciados con el objeto de transportar una gran cantidad de material al interior del extrusor, aceptado el material sin fundir y aire que está atrapado entre el material sólido.

Profundidad del Filete en la zona de Descarga o Dosificación. En la mayoría de los casos, es mucho menor a la profundidad de filete en la alimentación. Ellos tienen como consecuencia la reducción del volumen en que el material es transportado, ejerciendo una compresión sobre el material plástico. Esta compresión es útil para mejorar el mezclado del material y para la expulsión del aire que entra junto con la materia prima alimentada.

Relación de Compresión. Como las profundidades de los álabes no son constantes, las diferencias se diseñan dependiendo del tipo de material a procesar, ya que los plásticos tienen comportamientos distintos al fluir.

La relación entre la profundidad del filete en la alimentación y la profundidad del filete en la descarga, se denomina relación de compresión. El resultado de este cociente es siempre mayor a uno y puede llegar incluso hasta 4.5 en ciertos materiales.

b) Longitud

Tiene una importancia especial; influye en el desempeño productivo de la máquina y en el costo de ésta. Funcionalmente, al aumentar la longitud del husillo y consecuentemente la del extrusor, también aumenta la capacidad de plastificación y la productividad de la máquina. Esto significa que operando dos extrusores en las mismas condiciones de R.P.M. y temperatura que sólo se distinguen en longitud no tenga capacidad de fundir o plastificar el material después de recorrer todo el extrusor, mientras que el extrusor de mayor longitud ocupará la longitud adicional para continuar la plastificación y dosificará el material perfectamente fundido, en condiciones de fluir por el dado.

Otro aspecto que se mejora al incrementar la longitud es la calidad de mezclado y homogeneización del material. De esta forma, en un extrusor pequeño la longitud es suficiente para fundir el material al llegar al final del mismo y el plástico se dosifica mal mezclado.

En las mismas condiciones, un extrusor mayor fundirá el material antes de llegar al final y en el espacio sobrante seguirá mezclando hasta entregarlo homogéneo. Esto es importante cuando se procesan materiales pigmentados o con lotes maestros (master- batch), de cargas o aditivos que requieran incorporarse perfectamente en el producto.

c) Diámetro

Es la dimensión que influye directamente en la capacidad de producción de la máquina generalmente crece en proporción con la longitud del equipo. A diámetros mayores, la capacidad en kg/hr es presumiblemente superior. Al incrementar esta dimensión debe hacerlo también la longitud de husillo, ya que el aumento de la productividad debe ser apoyada por una mejor capacidad de plastificación.

Como consecuencia de la importancia que tienen la longitud y el diámetro del equipo, y con base en la estrecha relación que guardan entre sí, se acostumbra a especificar las dimensiones principales del husillo como una relación longitud / diámetro (L/D).

1.4.1.5 COEXTRUSIÓN

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 o dado. Este es un proceso de coextrusión.

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 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 de materiales externa. En este caso, cuando los materiales aun calientes se unen fuera del cabezal, corren independientes dentro de este 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 este se vuelve indispensable solo cuando una tercera capa de algún otro material frío se agrega al sistema, o cuando debido a altas velocidades de extrusión, pequeñas cantidades de aire pueden quedar atrapadas entre capas. Es recomendable utilizar solo los dos dados con dos ranuras de salida, ya que de tres en adelante se convierten en dados muy complejos y costo elevado.

Flujos separados dentro del cabezal y unión en la salida En este tipo de dados los materiales llegan al cabezal y se distribuyen por colectores distintos, se unen antes de abandonar el dado, teniendo esta 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.

Flujos completamente 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 coextrusión, es que casi cualquier número de capas pueden incluirse para obtener láminas de diversas aplicaciones, todo esto con una complejidad menor a la de los anteriores procesos. Se considera que este es el sistema más usado en la producción de coextrusiones.

Los mismos principios para láminas son aplicables a tubos, perfiles, aislamientos de conductores de corriente o cualquier otro producto procesado por extrusión.

1.4.2 INYECCION.

Es el proceso de moldeo por el cual un material plástico reblandecido por el calor es forzado por un tornillo de vuelta cilíndrico a entrar en una cavidad de moldeo relativamente fría donde se da al plástico la forma deseada.

La idea del moldeo de varios materiales para formar un producto único debe precisarse en detalle para que pueda recibir una denominación apropiada. Esto, porque existen varias posibilidades tecnológicas para hacer un producto moldeado por inyección con varios materiales, que hoy en día son consideradas excluyentes entre sí. En términos generales existen los procesos que emplean boquillas múltiples de inyección o estaciones diferentes de moldeo y los procesos que emplean una sola boquilla de inyección con una sola estación de moldeo. A la primera clase corresponden los procesos de moldeo con transferencia de molde o con sobreinyección. Al segundo tipo de proceso pertenecen la coinyección y la inyección tipo "sándwich".

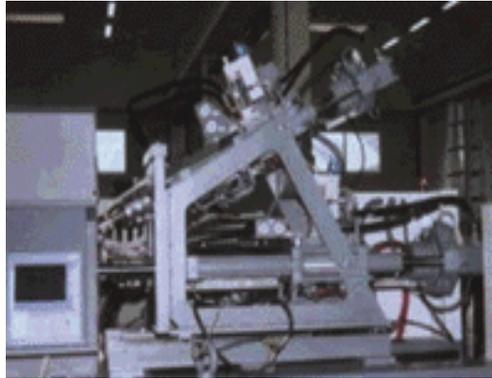


Figura 6.

En la figura 6 se ilustra la orientación de la segunda unidad de inyección en posición diagonal con respecto a la primera. Como se trata de la inyección de dos materiales en cavidades diferentes cada uno, los dos extrusores alimentan boquillas diferentes, separadas entre sí aproximadamente 55 mm. De esta manera, los dos materiales fundidos se controlan independientemente.

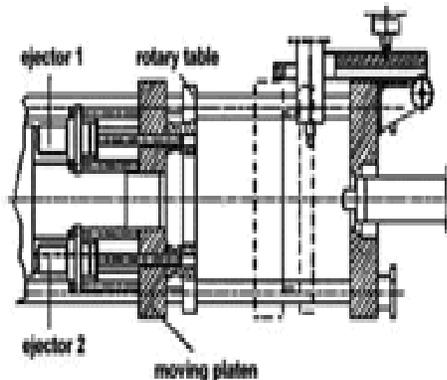


Figura 7. Mecanismos de Inyección

En la figura 7 se muestran los mecanismos de eyección para las dos cavidades de un molde que rota dentro de la máquina de inyección. Los eyectores pueden controlarse independientemente uno de otro. Esta variante ofrece un máximo de flexibilidad para la implementación de una amplia variedad de diseños de moldes que constan de dos mitades, como los que se emplean para la combinación de materiales termoplásticos con elastómeros de curado, los cuales deben tener una separación térmica entre las dos cavidades.

1.4.2.1 Procesos de Moldeado Asociados a la Coinyección

El proceso de coinyección, por definición, es la inyección de los materiales fundidos a través de una boquilla única para formar un producto en una cavidad, también única,

mediante la cual la inyección, por ejemplo, de un material central y de un segundo material que hace las veces de piel se puede realizar a través de una boquilla. La construcción de esta boquilla permite la apertura y cerrado independientes de los componentes individuales. La boquilla coloca las fases individuales de los dos materiales a inyectar. De acuerdo a la figura 8.

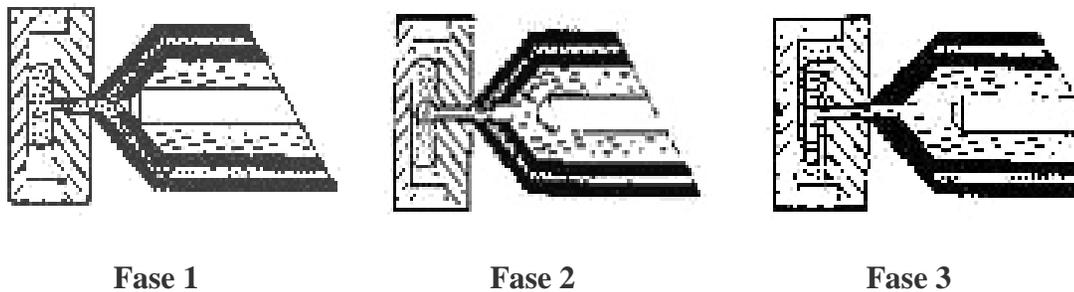


Figura 8. Inyección de materiales múltiples a través de una boquilla única.

En la fase 1, la aguja de la boquilla cierra el paso del material B, que es el central. La entrada del material A, que conforma la piel del producto, se mantiene abierta y fluye dentro del molde. En una fase subsiguiente, se abre la aguja para dejar pasar simultáneamente el material central a la cavidad del molde. Este arreglo elimina la formación de marcas de flujo sobre la superficie del producto, particularmente en productos de formas intrincadas. En la tercera fase se cierra el paso del material A y fluye únicamente el material central en el molde. Este tipo de boquilla permite asegurar la aplicación de una presión de sostenimiento en el final del ciclo de inyección ya sea con el material de la piel, A, o con el central, B. la máquina de menor tamaño en la cual se puede aplicar este proceso es una de 600 kN en la prensa.

La coinyección ofrece pues la posibilidad de aportar combinaciones de propiedades en un mismo producto, desde el punto de vista funcional, estético, ergonómico, y para reducir las operaciones de ensamble y acabado en los productos finales. Por otro lado, cuando los materiales centrales son abrasivos porque contienen rellenos o refuerzos, se puede usar una piel externa que encapsule el material central y evite el contacto con la superficie del molde. Se han presentado reportes de ahorros sustanciales en el mantenimiento de moldes debido al uso de la coinyección con este propósito.

1.4.2.2 INYECCION EN SANDWICH.

La inyección en sándwich es una variación del proceso de coinyección como se puede observar cuando se compara el proceso descrito en la *figura 8* ya mencionada, con el bosquejo del proceso en sándwich de la *figura 9*.

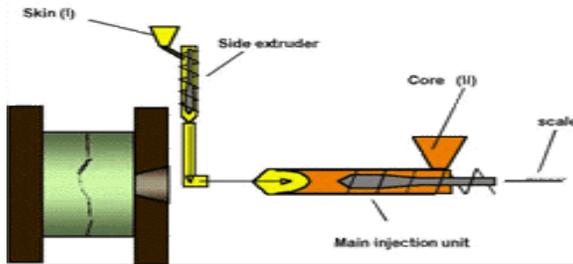


Figura 9. Proceso de coinyección en sándwich. La piel se introduce en el acumulador del extrusor principal (material central), antes del molde por inyección del producto.

Los dos materiales fundidos se acumulan de una manera consecutiva en un cilindro común y luego se inyectan en un solo paso de inyección en el interior de la cavidad del molde. Debido a la acción de empuje del material central que empuja hacia adelante al material que conforma la piel de producto, se forman automáticamente las capas de piel externa y de material central de una manera intercalada en el molde. El material central es plastificado en el extrusor principal de la máquina inyectora y el material que conforma la piel se plastifica en un extrusor auxiliar que se agrega a la máquina. El material fundido de la piel se introduce en el barril del extrusor principal de la máquina haciendo uso de un sistema de dosificación volumétrica o con base en el control de la presión de la resina. Normalmente, la introducción de este material en el barril se hace con poca resistencia de la presión del material central. Esta es la única modificación que se hace con respecto al proceso de moldeo tradicional y por ello es tan simple de aplicar.

1.4.3 SOPLADO

El moldeo por soplado es un proceso discontinuo de producción de recipientes y artículos huecos, en donde una resina termoplástica es fundida, transformada en una preforma hueca y llevada a un molde final en donde, por la introducción de aire a presión en su interior, se expande hasta tomar la forma del molde. Es enfriada y expulsada como un artículo terminado. Para la producción de la preforma, se puede considerar la mitad del proceso como conjunto y utilizando el proceso de inyección o extrusión, permitiendo que el proceso de soplado se divida en dos grupos distintos: inyección – soplado y extrusión – soplado.

1.4.3.1 VENTAJAS Y RESTRICCIONES.

El proceso tiene la ventaja de ser único para la producción de recipientes de boca angosta; solamente comparte mercado con el rotomoldeo en contenedores de gran capacidad. Para el proceso extrusión soplo, la producción de la pieza final no requiere de moldes muy costosos. Otra ventaja es la obtención de artículos de paredes muy delgadas con gran resistencia mecánica. Operativamente permite cambios en la producción con relativa sencillez, tomando en cuenta que los moldes no son voluminosos ni pesados. Como restricciones del proceso se puede mencionar que se producen artículo huecos que requieren de grandes espacios de almacenaje y dificultan la comercialización a regiones que no estén próximas a la planta productora. Por otra parte, en el proceso de extrusión – soplo, se tienen en cada ciclo una porción de material residual que debe ser molido y retornado al material virgen para su recuperación, lo que reduce la relación producto obtenido/material alimentado, y que se debe adicionar al precio del producto.

1.4.3.2 APLICACIONES

Prácticamente el moldeo de cualquier recipiente se puede lograr por medio del proceso de soplado, siendo el único para la producción de recipientes de cuello angosto de alto consumo en industrias como la alimenticia, cosmética y química, aunque en envases de cuello ancho, puede encontrar cierta competencia en el proceso de inyección y quizás con el termoformado, mientras que en contenedores de gran tamaño y boca angosta, observa una gran competencia con el moldeo rotaciones. El proceso se encuentra en crecimiento, bajo la necesidad de abastecer a un mercado de alimentos también en constante auge. Ejemplo de la diversidad de aplicaciones son:

Sector Cosméticos – Farmacéutico

- Envases de tratamiento tipo ampollitas
- Envases pequeños para muestras médicas
- Recipientes para medicamentos en pastillas
- Recipientes para jarabes, soluciones y suspensiones
- Recipientes grandes para suero
- Recipientes para shampoos y cremas
- Recipientes para lociones y perfumes

Sector de Alimentos

- Botellas para aceite comestible
- Botellas para agua potable
- Botellas para bebida carbonatadas con o sin retorno
- Botellas para bebidas alcohólicas
- Envases pequeños para golosinas o promocionales
- Envases para bebidas refrescantes no carbonatadas
- Envases para condimentos
- Envases para bebidas en polvo

Para la obtención de artículos huecos por esta vía, la resina polimérica es alimentada a la tolva de un extrusor; de ahí pasa al interior del cañón, se plastifica y homogeneiza por medio del husillo con los pigmentos y otros aditivos que también hayan sido alimentados, siendo únicamente restringido el uso de cargas o refuerzos, ya que estos últimos generalmente provocan la ruptura de las paredes del artículo cuando está en la etapa de soplado.

El material ya homogéneo y completamente plastificado, pasa al dado o cabezal que, de manera similar a la extrusión de tubería, produce una preforma (pàrison) tubular con dimensiones de pared controladas para que la pieza final cumpla con las dimensiones de espesor requeridas.

La producción de esta preforma debe ser invariablemente vertical y descendente, ya que no existe ninguna guía que pueda ofrecerle alguna otra orientación, mientras que el tiempo empleado desde que comienza a salir del dado hasta que tiene la dimensión precisa para continuar con el ciclo, está limitado al momento en que la primera porción de plástico extruído se enfríe, perdiendo características para ser moldeado.

Llegando a la longitud de preforma óptima, que es ligeramente mayor a la longitud del molde que forma la pieza final, entra en acción del mecanismo que cierra las dos partes del molde para dejar confinado el párison en éste. Durante su movimiento, el molde además de rodear al párison, lo prensa por uno de sus extremos provocando el sellado de las paredes del tubo, debido a que el plástico se encuentra aún arriba de su temperatura de reblandecimiento.

El diseño del molde puede incluso cortar el material sobrante por debajo de éste, formando así, la característica línea o costura en la base de todo recipiente obtenido por extrusión-soplo. El otro extremo del párison permanece abierto, pues es necesario para las etapas posteriores.

En la tercera fase del proceso se introduce una boquilla por el extremo abierto del molde y en el interior del párison, se inyecta aire a presión, obligando a la preforma a extenderse hasta alcanzar las paredes del molde, donde se enfría y conserva la forma interior del molde. La boquilla de inyección del aire crea al mismo tiempo la estructura final de la boca y cuello del recipiente.

Es importante señalar que durante el proceso de expansión de la preforma hacia las paredes del molde, el espesor de la pared sufre una reducción por el aumento del área superficial.

En la última fase del ciclo de soplado, el molde se separa exponiendo al recipiente terminado a una temperatura en que es estable dimensionalmente, para ser entonces expulsado por su propio peso o por el aire a presión que aún se encuentra en su interior. Generalmente, el tiempo invertido en la dos últimas etapas tarda lo suficiente para que en el dado se haya extruido una nueva preforma, siendo necesario que el molde recién liberado del producto tenga que moverse hacia la recepción del nuevo material, para iniciar un nuevo ciclo productivo.

1.4.4 Extrusión- soplado

El uso de la extrusión para producir el elemento tubular a partir del que se forma el cuerpo hueco permite un mejor aprovechamiento de las posibilidades de los materiales multicapa, con lo que se consiguen envases en que la pared está compuesta por capas de distintos materiales que otorgan las características diferenciadas de barrera, resistencia a la radiación UV, características mecánicas o coloración.

Las extrusoras para producir grandes capacidades, con peso superior a los 25-50 kg unitarios, suelen estar dotadas de acumuladores de extruido para producir la preforma de un modo mucho más rápido que el que permitiría el propio flujo del cabezal de extrusión, evitando que se descuelgue antes de quedar fijada por el pinzamiento del molde.

La extrusión permite una gran versatilidad de formas. En forma simple, es posible producir envases con asa incorporada que se sopla conjuntamente con el cuerpo del envase mediante un pinzamiento parcial de la preforma. Pueden fabricarse también tubuladuras de forma compleja utilizando un robot que posiciona la preforma dentro de las formas complejas y con cambio de dirección del molde abierto. Estos productos tienen un amplio campo de aplicación en la industria del automóvil, tanto en los sistemas de climatización como en algunas tubuladuras de admisión, así como en la fabricación de depósitos de combustible. Se fabrican también infinidad de artículos de juguetería, palets y otros productos

Asimismo es el principal sistema para la fabricación de envases con plásticos biodegradables, que pueden ser la respuesta de la industria a los problemas de residuos sólidos urbanos, ya que estos materiales permiten su incorporación a los vertederos. En resumen, aunque sea el método más antiguo, es probablemente el más versátil y continuará siendo imprescindible para un número de aplicaciones.

1.4.5 Proceso De Inyección – Soplo

Se utiliza en los casos en que se requiera obtener recipientes de boca ancha, con o sin cuerda, con un cuerpo aún más ancho o de forma tal que no pueda obtenerse por un proceso simple de inyección. También es adecuada la resina requerida para que la obtención del recipiente tenga una fluidez y viscosidad que no permitan la extrusión de una preforma o se tenga muchos problemas para su control.

En esta variante del proceso de soplado, en la primera etapa la resina es alimentada a la tolva de una máquina de inyección, de donde pasa el cañón y por la acción del husillo y las resistencias calefactoras es fundida, homogeneizada y transportada hacia la punta de la unidad de inyección; ahí se acumula temporalmente.

Al reunirse la cantidad de material suficiente para inyectar la pieza y teniendo el molde listo para la recepción del material, el husillo de la unidad de plastificación avanza, expulsando al material plastificado hacia la cavidad del molde para producir la preforma, con un perfil de espesores que puede ser uniforme o variable dependiendo de la forma del artículo final.

La preforma tienen un aspecto tubular y no puede ser, ninguno de sus puntos, más ancha que el diámetro interno de su boca. El plástico inyectado es ligeramente enfriado para que la preforma pierda fluidez y conserve un estado reblandecido. Al momento de alcanzar la temperatura adecuada, la parte del molde correspondiente al cuerpo de la preforma, se aparta para ser sustituida por otro molde que tiene la forma exterior del recipiente deseado.

En esta etapa, las parte del molde que formaron el cuello y la parte interna de la preforma se conservan inmóviles. La preforma, ubicada ahora en un molde de mayor volumen, es expandida por la inyección de aire introducido por el vástago metálico central usado durante la inyección de ésta. La expansión involucra una reducción en el espesor de las paredes del recipiente, de manera similar al `proceso de extrusión soplo, pero en este caso, la línea de costura en la base del producto no aparece, siendo reemplazada por una discreta prominencia que indica el punto de inyección de la preforma. El plástico, ahora en contacto nuevamente con las paredes interiores del molde final, transfiere su calor rápidamente hacia el metal, que a su vez, es enfriado con corriente de fluidos refrigerantes.

Finalmente, la última etapa del ciclo corresponde a la expulsión de la pieza terminada con la apertura de los moldes que dieron forma al cuerpo y cuello del recipiente y la salida del vástago central del interior del producto. De aquí, el vástago central y el formador del cuello se unen con el molde del cuerpo de la preforma para instalarse en posición a la salida de la boquilla de la inyectora y esperar una nueva descarga de material plastificado para iniciar un nuevo ciclo.

1.4.6 OTROS PROCESOS

Los procesos se clasifican en función del tipo de material que se utiliza y se agrupan de la siguiente forma:

Tabla 2. Clasificación de otros procesos

Tipo de material	Proceso
Termoplásticos	Calandreo Inmersión Lechoso Fluidizo Recubrimiento por Cuchillas.
Termofijos	Transferencia Pultrusion
Termofijos y Termoplasticos	Compresión Aspersión Vaciado.

1.4.6.1 CALANDREO. Es un proceso de transformación primario continuo utilizado para producir láminas y películas, mediante un sistema de cilindros que comprimen el material preplastificado para llevarlo al espesor deseado, transportado posteriormente a otra serie de rodillos para enfriar el producto.

1.4.6.2 INMERSION. Es un proceso de transformación primario, donde un plástico en estado líquido recubre un molde o modelo, solidificando y permaneciendo adherido al molde como parte del producto final o separándose para utilizar el molde en la fabricación de una nueva pieza.

1.4.6.3 RECUBRIMIENTO POR CUCHILLAS. Proceso primario cuyo principio de funcionamiento es lograr la incorporación del plástico a diferentes materiales como tela y papel.

1.4.6.4 LECHOZO FLUIDIZADO. Utilizado para reducir piezas metálicas a través de un proceso similar a la inmersión, la materia prima utilizada es en forma de polvo y el espesor de pared obtenido es menor.

1.4.6.5 TRANSFERENCIA. Es para moldear termofijos como resina Fenòlica y Epòxica, exclusivamente de manera similar al proceso de inyección para termoplásticos.

1.4.6.6 PULTRUSION. Técnicamente este proceso guarda una gran similitud con el proceso de extrusión en termoplásticos, reconociéndose en algunos casos como la extrusión para materiales termofijos. Utiliza como materias primas la Resina Poliéster y Resina Epoxica.

1.4.6.7 COMPRESION. Es el proceso mas antiguo para fabricar piezas en la industria del plástico, consiste en moldear piezas con diversas formas y tamaños utilizando una prensa hidráulica o eléctrica.

1.4.6.8 ASPERSION. Produce laminados o recubrimiento de resina con fibra de vidrio, utilizando sistemas de atomizado. Es adecuado para productos pequeños o medianos. El objetivo es depositar en un molde abierto, resinas, aceleraciones y fibras que se mezclan durante la trayectoria.

1.4.6.9 VACIADO. Es un proceso que consiste en verter o agregar sobre un modelo o molde una mezcla de las materias primas en el caso de termoplásticos o agentes reactivos perfectamente mezclados para termofijos. Con ayuda de temperatura o por efectos de la reacción, la masa moldeada endurece y genera una pieza terminada.

1.5 TIPO DE PLASTICOS Y USOS COMUNES

Tabla 3

TERMOESTABLE	
	USOS COMUNES
Resinas fenolicas	<ul style="list-style-type: none"> - Cables y conectores eléctricos - Adhesivos para maderas - Dispositivos de transmisión.
Ureas	<ul style="list-style-type: none"> - Vestimentas Resistentes. - Productos decorativos. Espumas de aislamiento y empaquetado
Poli esterres Insaturados	<ul style="list-style-type: none"> - Ropas. - adhesivos - Empaquetado. - Componentes de Automóviles - Dispositivos Eléctricos. - Tuberías y tanques resistentes a la corrosión.
Resinas Epoxi	<ul style="list-style-type: none"> - Adhesivos. - Laminados Eléctricos. - Superficies Electrónicas. - Construcción.
Melaninas	<ul style="list-style-type: none"> - Adhesivos. - Botones. - Objeto de uso corriente. - revestimientos domésticos protectores.

TABLA 4

TERMOPLASTICOS	
	USOS COMUNES
Poli etileno de baja Densidad	<ul style="list-style-type: none"> - Sacos de Embalaje - Empaquetado alimentario - Botellas, Bolsas, juguetes.
Poli etileno de Alta Densidad	<ul style="list-style-type: none"> - Bolsas - Tanques de Gasolina - Contenedores - Botellas alimentarias y de uso domestico (productos de limpieza) - Tuberías y conexiones. - Aislamiento de cables electricos de baja frecuencia. - Botellas, ventanas y persianas.

Policloruro de Vinilo	<ul style="list-style-type: none">- Revestimiento de paredes.- Pinturas de alta resistencia a la intemperie.- Sacos de embalaje agrícola e industrial.- sustituto de cuero, tapicería y alfombras.
Resinas Epoxi	<ul style="list-style-type: none">- Adhesivos.- Laminados Eléctricos.- Superficies Electrónicas.- Construcción.
Polipropileno	<ul style="list-style-type: none">- Embalajes rígidos para microondas.- Juguetes, carpetas.- Embalaje protector de tabacos y techos en coches.- Fundas, pedales, piezas de lavadora- Equipo esterilizable hospitalario.- Cepillos.
Poliestireno	<ul style="list-style-type: none">- Utensilios de Cocina.- Carcasas diversas.- Espumas aislantes.- Cartones de Embalaje.
ABS	<ul style="list-style-type: none">- Carcasas para aspiradoras, radio- Telefonía.- Deportes.- Salpicaderos, Guanteras.
Nailon y Derivados	<ul style="list-style-type: none">- Bolsas de cocción.- Suturas, cuerdas diversas.- Cepillos, brochas, pinceles, juguetes

**CAPITULO II:
RECICLAJE
DE LOS
PLASTICOS**

2.1 HISTORIA DEL RECICLAJE DE LOS PLÁSTICOS

Sabemos que desde que Eva arrojó el primer corazón de manzana, comenzaron a aparecer los residuos, los cuales no fueron de fundamental importancia mientras los hombres vivían como tribus nómadas, pues los residuos quedaban y ellos cambiaban de lugar, pero comenzó a ser relevante cuando estas poblaciones se convirtieron en sedentarias, pues sus residuos eran depositados en su entorno. Pero el problema verdadero apareció cuando se conformaron las ciudades, ya que el número de habitantes se incrementó sobre manera y por ende sus desperdicios.

Desde que en Europa se comenzó a incinerar la basura, se revolucionó la recolección de residuos orgánicos e inorgánicos, con la construcción de incineradoras. En países como Estados Unidos, se conformó primeramente en forma voluntaria un grupo de hombres dedicados a la recolección y reciclaje de residuos en la vía pública; estos eran enviados a una planta que quemaba los mismos y aprovechaba el vapor para la producción de energía eléctrica. El 90% era producción de cenizas, humos altamente tóxicos, y el material residual era depositado en un terreno para su relleno. También, era otra alternativa la de arrojar los residuos al mar; hasta que en 1934, la ciudad de New York recibe una demanda que prohíbe arrojar basura al mar.

Los desperdicios de guerra eran enterrados en fosas cubiertas por tierra. Algunos años después con el auge del consumismo, aumenta la cantidad de desperdicios por habitante. En la década del 60 aumenta en un 56% el consumo de envases descartables (latas, plásticos, otros) y las empresas productoras cada vez arrojaban más residuos fluviales a los ríos.

En abril de 1970, se crea la agencia de protección del ambiente (APA) con un proyecto de reciclaje de residuos por ambientales. Se tecnifica el reciclado transformándose así, en obtención de energía, la cual se hacía por reducción, división o mezclando la misma con tierra.

El reciclaje es la "circulación de materiales dentro de un sistema cerrado con el propósito de optimizar recursos, disminuir generación de basura, propiciar la separación de

los desperdicios e introducir los mismos al sistema productivo para generar artículos útiles a las personas”.

El desarrollo de la industria del plástico contribuyó a cambios y avances de diversos sectores importantes como: automotriz, industrial, comunicaciones, alimentos, farmacéuticos y agrícola, debido al reemplazo de materiales tradicionales como, papel, madera, vidrio y metal. Estos cambios modificaron los hábitos de consumo de la población, propiciando el uso de una gran cantidad de materiales plásticos, que posteriormente se convierten en desechos que ocasionan un problema de contaminación.

En los últimos años, ha tomado una mayor importancia el cuidado del medio ambiente y los recursos naturales; por esto la utilización de plástico se ha visto duramente cuestionada debido a su impacto ambiental. En algunos países se han creado medidas legislativas como la retornabilidad y reglamentación en el uso de materiales para reciclado. El reciclado de los plásticos tiene como beneficios el mejoramiento ecológico y generación de nuevas industrias que pueden resolver problemas de contaminación, asociado a la obtención de utilidades y generación de empleos.

En 1970 inició el desarrollo del reciclado de los plásticos, debido al aumento de los precios en el petróleo.

Esta combinación de circunstancias propició el desarrollo de tecnologías y métodos de recuperación que atenderían las necesidades de los consumidores, métodos físicos que incluyen sistemas de lavado, separación molienda, fusión, y granulado o métodos químicos fueron desarrollados y después de considerar las ventajas de los métodos, nace el reciclado de los materiales plásticos, que cobra gran importancia en la década de los ochenta, donde surgen mercados y aplicaciones como una opción de negocio.

En los noventa, se desarrollaron centros de Acopio, con, la finalidad de recolectar sistemáticamente diferentes materiales y facilitar su transformación posterior, de esta manera los desperdicios plásticos se vuelven a integrar al ciclo industrial o comercial, convirtiéndose en materias primas a través de procesos cada vez más especializados.

Países Europeos han tomado medidas para la recuperación de productos para ser reprocesados, por ejemplo el Ministerio Federal de Alemania de Protección Ambiental, implementó una medida que consiste en que los compradores de bebidas en botellas plásticas deben pagar un depósito por botella que se reintegra en el momento en que se devuelve el envase, los establecimientos comerciales están en la obligación de recibir las botellas que habrán de ser destruidas en instalaciones centrales.

Japón es otro ejemplo, ya que en la ciudad se recicla alrededor del 20% de los residuos y en el año de 1988 exportó un millón de toneladas métricas de residuos destinados al reciclaje o reutilización, lo que trajo al territorio ingresos de casi US\$ 280 millones de dólares, además de considerar esta medida como una forma de reducir los volúmenes de residuos.

En Italia el Sr. Mario Bandera fundador y actual presidente de la oficina mecánica Prealpina, hace 25 años intuyó la importancia vital que tiene este tema en las sociedades industrializadas; hoy en día la oficina está capacitada para reciclar el material plástico. Esta filosofía, con los años, ha hecho que la empresa se convierta en líder del sector de la regeneración en el que destaca por su eficiente organización. La casa matriz, cuya superficie asciende a 15000 m², se ubica en la ciudad de Legnano (provincia de Milán-Italia).

2.2 IMPORTANCIA DEL RECICLAJE

Entre las ventajas derivadas del reciclado está la reducción en la cantidad de residuos domiciliarios, los materiales termoplásticos pueden fundirse y reprocesarse para aplicaciones de larga vida o para diferentes usos; otro beneficio es como productor de energía al realizar la incineración. Pero entre los factores más importantes para reciclar plásticos se tiene los siguientes:

- ④ **ECOLOGIA.** Actualmente las normas ecológicas se han reestructurado, presentando mayor exigencia en el control de los desechos plásticos. El reciclado de los plásticos contribuye con la ecología, ya que ayuda a resolver el problema de los desperdicios, se ahorra hasta el 88% de la energía que se requiere para producirlos a partir de petroquímicos y conserva los recursos naturales al reutilizar los productos del petróleo.

© **ECONOMIA.** La generación de desperdicios es inevitable en la industria de transformación de los plásticos, evitando una pérdida económica, las empresas reutilizan los desperdicios generados durante los procesos y las combinan con material virgen. Estas mezclas ayudan a reducir el costo del producto, que de acuerdo a los porcentajes utilizados de regranulado, se disminuyen los costos siempre y cuando no se afecten las características del artículo fabricado.

El precio del material reciclado debe ser menor que el virgen, con lo que el costo del producto se reduce y puede competir en el mercado. Existe un importante ahorro de energía cuando se reciclan plásticos por que se consume menos que la empleada para transformar los plásticos a partir de los petroquímicos.

© **TECNOLOGIA.** En la actualidad se cuenta con la tecnología adecuada para reciclar plásticos por diferentes métodos que dependen de las características y necesidades de los mismos.

© **ESCASEZ.** La industria de transformación de los plásticos ha crecido considerablemente y además, ha atravesado por varias crisis de materiales, estos dos factores propician la escasez de materias primas que origina buscar otras fuentes de abasto como los plásticos reciclados.

Medidas tomadas para minimizar el problema de la escasez y desabastecimiento generaron actividades como: reducir, reutilizar y reciclar, conocidas como RRR's.

Reducir significa utilizar la menor cantidad posible de materiales que se vayan a desechar, con este propósito se desarrollan plásticos mas resistentes, aditivos y procesos que permiten fabricar productos mas ligeros, de menor espesor y diseño ergonómico.

Se han sustituido botellas rígidas por películas flexibles para contener líquidos con el objetivo de ocupar menores espacios en los centros de acopio y rellenos sanitarios.

REUTILIZAR es utilizar al máximo la vida útil de los productos a través del sistema de retornabilidad, así la empresa fabricante logra un control en el manejo de los productos terminados disminuyendo los desperdicios y su impacto visual en la basura.

RECICLAR es la tercera opción y se aplica una vez que los productos ya no pueden ser utilizados para su objetivo original. Sirve para obtener materia prima que será utilizada para fabricar artículos útiles para una segunda aplicación. Los plásticos reciclados son utilizados en gran cantidad de aplicaciones no alimenticias, debido a requisitos sanitarios de garantía que ningún contaminante pueda migrar a la superficie del producto.

2.3 TECNICAS PARA EL RECICLADO

Algunas de estas técnicas comenzaron a desarrollarse en los años setentas, cuando algunos países empezaron a incinerar sus residuos plásticos. Desde entonces ha habido muchos avances en la manera de reciclar plásticos, dando como resultado, cuatro tipos de reciclaje de plásticos: primario, secundario, terciario y cuaternario.

1) Reciclaje Primario

Se denomina reciclaje primario a la trituración de los residuos plásticos procedentes del proceso de fabricación de un producto, el cual se mezcla con plásticos vírgenes y se utiliza a modo de materia prima (reciclaje mecánico). Se trata de un proceso barato y rentable, dado que el residuo es homogéneo y se encuentra poco contaminado.

2) Reciclaje Secundario

En el reciclaje secundario, el residuo plástico procede de una pieza ya utilizada, con lo cual el material es más heterogéneo y contaminado. Hay que separar, triturar, limpiar y convertir los plásticos en materia prima (reciclaje mecánico). Dada la degradación del plástico, para que la calidad del material reciclado sea aceptable se han de agregar aditivos especiales y caros, motivo por el cual en la mayoría de los casos se recurre a este tipo de reciclaje -más complejo y costoso- cuando se cuenta con alguna subvención pública. Si bien durante los últimos años se ha avanzado mucho en la tecnología de separación de plásticos, en ocasiones resulta insuficiente.

3) Reciclaje Terciario

En el reciclaje terciario o químico (pirolisis, glicólisis, alcoholisis e hidrolisis) las cadenas moleculares se reducen hasta obtener los monómeros iniciales o productos intermedios de bajo peso molecular que pueden servir de materia prima para la polimerización. Según un estudio realizado por Association of Plastic Manufacturers of Europe (APME), en 1995 un total

de 99.000 toneladas de residuos plásticos fueron recicladas mediante esta tecnología, cifra que en los años venideros irá en aumento, puesto que cuando no es posible el reciclaje mecánico, el químico resulta una buena opción, aunque, hoy por hoy, resulta demasiado costosa.

4) Reciclaje Cuaternario

En el reciclaje cuaternario o recuperación de la energía, el residuo plástico se emplea como combustible. Dado que los plásticos son materiales provenientes del petróleo, su valor energético es similar al de este último. El PP, por ejemplo, tiene 46 MJ/kg, mientras que la leña tiene 16 MJ/kg. La energía de los residuos orgánicos no llega sino al 10% de la que contienen los plásticos. Otro ejemplo: la energía proveniente de un envase de yogur de 0,3 litros es capaz de mantener encendida una bombilla de 40W por espacio de una hora. Estudio efectuado en unos hornos de cemento de Suiza demuestra que por cada tonelada de residuos plásticos empleado como combustible se ahorran 1,4 toneladas de carbón, lo cual supondría 3,8 millones de toneladas de carbón menos al año en Europa, reduciéndose al mismo tiempo las emisiones. Así pues, la recuperación de la energía de los plásticos reduce la cantidad de material depositado en los vertederos y contribuye a la conservación de los combustibles clásicos.

2.4 PROCESOS PARA EL RECICLAJE

Los procesos que se utilizan para el reciclaje físico de plástico son diversos, sin embargo el primer paso a seguir es la clasificación ya que los procesos se realizan de acuerdo al tipo de material que se procesa. Con materiales del mismo tipo y limpios el procedimiento resulta fácil; para materiales mezclados y sucios, el proceso es complicado, por lo cual se requiere un acondicionamiento previo de estos.

El tratamiento que se proporciona va de acuerdo con el tipo de producto a procesar, este se divide en dos tipos de tratamiento:

TRATAMIENTO A. Este tratamiento se utiliza para película, fibra y botellas

- Compactado
- Molienda
- Granulado o peletizado
 - Frío
 - Caliente

- Envasado

TRATAMIENTO B. Este se utiliza para productos como: lámina, tubería, piezas sólidas fabricadas por inyección y piezas huecas fabricadas por soplado.

- Prelavado
- Molienda
- Granulado o Peletizado
 - Frío
 - Caliente
- Envasado

El plástico sucio requiere lavado y secado. Cuando se procesa películas y fibras, se necesita de un proceso de compactado para facilitar el manejo del material, debido a ello, éstos procesos se consideran como de acondicionamiento previo.

Cuando se utilizan etiquetas autoadhesivas en bobinas plásticas, los desperdicios son mínimos y el reciclado del envase y etiqueta plástica en conjunto no requiere procesos previos.

En el diagrama 1, se muestra la separación de los desperdicios plásticos y el tipo de tratamiento que requieren para reciclarse.

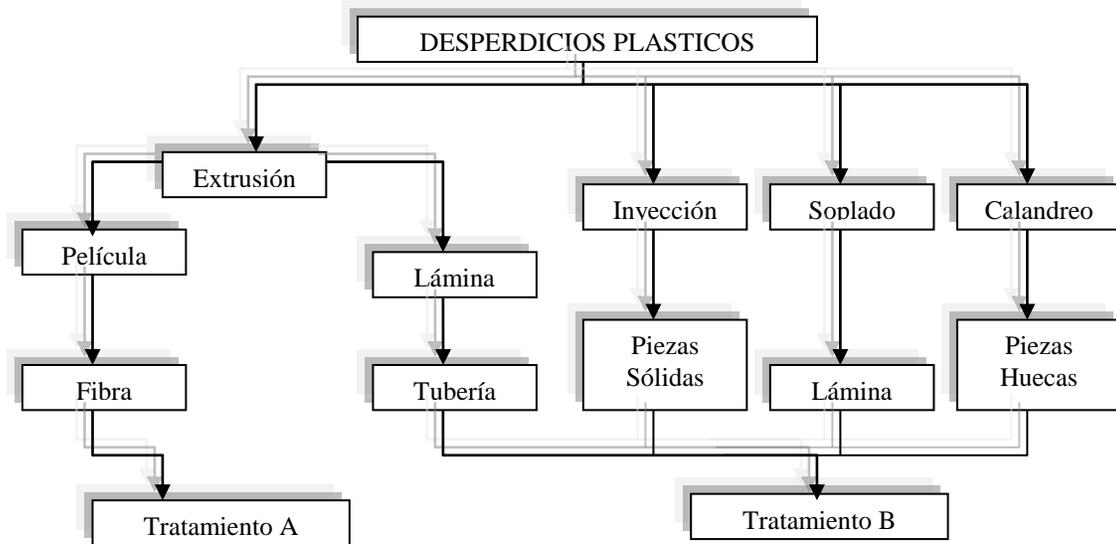


Diagrama 1. Separación de Desperdicios y Tratamiento de Productos

2.4.1 CLASIFICACION

El proceso de clasificación de los plásticos puede ser manual o mecanizado, según la tecnología empleada:

- a. Proceso Manual:** Generalmente los recicladores tienen habilidad gracias a la experiencia adquirida en el trabajo cotidiano; los métodos que más utilizan son el doblado, el rasgado y el de transparencia. Este proceso es característico de las micro y pequeñas empresas de países en desarrollo, como en El Salvador.

- b. Proceso Mecanizado:** Se cuenta con procesos en serie que clasifican los residuos de forma automática, mediante banda transportadora, máquinas foto-ópticas, las cuales reconocen forma de transparencia, sensores térmicos, espectroscopios infrarrojos. Hay otros métodos de separación automatizada basados en la diferencia de gravedad específica, difracción de rayos "X" por disolución de solventes.

Para facilitar la identificación de cada polímero, y también para ayudar a su clasificación para poder implementar sistemas de reciclado, se ha instituido el Código Internacional SPI, que permite identificar con facilidad de que material específicamente esta hecho un objeto de plástico.- El Proceso de reciclado y el producto que se obtenga dependerá del tipo de plástico que se recicle.

Tabla 5: Identificación de Materiales plásticos y sus usos más comunes

Código	Siglas	Nombre	Usos
	PET	Tereftalato de Polietileno	Envases de bebidas gaseosas, jugos, jarabes, aceites comestibles, bandejas, artículos de farmacia, medicamentos. etc.
	PEAD (HDPE)	Polietileno de alta densidad	Envases de leche, detergentes, champú, baldes, bolsas, tanques de agua, cajones para pescado, etc.
	PVC	Policloruro de vinilo	Tuberías de agua, desagües, aceites, mangueras, cables, usos médicos como catéteres, bolsas de sangre, etc.
	PEBD (LDPE)	Polietileno de baja densidad	Bolsas para residuos, usos agrícolas, etc.

	PP	Polipropileno	Envases de alimentos, industria automotriz, artículos de bazar y menaje, bolsas de uso agrícola y cereales, tuberías de agua caliente, films para protección de alimentos, pañales descartables, etc.
	PS	Poliestireno	Envases de alimentos congelados, aislante para heladeras, juguetes, rellenos, etc.
	Otros	Resinas epoxídicas Resinas Fenólicas Resinas Amídicas Poliuretano	Adhesivos e industria plástica. Industria de la madera y la carpintería. Elementos moldeados como enchufes, asas de recipientes, etc. Espuma de colchones, rellenos de tapicería, etc.

2.4.2 ACONDICIONAMIENTO PREVIO

2.4.2.1 PRE-LAVADO

El proceso de prelavado ayuda a separar contaminantes peligrosos como arena, piedra, vidrio y metales. La primera etapa es la alimentación del material, que utiliza una guillotina para desprender fácilmente los contaminantes en un primer lavado, posteriormente se conducen al granulador de la máquina de lavado.

Con el prelavado se logra un reciclaje económico de materiales muy contaminados y que contengan abrasivos, como productos agrícolas, sacos fertilizantes, películas de almacenaje y residuos urbanos.

2.4.2.2 LAVADO

El lavado permite la recuperación de materiales después del post-consumo urbano o industrial, cuando los desperdicios plásticos se encuentran sucios con tierra, piedras, residuos del producto que contenían, etiquetas y adhesivos. Ya que la suciedad debe ser retirada antes de moler los materiales. De lo contrario se muele primero y se lava posteriormente en pilas de agua, luego se seca.

Cuando el contaminante es metal, es necesario separarlos antes de la molienda utilizando magnetos.

En el lavado de películas, estas se alimentan continuamente mediante una banda a la máquina de lavado y trituradora con cuchillas rotativas. Las películas de cierto tamaño pasan a través de orificios de salida, colocados en la pared del tanque o tanques laterales de lavado y caen a las roscas de lavado y desagüe. El agua sucia es desviada y los recortes de película son relevados.

En la parte final de desagüe los recortes llegan a un tanque de flotación, en donde mediante sumersión repetida y forzada la suciedad resultante es separada por sedimentación.

Un sistema rotativo extrae los recortes de película de la flotación y los transporta a una zona de desagüe. El material es secado mediante un hidroextractor y neumáticamente transportado a un silo intermedio, de donde se transporta por cargas al aglomerador, que mediante plastificación los recortes son compactados llegando a formar un granulado.

2.4.2.3 DENSIFICACIÓN

Este tratamiento reduce el volumen de los residuos sólidos, mediante aplicación de altas presiones.

Las máquinas densificadoras forman aglomerados de material por fricción y enfriamientos sucesivos, hasta obtener un gránulo de características específicas. Se aplica a los desperdicios de películas, fibras y materiales espumados, se obtiene un tamaño de gránulo uniforme, similar al paletizado.

En los densificadores el material es impulsado a un movimiento circular, por efecto de las cuchillas, por fricción se logra un alto autocalentamiento. Una vez obtenido el calentamiento se agrega agua, lo que produce agrietamiento y solidificación del material, granulado posteriormente por las cuchillas. Después de extraer el vapor, el material es descargado por centrifugación.

El resultado es un granulado con características similares al material pelletizado, compatible con materia vírgen. Este proceso se utiliza para polietileno y polipropileno.

2.4.2.4 COMPACTADO

El compactado es un proceso que se utiliza para reducir el volumen de botellas, se prensan los materiales para obtener pacas, que posteriormente serán procesados por molienda o incineración.

Cuando las pacas son altamente compactadas tienen un peso de 600 Kg, cuando son de baja compactación tienen 200 Kg. El tamaño normal de una paca es la llamada de cinco pies, es decir, mide 153 x 130 x 85 cm.

2.4.2.5 CORTE CON GUILLOTINA

Las guillotinas son recomendadas solo cuando el tamaño del artículo es demasiado grande para ser introducido a los equipos de lavado y molienda, no integra lavado y se utiliza para láminas, placas, tubería, artículos de grandes dimensiones, como pacas de PET y Polietileno.

Estas máquinas consisten de un bastidor robusto, con una mesa de admisión de materiales y una cuchilla de acero templado para realizar la acción de desgarre del plástico en piezas grandes.

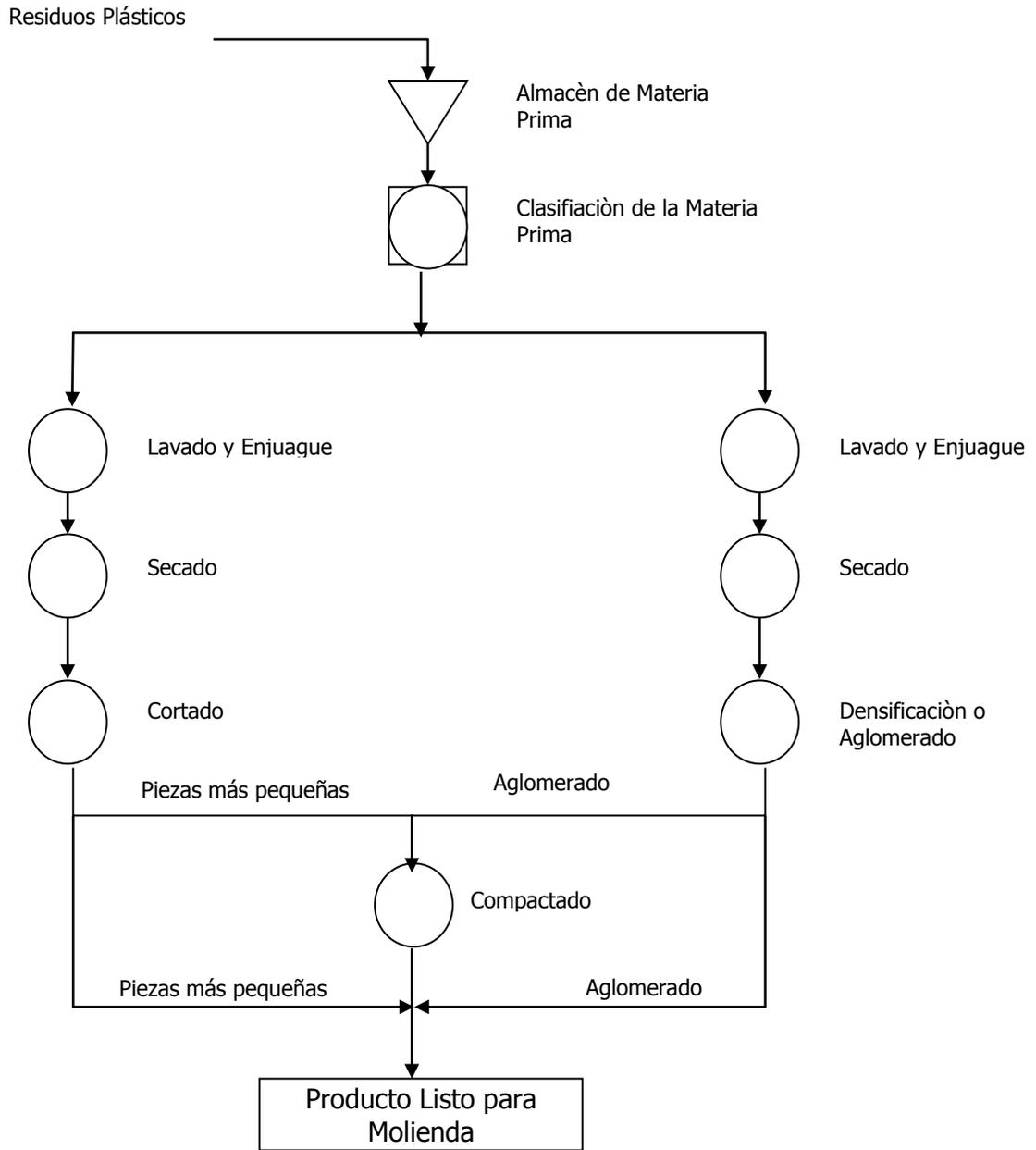


Diagrama 2. Flujo del Proceso de Acondicionamiento previo

2.4.3 EL PROCESO DE MOLIENDA

Este proceso requiere del acondicionamiento previo como etapa de preparación. Es necesario cortar los residuos plásticos para reducir el tamaño de estos y facilitar la manipulación a la hora de ser introducidos en la tobera del molino. La molienda se utiliza para reducir el tamaño de las partículas de plástico y obtener mejor clasificación en el proceso. Entre menor sea el diámetro de la partículas, mayor será la efectividad de la mezcla; en algunos países a estas hojuelas o laminitas de plástico de aproximadamente de un cm. de diámetro se les conoce con el nombre de "scrap".

El proceso es el siguiente:

El proceso de molienda se lleva a cabo mediante cuchillas de corte que se localizan en el rotor y en las paredes de la carcasa, existiendo cuchillas móviles y fijas. Cuando las cuchillas del rotor son muy cerradas son utilizadas para fragmentar piezas compactas y pesadas, pero si las cuchillas son abiertas, se utilizan para fragmentar materiales voluminosos pero ligeros.

Pasos:

1. Selección del plástico: la selección se realiza por cualquiera de los métodos descritos en el apartado anterior
2. Acondicionamiento: una vez seleccionado el material a reciclar, éste es cortado, para facilitar su manipulación.
3. Molido: El material acondicionado, se introduce en una tobera de alimentación, donde es molido por la acción de cuchillas impulsadas por un motor eléctrico, hasta alcanzar un diámetro de 1 cm. como máximo.
4. Lavado: esta operación permite retirar los elementos contaminantes del material molido.
5. Secado: Se realiza después de obtener limpias las hojuelas con la finalidad de retirar los restos de humedad. Este proceso puede realizarse de manera mecánica o Artesanal (haciendo uso de la energía solar).
6. Embalado: cuando el material está seco, se procede a pesarlo y embolsarlo, según las presentaciones del producto.
7. Almacenaje: como paso final, se lleva el producto terminado al área de almacenaje, donde está listo para ser vendido.

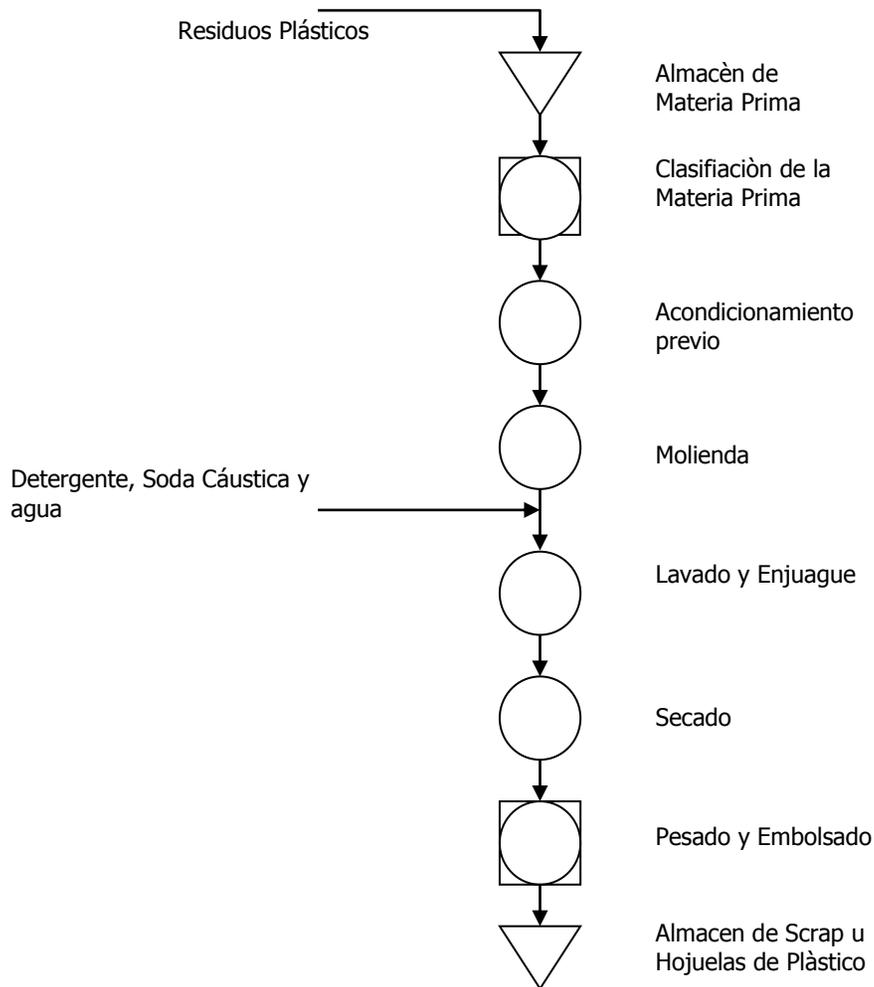


Diagrama 3. Flujo del Proceso de Molienda

2.4.4 PROCESO DE PELETIZADO

El paletizado consiste en un proceso de extrusión que tiene por objetivo mejorar la calidad del material plástico molido previamente, obteniendo al final un producto en forma de bolitas con una consistencia homogénea. Este procedimiento, ayuda a mejorar los procesos de moldeo. El proceso de peletizado utiliza el scrap o aglomerado como materia prima. Un tornillo sin fin empuja el material hacia una cámara de caldeo. Donde este se ablanda fundiéndose.

El equipo de extrusión tiene un dado especial que consiste en un plato perforado con orificios de aproximadamente 2 mm. de diámetro, por donde sale el plástico fundido y homogéneo para ser cortado posteriormente. Cuando el corte se realiza por medio de cuchillas a la cabeza del dado, se denomina "peletizado en caliente". La producción de "fideos" enfriados en tinas de agua y posteriormente cortados, se denomina peletizado en frío.

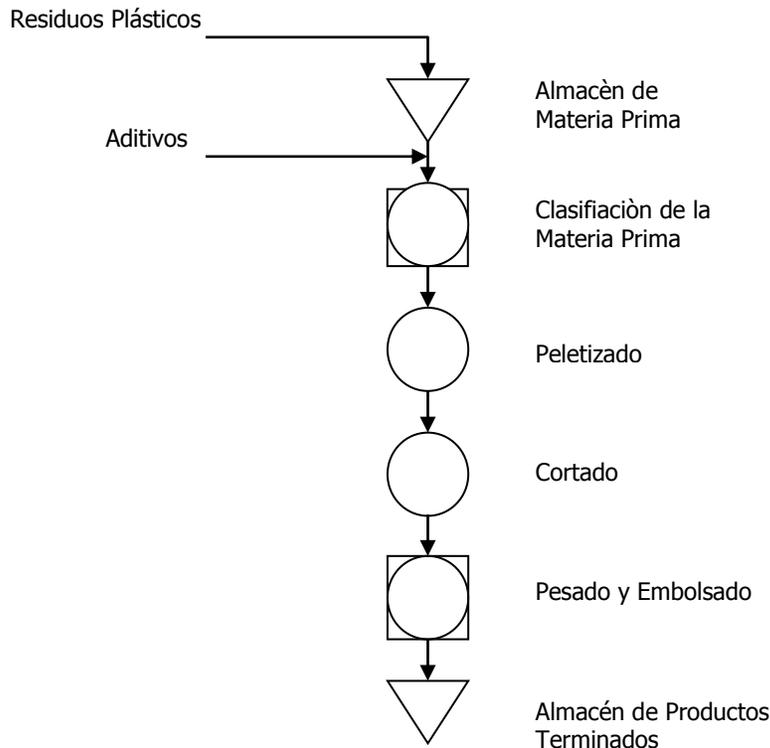


Diagrama 4. Flujo del Proceso de Peletizado

En la Tabla 6. Procesos para el reciclado por tipo de plástico

Plástico	Procesos
Poliétileno de Alta Densidad PEAD	- Lavado - Compactado y/o Densificación - Molienda - Peletización
Poliétileno de Baja Densidad PEBD	- Compactado y/o Densificación - Molienda - Peletizado
Polipropileno PP	- Lavado - Molienda - Peletizado
Poliestireno PS	- Molienda - Lavado y/o Densificación - Peletización

2.4.5 RECICLAJE DE PLASTICOS MEZCLADOS

Cuando se tienen mezclas de diferentes plásticos que resultan difíciles de separar técnica y económicamente, se han desarrollado métodos especiales para obtener por reciclamiento barras, placas y diversos productos moldeados.

El Proceso consiste básicamente en:

- Fragmentar los desperdicios
- Las fracciones ligeras son automáticamente compactadas en la base de trituración alcanzándose ocho milímetros de malla.
- La mezcla puede ser pre-lavada, si ésta contiene un alto nivel de contaminación de materia orgánica.
- El material es alimentado a un silo perforado cuya función es mezclar y almacenar, aquí el material es secado y homogenizado. En esta fase, pueden agregarse los aditivos, por ejemplo pigmentos, y el silo posee un sistema de agitación para prevenir la compactación del material.
- La mezcla se descarga a una tolva intermedia, dispuesta con un separador magnético de metales que alimenta directamente al extrusor.
- El extrusor o plastificador es manejado hidráulicamente para lograr altas velocidades que calientan la mezcla por fricción, durante un periodo corto de estadia dentro del cilindro para evitar su degradación. Posteriormente la mezcla es llevada por compresión hacia los moldes.
- Varios moldes montados, en las maquinas en un carrusel con movimiento rotativo, se van llenando en forma sucesiva frente a la salida de la mezcla fundida del extrusor, para que después se lleve a cabo el enfriamiento y se retire la pieza moldeada.
- Las piezas expulsadas por los moldes, se colocan en estantes aireados horizontalmente durante ocho o diez horas, para alcanzar el enfriamiento del centro y la estabilización total del producto.

Debido a que algunos plásticos en estado fundido resultan ser incompatibles entre si, existen dificultades durante el proceso que no permiten la obtención de productos de buena calidad.

2.5 RECICLADO DE PET

2.5.1 Generalidades

En la década pasada, comenzó a utilizarse masivamente una nueva resina plástica, el PET. La ausencia de cementantes y una de sus propiedades más distintivas como es la barrera de gases, le confirió gran difusión como envase de bebidas gaseosas, sifones y posteriormente otros productos como aceites, mayonesas, cosméticos, etc. Pero no sólo estas propiedades influyeron en esta elección de los industriales y el público consumidor. Su escaso peso en relación al del producto adquirido, aproximadamente 50 veces menos que el líquido contenido y fundamentalmente la seguridad de los usuarios, ante una eventual rotura, fueron factores determinantes para la generalización de su uso.

Desde el punto de vista ambiental, es la resina que presenta mayores aptitudes para el reciclado, ostentando el número 1 rodeado de tres flechas formando un triángulo, en el fondo del envase. El principal destino de esta materia prima posconsumo es la fabricación de fibras textiles, utilizándose en la confección de alfombras, cuerdas, cepillos y escobas, telas para prendas de vestir como el "polar", calzados, camisetas, etc. El PET reciclado no se destina a nuevos envases para bebidas o alimentos en contacto permanente.

Otras ventajas ambientales de esta resina, es la reducción de la energía utilizada en el transporte, la simpleza de procedimientos y las relativamente bajas temperaturas ($250\text{ }^{\circ}\text{C} > \text{PET} < 300\text{ }^{\circ}\text{C}$) a las cuales debe ser sometido el PET para ser transformado en nuevos productos, estos también reciclables.

2.5.2 Los Procedimientos del Reciclado del PET

Si tenemos en cuenta que basura es un residuo colocado en un lugar equivocado, el comienzo del reciclado es la separación en origen y la recolección diferenciada en el ámbito municipal, dada la responsabilidad que le cabe a los municipios de dar disposición final a los residuos urbanos. Las técnicas de reciclado de esta materia prima posconsumo son fundamentalmente tres: reciclado mecánico, reciclado químico, Y reciclado energético empleándolos como fuente de energía. El ciclo de vida se muestra en el siguiente diagrama:



Diagrama 5. Procedimientos del reciclado del Pet

2.5.2.1 Reciclado Mecánico.

Es la técnica más utilizada en la actualidad, consiste en la molienda, separación y lavado de los envases. Las escamas resultantes de este proceso se pueden destinar en forma directa, sin necesidad de volver a hacer pelets, en la fabricación de productos por inyección o extrusión.



Diagrama 6. Reciclado Mecánico del PET

2.5.2.2 Reciclado Químico.

Actualmente se están desarrollando tecnologías, a escala industrial, para el reciclado químico que consiste en la separación de los componentes básicos de la resina y la síntesis de nueva materia virgen, lo cual permite ampliar la gama de materiales a reciclar y el sustancial ahorro de gas y petróleo, que son las materias primas básicas del PET.

Existen en este sentido varios procesos, de los cuales los más importantes son: metanólisis, glicólisis e hidrólisis.

Otro sistema de reciclado químico, utilizado en escalas relativamente pequeñas, en pequeños reactores, es la esterificación para componer resinas insaturadas utilizadas para fabricar láminas plásticas moldeadas en frío como las destinadas a techos, recubrimientos de guardabarros de automóviles, etc. y una infinidad de productos.

Diagrama 7. Reciclado Químico



A continuación, se muestra una comparación entre el reciclado mecánico y químico:

Tabla 7. Comparación reciclaje mecánico y químico

	RECICLADO MECANICO	RECICLADO QUIMICO	
		GLICOLISIS	METANOLISIS
Calidad del desperdicio	Alta	Moderada	Amplia
Costo de operación	Bajo	Moderado	Alto
Calidad de producción	Moderada	Alta	"Virgen"
Mercado	Reducido	Muchos	Todos

2.5.2.3 Reciclaje Energético

En cuanto al uso del PET como combustible alternativo, los envases pueden emplearse para generar energía ya que este material tiene un poder calorífico de 6.3 Kcal/Kg, y puede realizar una combustión eficiente. Esto es posible ya que durante su fabricación no se emplean aditivos ni modificadores, lo cual permite que las emisiones de la combustión no sean tóxicas, obteniéndose tan sólo bióxido de carbono y vapor de agua.

Un gramo de PET libera una energía de 22,075 Btu/g similares a las que tienen otros combustibles derivados del petróleo.

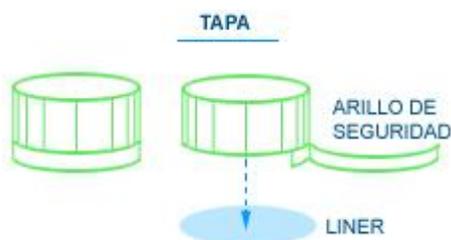
Tabla 8. Comparación de Pet como combustible

Combustible	Btu/g
Poliiolefinas	43,929
Carbón	23,178
PET	22,075
Papel periódico	17,660
Basura húmeda	6,181

2.5.3 RECOMENDACIONES PARA EL RECICLADO DEL PET

La tapa, el arillo de seguridad y su empaque (liner o sello):

Figura 10. Anillo de seguridad de Tapas de Pet



Se recomienda que el anillo de seguridad se desprenda del cuello del envase y el empaque de la tapa (liner) se quede en la tapa a la hora de abrir el envase.

También se recomienda que la tapa, el anillo de seguridad y el *liner* sean de Polipropileno (PP) o Polietileno de alta densidad (HDPE). Estos materiales son preferibles al aluminio y a otros materiales. El PVC no es recomendable porque una pequeña cantidad de PVC puede contaminar grandes cantidades de PET dispuesto para su reciclado por su diferente temperatura de fusión o ablandamiento.

- Las etiquetas:

Es preferible usar etiquetas de alguno de los siguientes materiales:

- Polipropileno (PP)
- Polietileno orientado (OPP)
- Polietileno de alta o baja densidad (HDPE, LDPE)
- Papel

Las etiquetas metalizadas dificultan el reciclado de cualquier plástico, pues al contener metales lo contaminan. Las etiquetas deben poder desprenderse en el proceso de lavado del reciclador, por lo que es importante seleccionar un adhesivo conveniente y evaluar las etiquetas termoajustables o a presión. Los sistemas de impresión serigráfica provocan que el PET reciclado y granulado tenga color, disminuyendo sus posibilidades de uso, mercados y precio. Se recomienda evitar pigmentos de metales pesados.

- El color:
La botella de PET transparente sin pigmentos tiene mejor valor y mayor variedad de usos; sin embargo, con una separación adecuada, el PET pigmentado tendrá ciertos usos.
- Las multicapas o recubrimientos:
Las capas que no son de PET en los envases multicapa, así como los recubrimientos de otros materiales, reducen la reciclabilidad del PET. Es necesario separar esta clase de envases de los de PET simple.
- Las bandas de seguridad (mangas) y sellos:
Estos son generalmente incluidos en el diseño del producto envasado en PET, cuando se consideran necesarios, pero contaminan el PET para reciclar si no son removidos del envase desde la selección y separación del mismo. Se recomienda NO USAR PVC para fabricar estos elementos.
- El diseño:
Actualmente, los diseñadores tienen la oportunidad y la responsabilidad de entender el ciclo de vida y el impacto de los productos de PET. Por ello, la base de un buen diseño de envases es que sea lo más adecuado para su propósito, integrando lo más conveniente para el consumidor y asegurando una segunda vida útil.

2.6 TECNOLOGIA PARA EL RECICLAJE

Esta tecnología es la utilizada principalmente en los países desarrollados, tales como Estados Unidos, Alemania, Japon, Italia, etc. Quines son los que reciclan en mayor cantidad.

2.6.1 Molinos

Actualmente los recicladores necesitan máquinas con alta eficiencia, bajo nivel de ruido, facilidad de operación y mínimo mantenimiento. Los molinos que reúnen estas características son los Pagani.

Para lograr una eficiente recuperación de partes de gran tamaño y espesor, sin necesidad de cortar previamente las piezas, se puede utilizar el Modelo 5090-S, este es un molino de alta producción y fácil operación.



Figura 11. Molino Insonorizado con salida de material en automático

Para obtener un plástico molido de aproximadamente 1 cm de diámetro y facilitar el procesamiento del material reciclado se recomienda utilizar otro molino con cambio de platos de espesores, tal como se muestra en la figura 12.



Figura 12. Molino de Baja Velocidad.



Figura 13. Molino de 300 HP rotor Abierto o cerrado

2.6.2 Cintas de Transportación

Estas cintas se utilizan para clasificar y/o separar residuos, para transportar residuos ya clasificados y alimentar molinos o procesos de lavado. Estas cintas son de velocidad variable, de construcción planas o inclinadas, con protectores laterales para impedir la caída de objetos, la longitud de la cinta puede ser variable de acuerdo a las necesidades requeridas y pudiéndose acoplar a otros mecanismos.



Figura 14 . Cinta Transportadora

2.6.3 Separadores Magnéticos

Estos se pueden colocar al final de la banda donde se trasladan los residuos plásticos a clasificar con el fin de separar las partículas metálicas que pueden encontrarse en los residuos de una forma rápida y eficiente.

2.6.4 Mezcladores

La función de esta maquinaria es incorporar los aditivos al material para formar una masa homogénea, en composición y estructura. Por la acción de mezclado esas máquinas se clasifican en mezcladores de alta, media y baja intensidad.

La intensidad se expresa en libras por caballos de fuerza o gramos por watt.

Tabla 9. Intensidad de Mezclado por Tipo de Mezclador

TIPO DE MEZCLADOR	INTENSIDAD MAXIMA
Alta Intensidad	61 g/watt
Media Intensidad	30.5 g/watt
Baja Intensidad	182.5 g/watt

Fuente: Enciclopedia del Plástico 2000. Tomo III

Los mezcladores de volteo, como el que se muestra en la figura 16 son los mas utilizados para mezclar el material reciclado con los aditivos requeridos o varios materiales reciclados del mismo tipo.



Figura 15. Mezclador vertical

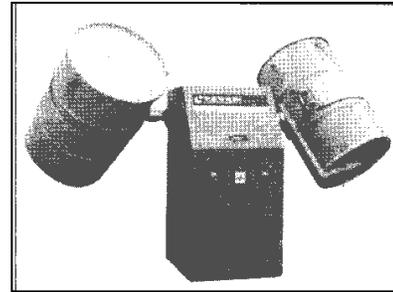


Figura 16. Mezclador de volteo

2.6.5 Equipo para Lavado



Figura 17 . Tren de Lavado.

Una vez molido el material plástico, se puede transportar por medio de una banda a un tren de lavado. Este está formado por un lavador con agitador y palas de carga sobre cangilones.

2.6.6 Equipo para Secado

El equipo que se puede observar en la figura es una secadora de plástico que tiene una capacidad de 600 Kg/h durante las cuales se le aplica aire caliente generado por quemadores a kerosene.



Figura 18. Secadora de Plástico

2.6.7 Líneas Completas de Reciclaje

Figura 19. Recostar Basic

Maquinaria indicada para el proceso de desechos de film, fibra y termoplásticos (PA, PE, PP, espumados, películas multicapa) y materiales con gran contenido de humedad (hasta el 6%, provenientes de la línea de lavado): XPS, EPE, EPP, EPS. El producto final es granza uniforme con una humedad inferior al 0,1%.



Figura 20. Recostar Compact

Maquinaria indicada para el reciclado en línea de tiras laterales en las líneas de cast film y film soplado. Con desgasificación que se utiliza para laminación de pañales y películas multicapa.

Producción: 150 kg/h Para LDPE, HDPE y PP.

Figura 21. Recostar Universal

Indicada para procesar desechos difíciles de moler como cintas, fibras de PE, PP, PS. Diseñada para producir material reciclado de alta calidad con manipulación mínima y alimentación de desecho intermitente.



Figura 22. Maquinaria para procesar PET

En la figura 10 se muestra la maquina Recostar PET indicada para procesar escamas de PET de botellas, preformas, o fibras pre-cortadas según sea el desecho de PET. El producto final es granza amorfa, uniforme, con una humedad inferior al 0,1 %. Aumenta la viscosidad del PET. Gracias a su tratamiento de vacío en el proceso, el material reciclado cristalino resultante tiene niveles como los del material virgen.



Figura 23. Sistema Gamma Mecánica.

Los sistemas Gamma Meccanica pueden efectuar el reciclado de una amplia variedad de materiales plásticos bajo diferentes formas como filmes, tejidos, hilados, fibras o placas. De éstos obtiene un gránulo homogéneo y uniforme gracias a los nuevos sistemas de control electrónico del proceso y a la tecnología utilizada para la realización del sistema de corte en cabeza.



Los sistemas de regeneración pueden ser de dos tipos: los tradicionales, compuestos de molino de trituración, alimentación forzada, extrusora, filtro y corte de cabeza. Los sistemas Compact están compuestos de trituradora, extrusora, filtro y corte en cabeza.

2.7 INDUSTRIA DEL PLÁSTICO

La industria del plástico en El Salvador se ha convertido en uno de los sectores con un amplio potencial de producción y un alto grado de tecnificación. Como resultado de este crecimiento y de la apertura de una economía de libre comercio con otros países, surge la creación de ASIPLASTIC, asociación salvadoreña de industriales del plástico en 1997 y se aprueban sus estatutos en 1999. ASIPLASTIC tiene como objetivos, posicionar al sector del plástico del país en un plano de competitividad y liderazgo en la región, dentro del marco de la globalización a través de la modernización de su actual estructura industrial, la capacitación integral de capital humano y la adopción de las normas técnicas internacionales.

Actualmente, más de cincuenta empresas entre nacionales e internacionales, se han agremiado a la asociación, lo que demuestra que este sector es de los más competitivos a nivel internacional. Así como en otros países, existe la necesidad de contar con sistemas apropiados, para evitar y minimizar el impacto ambiental generado por los desechos plásticos y convertirlo en un material amigable al medio ambiente. Por esta razón ha surgido ECO AMIGOS DEL PLASTICO que es una entidad fundada por ASIPLASTIC y CESSA, y se dedica a la recuperación de desechos plásticos para utilizarlos como combustible alternativo. Entre los plásticos que se recuperan se encuentran: polietileno de alta y baja densidad, polipropileno, poliestireno y PET.

2.6.1 Industria Dedicada al Proceso de Reciclado.

En nuestro país existen pocas empresas dedicadas solamente a esta actividad. Durante las visitas realizadas a empresas que reciclan se constató que los procesos de clasificación y limpieza de los materiales a reciclar se realiza de una forma artesanal, es decir, no utilizan maquinaria ni equipos de alta tecnología.

Por lo general se tienen dos o tres personas que se encargan de separar los productos, por ejemplo en PROCOMES separan las tapas de los envases de agua, en ECOAMIGOS se separan los desperdicios limpios de los altamente contaminados, etc. Muchos de estas personas no tienen conocimiento de materiales plásticos, no reciben capacitación sobre los tipos de polímeros y los productos que se fabrican a partir de ellos. Cuando interrogamos a unos de los clasificadores de una de estas instituciones sobre el tipo de material con el cual

se fabricaban los tapones de la botella, manifestó no saber y que solo separaba lo que le decían pero no conocía las diferentes clases de plástico.

Algunas de estas instituciones poseen molinos, sin embargo, la utilización de estos es poca ya que prefieren vender los lotes de productos a empresas transformadoras que realizan sus propios procesos de reciclaje.

En Salvaplastic que es una de las empresas más grandes, se sabe que los procesos que se utilizan son: selección, trituración y calentamiento de materia prima ya que la mayoría de material que compra son bolsas de polietileno. Compra principalmente a microempresarios recolectores de residuos quienes deben llevar limpio el material. El 20% de la materia prima utilizada en el proceso proviene de material reciclado, demandando 270 ton/mes.² Es decir utiliza unos 54 ton/mes de reciclado.

Sin embargo se sabe que la empresa que recicla en mayor cantidad (Aproximadamente 60 Ton/mensuales) es el Panda, quien recibe el plástico sucio y procesa el material mecánicamente.

Estas empresas son:

Tabla 10. Listado de Empresas Recicladoras			
Nombre de la empresa	Material que compran	Cantidad de Compra Ton /mes	Observaciones
SALVAPLASTIC	Polietileno: Envase de jugo, agua purificada de 3 galones, yogurt líquido, bolsas plásticas.	54	El material debe estar limpio sin etiquetas. No reciclan envases de yogurt pequeño, no aceptan material sucio. Comunicarse con empresa para alguna otra disposición.
INDUSTRIAS EL PANDA	Polipropileno Polietileno de alta y baja densidad	60	Compran material sucio. No se ofrece servicio de recolección.
AVANGARD	PET	40	No se ofrece servicio de recolección.
MATRICERIA ROXI	Plástico polietileno y polipropileno, botellas y bolsas plásticas, envases de jugo	No se pudo determinar	No se ofrece servicio de recolección.
PROCOMES	Polipropileno Polietileno PET	10	Servicio de recolección domiciliar, comercial e industrial de todo tipo de desechos combinados o separados, libre de contaminantes y suciedad.

² Estudio de Prefactibilidad para la Instalación de Una planta recicladora en el Municipio de Soyapango. Alas Edgar. Abril 2002.

ECOAMIGOS DEL PLASTICO	Polipropileno Polietileno de Alta y baja densidad PET	10	No se desplazan, tienen centro de acopio en Merliot y 6 gasolineras Tèxaco con centros de acopio (Merliot, Masferrer, Buenos aires, San Benito, Loma Linda y La Rabida)
INSOEX	Polipropileno Polietileno de Alta Densidad Poliestireno	14	Servicio de recolección
AURORA	Polietileno de Baja y alta Densidad	250	Servicio de recolección
ECOSANTE	PET Polietileno Polipropileno	15	

2.6.2 ANALISIS DE LA OFERTA DE PLASTICO RECICLADO.

En cuanto al reciclaje de plástico, realizar todo el debido proceso no es muy común, existen pocas empresas que se dedican a ello y la mayoría la utilizan para fabricar sus propios productos. De estas empresas no se pudo obtener mayor información, pues existe cierta indisposición a brindar datos sobre sus procesos.

Los actores en el mercado del reciclaje de plástico son los recogedores ambulantes, empleados del tren de aseo, los pepenadores y pequeñas empresas que se dedican a recolección de desechos industriales, tal es el caso de AVANGARD y AURORA. Las cuales recogen la mayor cantidad de desechos. Sin embargo, estas empresas no venden los materiales que reciclan en el territorio nacional, sino que lo exportan en hojuelas para ser tratados adecuadamente fuera del país. Es decir que el proceso de reciclaje no se realiza en nuestro país, solamente se recolecta.

Los recogedores ambulantes extraen el material de los basureros, lo acumulan y al tener una cantidad grande, lo venden a la empresa compradora. Los basureros particulares constituyen un punto de abastecimiento para los recogedores ambulantes, quienes realizan su operación peatonalmente y sin hacer usos de otros intermediarios.³

Algunos empleados del tren de aseo se dedican a clasificar los residuos sólidos dentro del tren de aseo con el objetivo que al llegar al relleno sanitario sus residuos se encuentren ya clasificados y de esta manera, poder venderlos a los intermediarios locales.

³ Estudio de Prefactibilidad Tècnica para la instalación de una planta recicladora de plástico. Oscar Cabrera. Marzo de 2000

Los pepenadores son los principales rescatadores de residuos sólidos dentro de los botaderos municipales; estos abastecen al comprador mayorista local. Los pepenadores recogen el material, lo limpian y venden a los mayoristas locales que generalmente viven en la periferia de los botaderos municipales.

En la mayoría de las empresas existe el mismo precio de compra para los productos:

Si el material esta sucio se paga \$0.04 - \$0.05 la libra, si está limpio se paga a \$0.08 - \$0.10 la libra.

Los intermediarios locales compran diario, acumulando en su vivienda o en un terreno inmediato al basurero. La venta la realizan semanalmente o cada quince días. En ocasiones arriendan un camión y lo trasladan hasta el comprador o el comprador llega a recoger los materiales en su propio transporte. El intermediario compra dos o tres centavos mas bajo al pepenador.

2.6.3 Industria Dedicada a la Transformación del Plástico Reciclado.

Actualmente muchas industrias están utilizando plástico reciclado en sus procesos sin embargo son las micros y pequeñas empresas las que más lo utilizan debido a los altos costos de la materia prima virgen. Por lo general son los fabricantes de pajillas, pelotas, cántaros, huacales y depósitos, quienes utilizan procesos sencillos para su fabricación.

Aunque se sabe de estas microempresas, nos encontramos con el inconveniente que no existe un registro de estas, lo cual nos impidió conocer más de cerca los procesos de estas empresas. Sin embargo de las que se pudo constatar están:

Tabla 11. Listado de Empresas Transformadoras de Plástico Reciclado

Nombre de la empresa	Material Utilizan	Productos Que Fabrican
SALVAPLASTIC	Polietileno	Envases, mangueras, vasos, Politubos, Cántaros, macetas, huacales, Cordeles, cables y monofilamentos.
INDUSTRIAS EL PANDA	Polipropileno Polietileno de alta y baja densidad	Tubo para riego y uso en la construcción, carrizo pirotécnico, bolsas plásticas.
INSOEX	Polipropileno	Gancho de Ropa, palas para basura, huacales, bandejas, palillo de hisopo
MATRICERIA ROXI	Polietileno polipropileno	Tapaderas, tarros
INDUSTRIA PLASTICAS S.A. DE C.V.	Polietileno reciclado y virgen	Todo tipo de Bolsas
TUBOS Y PERFILES PLASTICOS S.A. (TYPISA)	Polietileno de baja densidad PVC	Junco sintético, fleje, cordón para sillas, hilo y cintas para canastas
PLASTYMET	Polipropileno Polietileno	Artículos para el hogar
PLASTICOS IBERICOS DE CENTROAMERICA	PET Polipropileno	Filamentos de Escobas y cepillos Base de la escoba.
INDUSTRIAS PLÁSTICAS DON BOSCO	Polipropileno Polietileno de baja y alta densidad	Cordel plástico, papeleras, embases, huacales
CETRON	Poliestireno De Alto Impacto, polietileno, polipropileno	Angulo de embalaje, rodos, piezas de refuerzos, tubos de desagüe.

2.7 USOS ACTUALES DEL PLÁSTICO RECICLADO

2.7.1 Usos Actuales del PET

El PET es la resina que presenta mayores aptitudes para el reciclado. El principal destino de esta materia prima postconsumo es la fabricación de fibras textiles para la manufactura de tapetes, aislantes, correas, estibas, también en la confección de alfombras, cuerdas, cepillos y escobas, zunchos, telas para prendas de vestir como el "polar", calzados, camisetas, alambre etc. Con el PET postindustrial se pueden desarrollar láminas para termoformado de cajas para huevos, envases para bebidas, mezclas con asfaltos y materiales para pavimentos.

Otras ventajas ambientales de esta resina, es la reducción drástica de la energía utilizada en el transporte, la simpleza de procedimientos y las relativamente bajas temperaturas a las cuales debe ser sometido el PET para ser transformado en nuevos productos, estos también reciclables.

2.7.2 Usos Actuales del Polietileno

Entre los productos que se pueden elaborar a partir de polietileno de alta densidad reciclado se encuentran: envases para detergentes líquidos, tubería de drenaje, bancos, azulejos para el suelo y cercas.

Los productos que se pueden fabricar de polietileno de baja densidad son: carpetas o sobres, depósitos de basura, azulejo para el suelo, muebles, película, revestimiento de madera, madera de construcción.

2.7.3 Usos Actuales del Polipropileno

El polipropileno reciclado tiene muchas y variadas aplicaciones, se utiliza para fabricar: cajas de baterías, luces de señales, cables de baterías, escobas y cepillos, raspadores de hielo, embudos para aceite, rastrillos, y utensilios del hogar.

2.7.4 Usos Actuales del Poliestireno

Los principales productos que se pueden fabricar de Poliestireno reciclado son: los termómetros, aislantes térmicos, cartones de huevo, bandejas, reglas, marcos para placas de automóviles, embalaje de espuma.

CAPITULO III: PLASTICO RECICLADO

3.1 DEGRADACIÓN DE LOS PLÁSTICOS

Cuando la materia prima virgen es transformada, no puede conservar las mismas propiedades fisicoquímicas, debido a los esfuerzos cortantes de los equipos y este problema es mayor entre más ciclos térmicos tenga.

La degradación de los plásticos se debe a reacciones que rompen las cadenas moleculares.

3.1.1 TIPOS DE DEGRADACIÓN

Los tipos de descomposición de los polímeros son:

- Térmica
- Mecánica
- Fotoquímica
- Por Radiación Química
- Química

3.1.1.1 Degradación Térmica

Este tipo de degradación se presenta cuando el polímero es expuesto a temperaturas muy elevadas, las cuales originan cambios químicos en la estructura del material. Las impurezas o aditivos que contiene el plástico reaccionan con la matriz del polímero en presencia de calor.

3.1.1.2 Degradación Mecánica

Se debe a efectos microscópicos que producen los esfuerzos de cizalla; éstos generan calor de fricción, los cuales provocan el rompimiento de cadenas. La degradación mecánica se controla con la velocidad del husillo.

3.1.1.3 Degradación Fotoquímica

En este tipo de degradación los cambios físicos y químicos son originados por la irradiación de luz ultravioleta o visible al polímero, debido a que se inician reacciones fotoquímicas. Para que se lleve a cabo la fotodegradación es importante la absorción de cromóforos; en los rayos ultravioleta se inicia con longitudes de onda de 400 nm.

3.1.1.4 Degradación Por Radiación Química

Cuando el polímero se expone a radiación de energía electromagnética como son los rayos X o rayos gamma, o cuando se expone a radiación de partículas como electrones o neutrones, se efectúa una degradación por radiación química. Este tipo de reacción es resistida por muy pocos plásticos, por lo cual no todos los materiales se pueden esterilizar.

3.1.1.5 Degradación Química

Esta es la degradación que se da en los plásticos cuando estos tiene contacto con ácidos, bases, solventes y gases reactivos.

3.1.2 FACTORES QUE ORIGINAN LA DEGRADACIÓN

En la industria de transformación de plásticos, las dos formas de degradación que se generan durante el proceso, son térmica y mecánica.

En el proceso de inyección, para evitar desperdicios, es correcto utilizar de nuevo una colada, pero cuando el material tiene varios ciclos térmicos se pone en riesgo la calidad del producto. Esto origina el problema que la empresa transformadora tenga que realizar pruebas mecánicas a los materiales para conocer el porcentaje de degradación.

La degradación de un material se efectúa durante el proceso de transformación de los plásticos, esto ocurre debido a elevadas temperaturas de procesamiento y al esfuerzo mecánico que se genera entre equipo y material, originando reacciones de entrecruzamiento que elevan el peso molecular o reacciones que conducen el tamaño de la cadena y la distribución del peso molecular promedio.

Estos cambios se manifiestan en las propiedades mecánicas y de fluidez del plástico. El radical es un compuesto o grupo químico que pertenece a la cadena molecular pero, debido a elevadas temperaturas de proceso, sus electrones se excitan originando su desprendimiento, creando un punto negativo en la cadena, que posteriormente se unirá con otra que se encuentre en condición de compartir electrones.

Los polímeros lineales del tipo poliolefinas, comúnmente se descomponen formando grandes cantidades de monómero; en este proceso influyen significativamente las elevadas temperaturas y es conocido como “depolimerización”.

La degradación del material se incrementa de acuerdo al número de historias térmicas, originando que en determinado número de ciclos el plástico se descomponga totalmente.

Cuando la temperatura es demasiado elevada en un solo historial térmico, el plástico se degrada, esto se ha demostrado con los estudios realizados por investigadores en la materia que encontraron que si el Polipropileno es expuesto en una extrusora a temperaturas superiores a 260°C, el peso molecular promedio disminuía de 270,000 a 80,000 g/gmol.

Este efecto también se aplica a cualquier tipo de plástico ya que todos muestran una mayor o menor sensibilidad a las temperaturas elevadas.

Tabla 12. Resistencia de los plásticos a la Degradación

PLASTICO	TERMO- OXIDACIÓN	FOTO- OXIDACIÓN	HIDRÒLISIS	RADIACIÓN
Polietileno	Baja	Baja	Exelente	Media
Polipropileno	Mala	Mala	Exelente	Baja
Poliestireno	Media	Baja	Exelente	Buena
PET	Buena	Buena	Buena	Buena

Fuente: Enciclopedia del Plástico. Segunda Edición 2000

3.2 REGENERACIÓN DE PROPIEDADES

Con el fin de evitar problemas al procesar el material reciclado, se debe procurar recuperar la calidad de la resina virgen. Para ello, los transformadores deben agregar aditivos al plástico reciclado.

En algunos casos el suministrar aditivos a los materiales reciclados puede considerarse un costo adicional, siempre y cuando la aplicación a la que se destine sea de menores requerimientos que las propiedades de la resina.

Para poder determinar que aditivos mínimos requieren los plásticos reciclados, es necesario conocer el tipo y origen de la resina, así como la aplicación final y los aditivos que contenía de su aplicación original.

Los aditivos utilizados para los plásticos reciclados son básicamente los mismos que para los materiales vírgenes, pero también hay empresas que han desarrollado formulas específicas para plásticos recuperados y sistemas de estabilización.

La determinación de la cantidad de aditivos que se necesitan en los plásticos reciclados se obtiene a través de las siguientes pruebas:

Estabilidad del Procesamiento. Determina con un plastògrafo para obtener el índice de fluidez, esfuerzo de corte y viscosidad en solución.

Estabilidad al calor. Se obtiene en un horno de envejecimiento con el fin de determinar la resistencia a la tensión, resistencia al impacto y amarillamiento.

Estabilidad a la Luz. Es determinada mediante un Fadeòmetro ò un "Temperòmetro" en zonas climáticas naturales. Esta prueba sirve para medir cuantitativamente el tiempo y condiciones que soportará el material antes de presentar variación en el color o llegar a fracturarse.

Los aditivos utilizados son básicamente los siguientes:

- Estabilizadores
 - Antioxidantes
 - Luz Ultravioleta
 - Térmicos
- Cargas y Refuerzos

- Modificadores de Impacto
- Agentes nucleantes
- Agentes Compatibilizadores
- Pigmentos

3.2.1 Estabilizadores

Retarda el tiempo de degradación y conserva las propiedades; son utilizados principalmente en plásticos limpios de la misma especie.

La estabilización de los plásticos es indispensable cuando la degradación del polímero es el principal riesgo de pérdida de propiedades en el material y dependiendo de los factores causantes de la degradación, será necesaria la adición de antioxidantes, estabilizadores a la luz o ambos y estabilizadores térmicos.

3.2.1.1 Antioxidantes

Estos interrumpen el mecanismo de oxidación en las cadenas moleculares, provocando estabilización térmica del material.

3.2.1.2 Estabilizadores a la Luz

Los plásticos pueden tener muchas aplicaciones a la intemperie, por esto se requiere agregar al material reciclado los aditivos adecuados para evitar la degradación originada por la foto-oxidación, mediante la exposición del producto a radiación ultravioleta del sol y otras fuentes de radiación.

3.2.1.3 Estabilizadores Térmicos

Protegen a los materiales reciclados del daño oxidativo y foto-oxidativo, en esta forma el plástico es protegido durante el procesamiento y ciclo de vida. Para suministrar un material capaz de cumplir con los requerimientos de una pieza utilizada a largo plazo en exteriores, el reciclado debe ser estabilizado.

Al utilizar estabilizadores se obtienen las siguientes ventajas:

- Conservar las propiedades durante la transformación del material y en el desempeño del producto.
- Protección contra la luz ultravioleta, oxidación y estrés térmico.
- Ninguno o mínimo cambio de color durante la transformación

3.2.2 Cargas y Refuerzos

La modificación de plásticos reciclados con carga y refuerzos es limitada, pero la mejora que imparte en las propiedades, lleva a los materiales a niveles de resina de ingeniería. Las cargas y refuerzos reducen el costo de material e incrementan la rigidez.

3.2.3 Modificadores de Impacto

Son compuestos que se adicionan a los plásticos para aumentar la resistencia al impacto. Esto incrementa las propiedades del material reciclado, incluso sobre la materia prima virgen, logrando obtener un valor agregado.

Las cargas y modificadores al impacto para plásticos recuperados suelen ser utilizados conjuntamente, para incrementar las propiedades.

3.2.4 Agentes Nucleantes

Estos aditivos fomentan la cristalinidad y la velocidad de cristalización del polímero fundido, incrementando propiedades mecánicas y reduciendo tiempos de moldeo.

Son utilizados para materiales semicristalinos, sin embargo los más recientes desarrollos están enfocados al reciclado de Polietileno Tereftalato "PET".

3.2.5 Agentes Compatibilizadores

Los agentes de acoplamiento o compatibilizadores son compuestos que permiten la mezcla de polímeros diferentes, cargas y refuerzos fortaleciendo enlaces entre los compuestos. Estos aditivos son utilizados principalmente para procesar materiales de diferentes especies químicas o en mezclas de resina virgen y reciclada de la misma especie; así como en la reducción de costos por separación de materiales.

Los compatibilizadores más adecuados para cada aplicación debe ser balanceada de acuerdo a la estructura química de cada plástico.

El uso de los compatibilizadores mejora la resistencia al impacto, pero reduce en forma simultánea la flexibilidad y rigidez. Es posible tener un efecto negativo a largo plazo en las propiedades del material, por presencia de grupos susceptibles a la oxidación térmica y a la foto-oxidación. Esta consideración se debe tomar en cuenta al tiempo de realizar las formulaciones.

Con la aplicación de los agentes de compatibilización se logra:

- Reducir Problemas de Incompatibilidad
- Regenerar Propiedades Mecánicas
- Uniformizar el flujo de la mezcla
- Prevenir Degradación Térmica
- Aumentar Resistencia al Impacto
- Mantener Flexibilidad Original

Las aleaciones son químicamente compatibles y contienen un solo valor de temperatura de transición vítrea "Tg", mientras que las mezclas tienen dos valores de Tg y son incompatibles.

En la tabla 3.2 se muestra la miscibilidad de los plásticos. El valor 1 indica una máxima miscibilidad, el número 6 se refiere a la incompatibilidad de los materiales.

Tabla 13. Miscibilidad entre Plásticos

PET	1				
PEAD	6	1			
PEBD	6	1	1		
PP	6	6	6	1	
PS	5	6	6	6	1
	PET	PEAD	PEBD	PP	PS

3.2.6 Pigmentos

Los pigmentos mas utilizados para materiales reciclados son los negros, debido a la facilidad que se presenta para cubrir o enmascarar las combinaciones multicolores. Cuando los materiales son claros o transparentes existe la posibilidad de utilizar la mayoría de los colores, además de correctores de color para compensar el amarillamiento.

3.2.7 Aditivos Reestructurantes

Cuando los materiales están severamente dañados o contaminados, todas las características típicas de calidad deben ser mejoradas, para éste propósito existen sistemas de desarrollo reciente que además de antioxidantes y co-estabilizadores, contienen aditivos

reactivos, que al reaccionar directamente con los plásticos, incrementan el peso molecular, minimizar el efecto de los contaminantes, mediante un efecto neutralizante iniciado por medio de una reacción química o por formación de complejos de los contaminantes negativos.

Las ventajas de utilizar aditivos de reparación se dan tanto para material virgen como reciclado. Estas son:

- Puede utilizarse directamente sobre el producto a reciclar.
- Permite aplicaciones de largo plazo en plásticos reciclados
- Mejora en las propiedades mecánicas del material reciclado
- Se pueden alcanzar valores de especificaciones más elevadas para productos reciclados

3.3 RIESGOS DE USO DEL PLASTICO RECICLADO

Se sabe que un plástico que ha sido utilizado pierde en cierto grado sus propiedades, bien debido a la degradación que haya podido sufrir durante su uso o bien por la presencia de sustancias ajenas de los productos que contuvo. Esta degradación de propiedades hace que estos plásticos reciclados deban emplearse en la fabricación de productos diferentes a los del primer uso o en aplicaciones con menores exigencias.

Además, el plástico usado puede ocasionar problemas durante su transformación y no dar la calidad esperada en el nuevo producto debido a la falta de homogeneidad que existen entre los mismos residuos, ya que, aun tratándose del mismo tipo de plástico, pudo tener aplicaciones diferentes, como por ejemplo un polietileno procedente de un film de agricultura, de un envase de aceite o de una botella de leche.

Para homogenizar el material, se pueden utilizar varios métodos para remover el material reciclado. Uno de ellos es colocar todo el material reciclado en un depósito muy grande y removerlo durante cierto tiempo. Otro método es agregar a la mezcla materiales en igual cantidad, es decir en proporciones iguales y remover para homogenizarlo. Existen también mezcladores que facilitan esta tarea.⁶

⁶ Ver Cap 2, Apartado 2.6: Tecnología para el reciclaje.

Por regla general la mezcla de plásticos diferentes, en el caso de que se puedan transformar conjuntamente dado que no todos presentan la misma estabilidad térmica, da lugar una mezcla heterogénea que no presenta buenas propiedades mecánicas para ser utilizado como material.

Solamente en algunos casos las mezclas de polímeros dan lugar a una masa homogénea originando una sola fase continua, por ser los polímeros miscibles entre sí, como se puede apreciar en la tabla 13.

La razón principal de esta mezcla es la forma en que los plásticos llegan tras su consumo, mezclados con un gran número de materiales que no son plásticos. El mayor porcentaje de los desperdicios de plásticos de equipos electrónicos es el polipropileno y el poliestireno, seguidos del ABS. Esto complica más la mezcla de material porque por ejemplo en el poliestireno, hay grados diferentes para inyección, extrusión y soplado.

En el caso del PET reciclado, se debe tener mucho cuidado principalmente cuando la botella ha estado expuesta a sustancias como ácidos, fertilizantes, detergentes para el hogar, etc. Por otro lado, no deben existir sustancias contaminantes, como los aromáticos, y otros químicos como el acetaldehído y el glicol de etileno, estos no deben presentarse en la pared del PET reciclado. Aquí cabe aclarar que esto implica que no deben usarse aditivos que actúen como contaminantes del material.

Otras limitantes en el uso del plástico reciclado resulta la contaminación por otros materiales, como es el caso de los metales, que pueden ocasionar problemas en las máquinas utilizadas para el procesamiento. Por ejemplo la acumulación de partículas de metal en la boquilla de los cañones ocasiona una obstrucción a la salida de material, lo que provoca un atraso en la producción.

Si los contaminantes son etiquetas o papel, éstos resultan visibles en el producto final. Lo que podría echar a perder todo un lote de producción.

3.4 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL PLÁSTICO RECICLADO

Como se trató en el ítem anterior, uno de los principales problemas de calidad del plástico reciclado es la mezcla de materiales. Separar cada plástico, es muy complicado ya que aparentemente todos son iguales como consecuencia de los aditivos y cargas que llevan incorporadas. Se han desarrollado varias técnicas de separación basadas en métodos físicos de diferente naturaleza. Unas ofrecen una respuesta más rápida que otras, pero en todos los casos de una gran fiabilidad.

Estas técnicas pueden clasificarse como:

- 1) Técnicas de flotación–hundimiento basadas en la diferencia de densidad.
- 2) Utilización de disolventes.
- 3) Técnicas espectroscópicas.
- 4) Técnicas electroestáticas.
- 5) Utilización de marcadores químicos.
- 6) Marcado mecánico.

3.4.1 TÉCNICA DE FLOTACIÓN HUNDIMIENTO.

La densidad de los plásticos, presenta una diferencia que puede ser utilizada para separarlos por flotación en disolventes de diferente densidad.

El procedimiento a seguir consiste en cortar la mezcla de plásticos de manera homogénea e introducirla en agua que incorpora una pequeña cantidad de detergente para conseguir que el agua moje al plástico. Así, quedan sobre nadando aquellos plásticos con densidad menor a la unidad, hundiéndose los que poseen una densidad mayor que uno.

3.4.2 SEPARACION BASADA EN LA UTILIZACION DE DISOLVENTES

El procedimiento de separación basado en la aplicación de disolventes fue desarrollado por Seymour y Stahl en la Universidad de Houston para una mezcla de PE, PS, PVAC.

El procedimiento consiste en disolver la mezcla de plásticos en tolueno a temperatura ambiente. En este disolvente no se disuelven el PE ni el PVC, por lo que se separan por filtración.

3.4.3 UTILIZACION DE TECNICAS ELECTROSCOPICAS

Se basan en la diferente respuesta que tienen los plásticos a la radiación electromagnética en función de su estructura química. Son técnicas de respuesta muy rápida por lo que se han podido aplicar en separaciones en tiempo real y de manera automatizada. Las más importantes son la fluorescencia de rayos X y la radiación infrarroja.

3.4.4 SEPARACIÓN BASADAS EN TECNICAS ELECTROESTATICAS

A este grupo pertenece la separación triboeléctrica basada en la carga electrostática que se genera en pequeñas partículas de plástico provocada en la fricción con la pared del cilindro provocada por un molino de aire.

Una vez cargadas las partículas se proyectan a un campo electrostático creado entre unas placas metálicas a las que se aplica un potencial de 120.000 voltios.

3.4.5 TECNICAS EN LA INCORPORACION DE MARCADORES QUIMICOS

En este método de separación basado en la incorporación de marcadores químicos proporcionan al material una cierta propiedad física fácilmente identificable, como la respuesta fluorescente a la radiación ultravioleta, o la respuesta a la radiación infrarroja. El procedimiento consiste en la incorporación específica de un determinado marcador para cada polímero consiguiéndose una respuesta rápida y fiable fácilmente incorporable a una cadena de tiraje automatizada.

3.4.6 TECNICAS BASADAS EN LA INCORPORACION DE CODIGOS

Esta consiste en la separación manual del material a reciclar, basado en la identificación por medio del Código Internacional SPI. Este código permite identificar con facilidad de que material específicamente está hecho un objeto de plástico.⁷

3.5 SEPARACION DE METALES DEL PLASTICO RECICLADO.

Ante la presencia de metales en el material reciclado, se puede colocar imanes en la tolva del extrusor con el fin de prevenir un posible daño al equipo, los costos de realizar esto son bastante bajos. También se pueden colocar mallas especiales durante el proceso de paletizado para retener estas y otras partículas que contaminan el material.

⁷ Ver Tabla 2.1. Cap 2, pag 55.

3.6 COMPARACIÓN DE PLÁSTICO VIRGEN CON RECICLADO.

3.6.1 Comparación Polietileno Virgen con Reciclado

Tabla 14. Comparación Propiedades de PE de alta densidad

PROPIEDAD	PEAD Virgen	PEAD Reprocesado Una Vez
Índice de Fluidez g/10 min	0.77	0.79
Densidad g/cm ³	0.963	0.961
Módulo de Flexión Kd/cm ²	15,396	15,396
Resistencia al Impacto Kg.cm/cm	13	9
Resistencia a la Tensión Ruptura Kg /cm ²	155	175
Elongación %	555	613

La reducción del índice de fluidez origina que se presenten problemas durante el proceso de transformación creando ineficiencia en producción y mala calidad del producto.

En el caso del Polietileno de Baja Densidad, al ser reciclado sufre pérdida de densidad por el rompimiento de cadenas moleculares, reduce la resistencia a la tensión y elongación. No es recomendable fabricar película estirable.

3.6.2 Comparación Polipropileno Virgen con Reciclado

El Polipropileno es un material que pertenece a la familia de las poliolefinas en el cual sus propiedades originales no cambian drásticamente al ser reciclados. Se reduce principalmente la rigidez, viscosidad y peso molecular, con aumento en el índice de fluidez.

3.6.3 Comparación Poliestireno Virgen con Reciclado

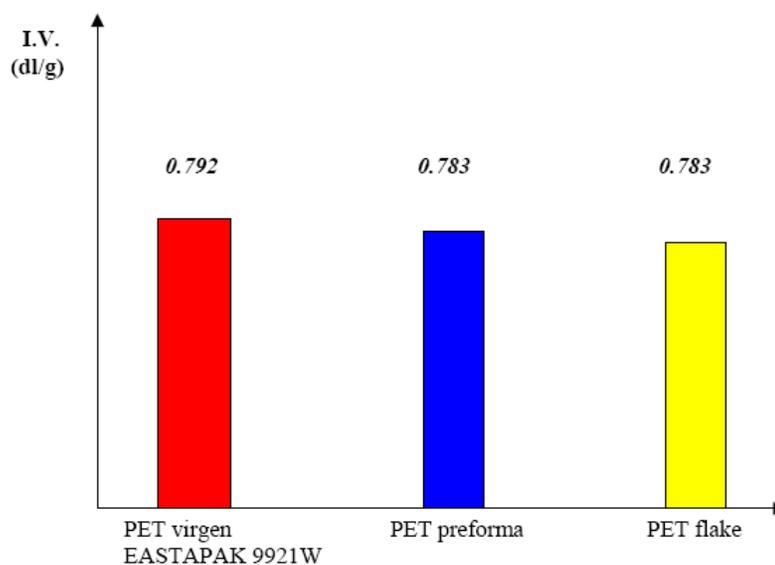
El poliestireno reciclado reduce su resistencia a la radiación, no absorbe humedad y pierde transparencia. El poliestireno expansible ocupa gran volumen con una relación de peso pequeña.

Tabla 15. Comparación Propiedades de Poliestireno (PS) virgen con reciclado

PROPIEDAD	PS Virgen	Lámina de EPS Regranulada
Densidad (g/cm ³)	1.05	1.05
Temperatura Vicat (°C)	107	106
Resistencia a la Flexión (Kg/cm ²)	703	562
Elongación %	555	613

3.6.4 Comparación Polietileno Tereftalato (PET) Virgen con Reciclado

Viscosidad Intrínseca iniciales de los Materiales:



RESISTENCIA A LA TRACCIÓN COMPARADA:

Norma Utilizada: ASTM D638 M

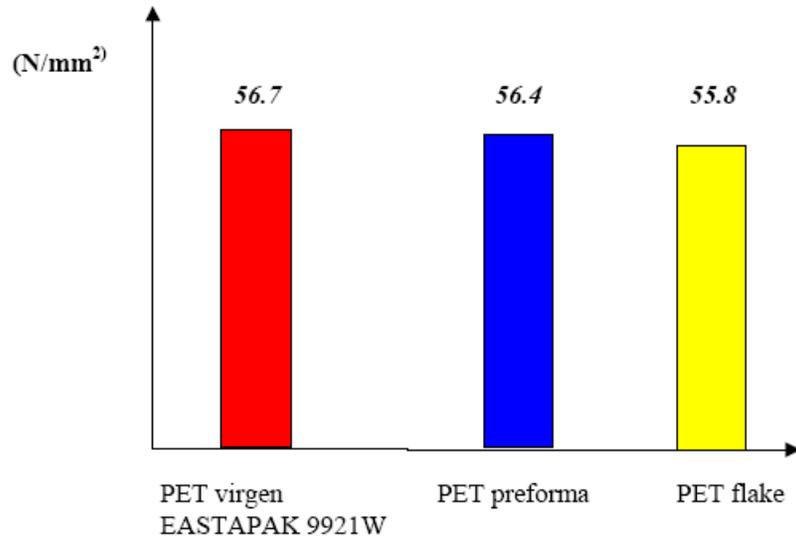
Temperatura de ensayo: 23°C +/- 2°C

Humedad ambiente: 50 % +/- 5%

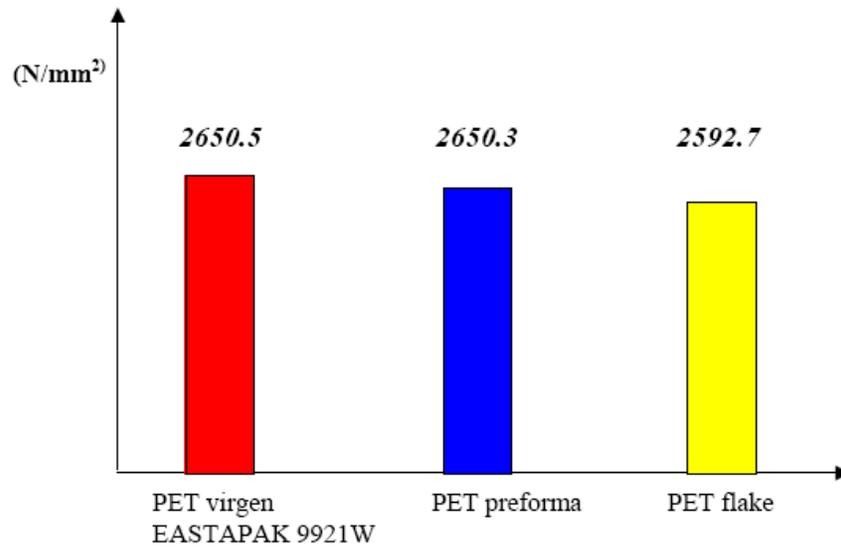
Velocidad del ensayo: 50mm/min.

Probeta tipo: M-I

Resistencia en el punto de fluencia



Módulo a la tracción



Resistencia al Impacto:

Norma Utilizada: ISO 179

Temperatura de ensayo: 23°C +/- 2°C

Humedad ambiente: 50 % +/- 5%

Tipo de ensayo: Ensayo de impacto Charpy sin entalla.

PET virgen
EASTAPAK 9921W

No Rompe

PET preforma

No Rompe

PET flake

No Rompe

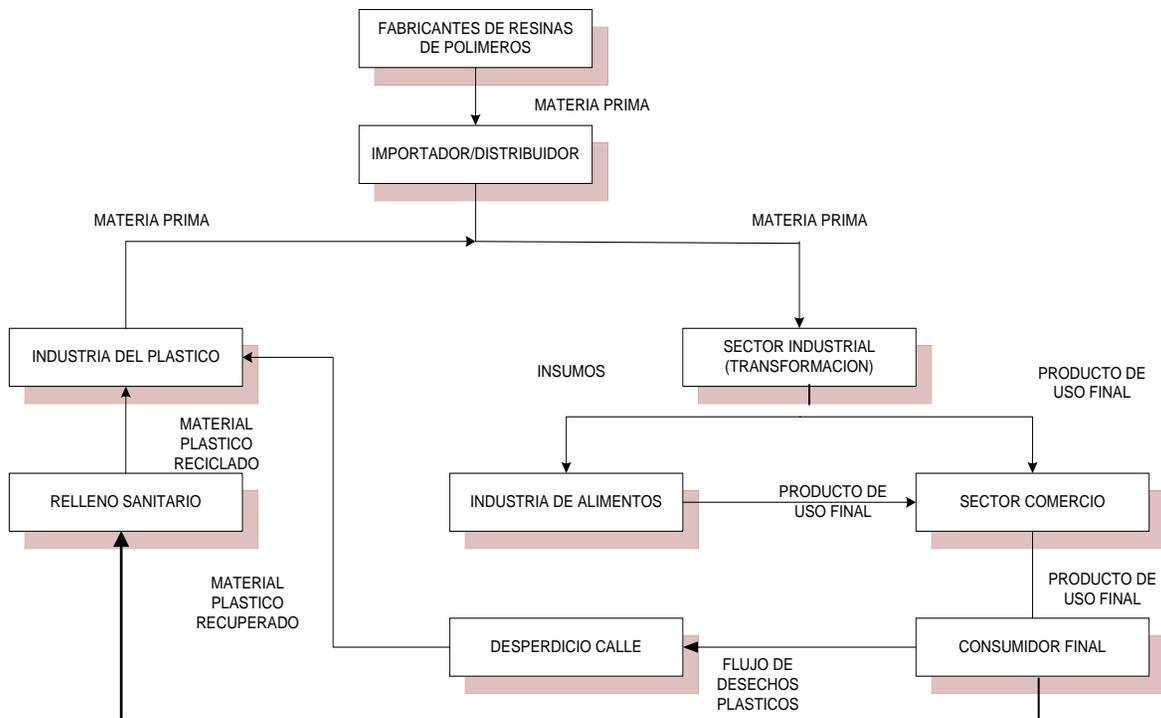
CAPITULO IV:
TRANSFORMACION DEL PLASTICO
RECICLADO.

4.1 MERCADO DE PRODUCTOS DEL PLÁSTICO RECICLADO

En lo que respecta al mercado de los productos fabricados de plástico reciclado, existe cierta predisposición en cuanto a la calidad de los productos. La idea de que estos materiales son sucios esta latente en los consumidores, sin embargo en los últimos años, la industria del plástico se ha visto en la necesidad de utilizar en mayor cantidad este material, debido al alto costo de las materias primas vírgenes, derivado del aumento en los precios del petróleo. Los productos que tienen buena aceptación, son, en su mayoría, piezas u objetos que sirven para embalaje o artículos de color negro, lo cual limita la diversidad de productos que se pudieran fabricar de materia prima reciclada.

Para determinar los productos que actualmente se fabrican y tienen buena aceptación en el mercado, así como los productos que se podrían fabricar de materia prima reciclada se realizó una encuesta a los transformadores de plástico que se detalla en el siguiente ítem.

Diagrama 8. Actores del Plástico



En el diagrama 8 se muestra el recorrido que realiza la materia prima, el cual comienza cuando se fabrica la resina, una vez fabricada es distribuida o importada hacia el sector industrial que es el que se encarga de transformarla para el sector industrial y comercio. El sector comercio se encarga de distribuir el producto final hacia el consumidor. Una vez el

producto ha sido utilizado se desecha y el desperdicio puede quedarse en la calle o se encarga el camión de llevarlo al relleno sanitario.

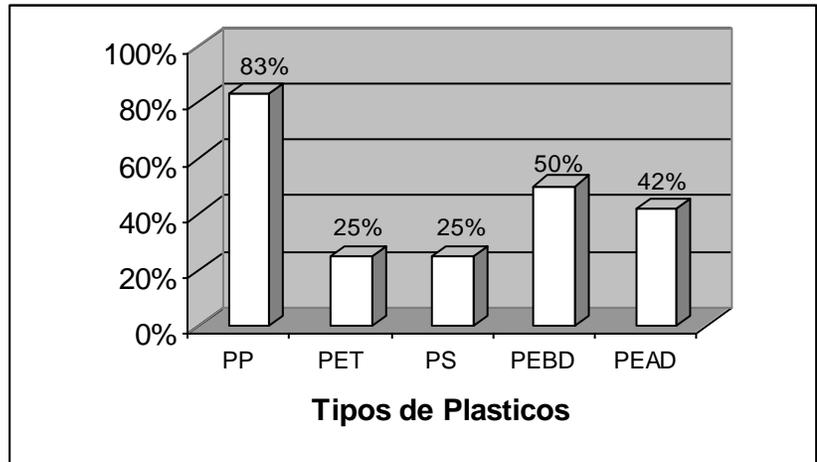
Estando los desperdicios en el relleno sanitario los pepenadores se encargan de clasificarlos en plástico, papel, aluminio, otros. Estando separado el plástico se ofrecen al sector de la industria del plástico que se encarga de la recolección, para ofrecerlo como materia prima en productos de plástico reciclado.

4.1.1 Análisis de Encuesta

Con el fin de conocer la aplicación actual de plástico reciclado en la industria nacional, así como las expectativas que los industriales tienen para la fabricación de nuevos productos. Se tomó como población a las empresas agremiadas a ASIPLASTIC. Son 51 agremiados en total, pero 15 de esas empresas no son transformadoras sino distribuidoras de materias primas, cuatro de esas empresas trabajan solamente con PVC, y dos son empresas que operan en Guatemala. En total son treinta empresas transformadoras de los plásticos en estudio las que se encuestaron.

A continuación se presentan los resultados de dicha encuesta:

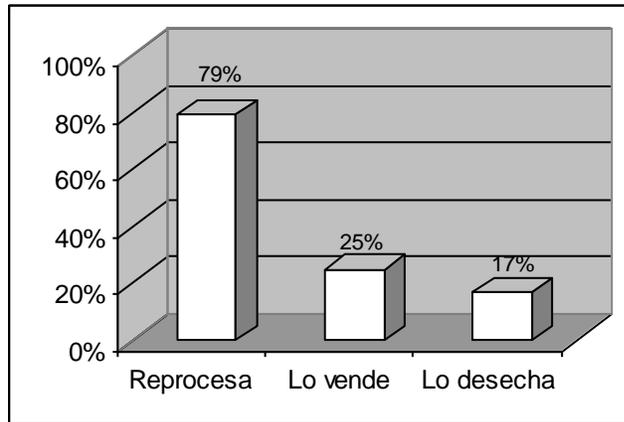
◆ Materias primas utilizadas



Según datos se determina que el tipo de plástico más utilizado por las empresas transformadoras es el Polipropileno ya que el 83% de los encuestados utilizan este tipo de material, el 42% utiliza Polietileno de alta, 50% baja densidad, y le sigue el Pet con el 25%. Además estos resultados no suman el 100% debido a que no utilizan solo un tipo de

material sino varios. En el caso de estos resultados el Polipropileno es el plástico que se utiliza en mas empresas sin embargo se utiliza en volúmenes muchos menores en comparación al polietileno de baja y alta densidad.

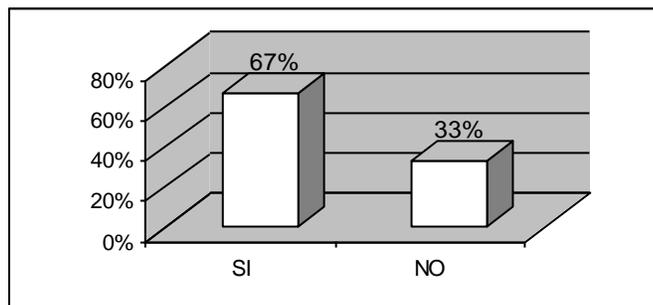
◆ **Desperdicio generado en procesos de fabricación**



En cuanto a los desperdicios generados en los procesos de transformación en la producción se obtuvo como resultado que el 79% de los encuestados lo reprocesan, 25%, lo vende, y el 17% lo desecha.

Las empresas venden o desechan el desperdicio debido a que las características de sus productos les impiden utilizar materia prima reciclada.

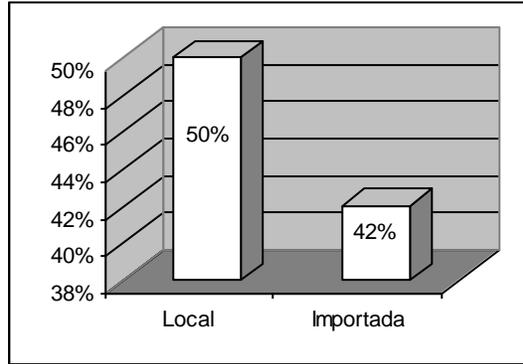
◆ **Utilización de materia prima reciclada en las empresas**



El 67% de los encuestado afirmaron que utilizan materia prima reciclada en la elaboración de algunos de sus productos ya que las características se lo permiten el otro 33%

contestaron que no utilizan, pues sus productos son utilizados en las áreas de alimentos y esto no les permite usarla.

◆ **Origen de la materia prima reciclada**

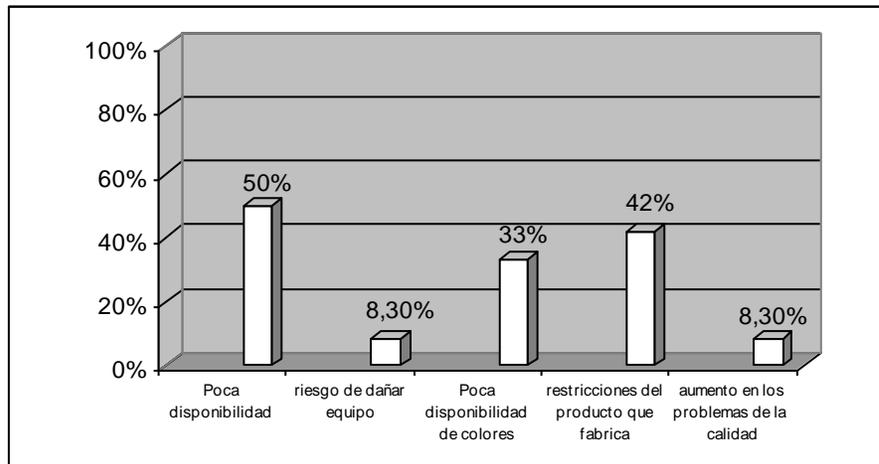


El 50% de los encuestados determinan que la materia prima utilizada es local, este resultado se debe a que la mayoría utiliza sus propios desechos en reproceso.

Otro aspecto que influye para la obtención de este resultado es que los volúmenes de plástico reciclado local utilizados, son mucho menores a los volúmenes utilizados de plástico reciclado importado. Esto se debe a que las empresas que importan el plástico reciclado, son las mas grandes y por lo tanto utilizan cantidades mucho mayores de material, contrastando en gran medida con las cantidades que utilizan pequeñas empresas, las cuales consumen solamente reciclado local.

Cabe señalar también que varias empresas encuestadas manifestaron utilizar tanto material reciclado local e importado, lo que justifica el porcentaje en los resultados.

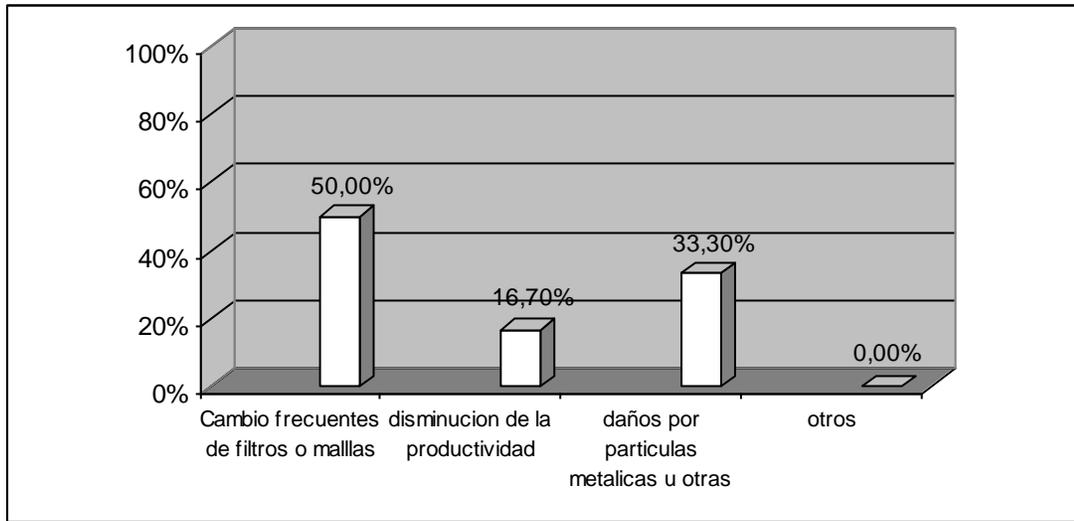
◆ **¿Por qué no incrementa el uso de plástico reciclado?**



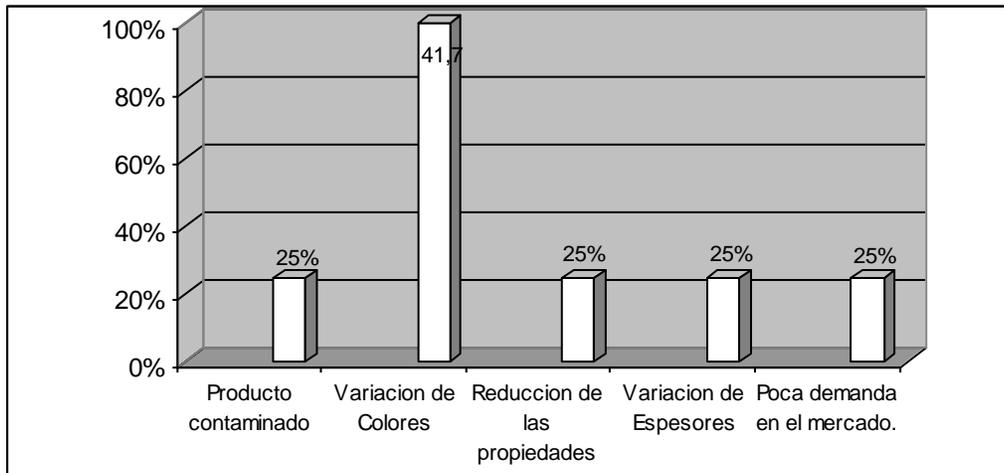
Según los encuestados no se incrementa el uso de plástico reciclado primero por poca disponibilidad con un 50% y segundo por restricciones del producto que fabrica con un 42%. La poca disponibilidad se da porque la mayoría de empresas se dedican a la recolección y no al reciclaje esto provoca que no exista un oferta en el mercado, en cuanto a las restricciones del producto es que este material no cumple con las especificaciones requeridas.

◆ **¿Qué tipo de problemas tiene usted al utilizar materia prima reciclada?**

EN CUANTO MAQUINARIA



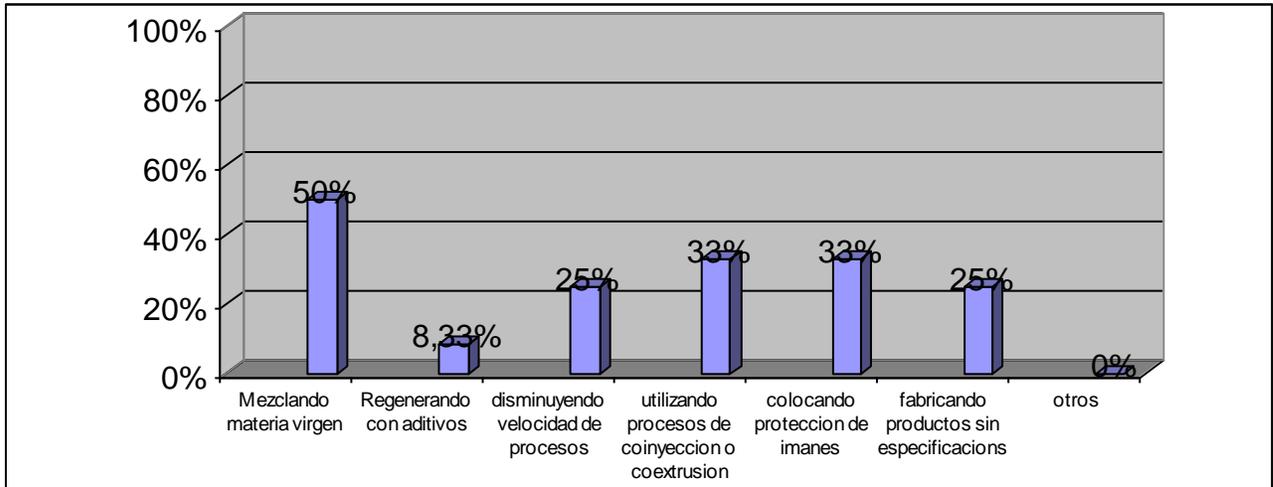
EN CUANTO A PRODUCTO TERMINADO



Se preguntó a los encuestados, cuales son los problemas que se tiene al utilizar materia prima reciclada en sus procesos. En cuanto a maquinaria, se obtuvo que el el “cambio frecuente de mallas y filtros” es el problema más usual, ya que el 50% de los encuestados enfrenta esta dificultad, seguido por el problema de “daños por partículas metálicas u otras” con el 33.3% y la disminución de la productividad con el 16.7%.

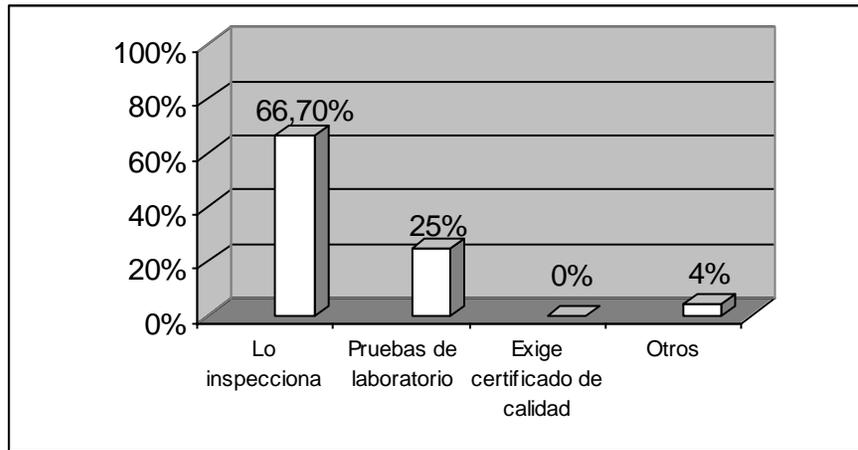
En cuanto a producto terminado, se determinó que el problema que más se tiene al utilizar plástico reciclado es la “variación de colores”, con un 41.7%. El resto de problemas se presentan en igual cantidad en los procesos de los encuestados con un 25% en cada problema: producto contaminado, reducción de las propiedades, variación de espesores y poca demanda en el mercado.

◆ **¿De que manera supera los problemas que le genera el plástico reciclado en sus procesos de fabricación?**



La mezcla de materia prima virgen es la opción más utilizada por los transformadores de plástico para superar los problemas que genera el material reciclado, el 50% de los encuestados lo manifestó así. El 33% manifestó “utilizar procesos de coinyección o coextrusión” y “utilización de protección de imanes”. El 25% disminuye velocidad de proceso y fabrica productos sin especificaciones. Solamente el 8.3% de los encuestados regenera con aditivos el material reciclado.

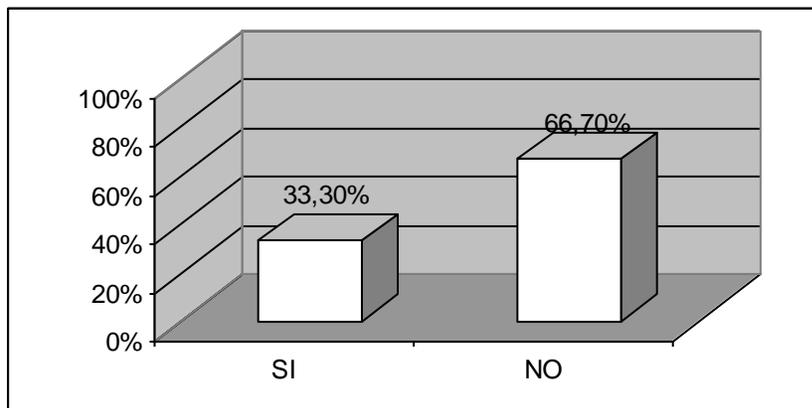
◆ **¿De que manera se asegura de la calidad del plástico reciclado?**



La manera más utilizada de asegurarse de la calidad del plástico reciclado según el 66.7% de los encuestados es la inspección visual. Seguido de las pruebas de laboratorio con un 25%. Ninguno de los encuestados exige un certificado de calidad del material que adquiere. Algunos de ellos manifestaron que no lo solicita debido a la tardanza del proveedor para entregarlo.

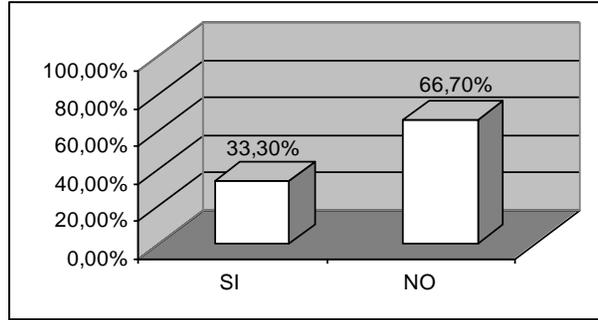
El 4% respondió que utiliza otro método para asegurarse de la calidad del plástico reciclado. Estas son pruebas de solubilidad y coloración de la llama.

◆ **¿Tiene en sus proyectos futuros elaborar nuevos productos utilizando plástico reciclado?**



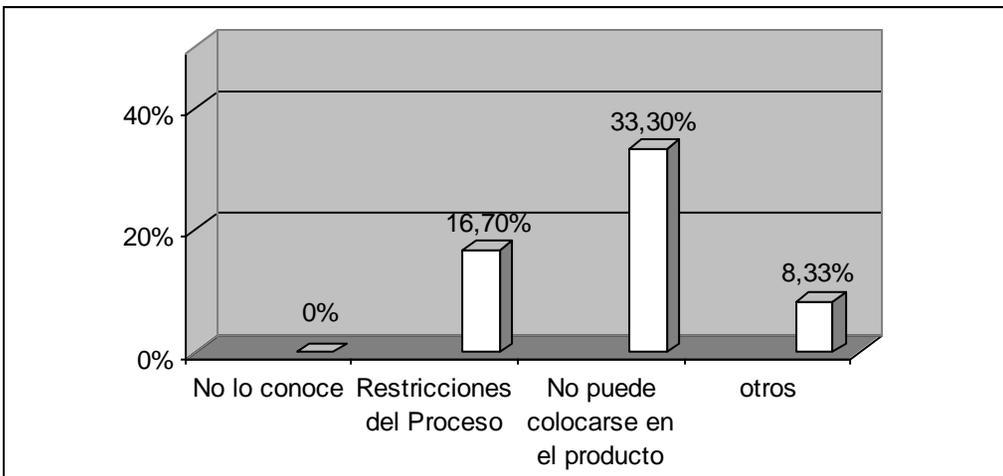
La utilización de plástico reciclado para fabricar nuevos productos el 66.7% respondió que no tiene proyectos futuros y el 33.3% si tiene en sus proyectos elaborar productos con materia prima reciclada.

◆ **Identifica los productos de plástico reciclado utilizando código de números?**



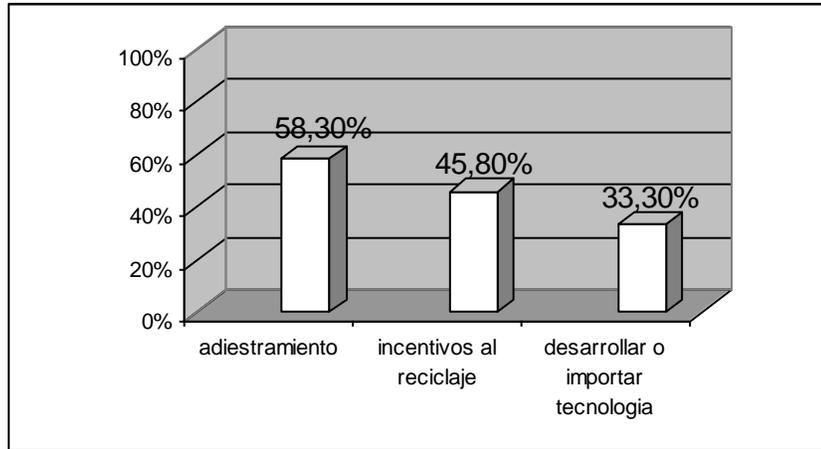
El 60.7% no utiliza codificación en los productos de plástico reciclado, esto dificulta la identificación de materiales para la recolección y poder seleccionar por tipo los diferentes plásticos. El 33.3% si utiliza dicha identificación.

◆ **¿Si no utiliza el código cual es el inconveniente?**



El mayor inconveniente por el que no se ubica la codificación es que en los productos según el 33.3% es que no se puede colocar dicho código en el producto como segundo lugar con un 16.7% las restricciones en el proceso.

- ◆ **¿Qué recomendaciones haría usted para incentivar la utilización del plástico reciclado de producción local con el objeto de reducir el impacto ambiental que están generando los desperdicios plásticos?**



Según 58.3% es importante adiestrar en conocimientos del plástico, ya que esto ayudara a tener la tecnificación para poder determinar el comportamiento que tiene cada uno de los diferentes materiales. Además han considerado con un 45.8% incentivar el reciclaje a través de la industria transformadora y con un 33.3% desarrollar una tecnología a nivel regional adecuada para utilizar plástico reciclado.

De los resultados obtenidos de la encuesta, los aspectos claves para el diseño del modelo, son el porque no se utiliza el plástico reciclado local y el incremento del uso de plástico reciclado. Para analizarlos de una mejor manera se utiliza la herramienta de causa y efecto.

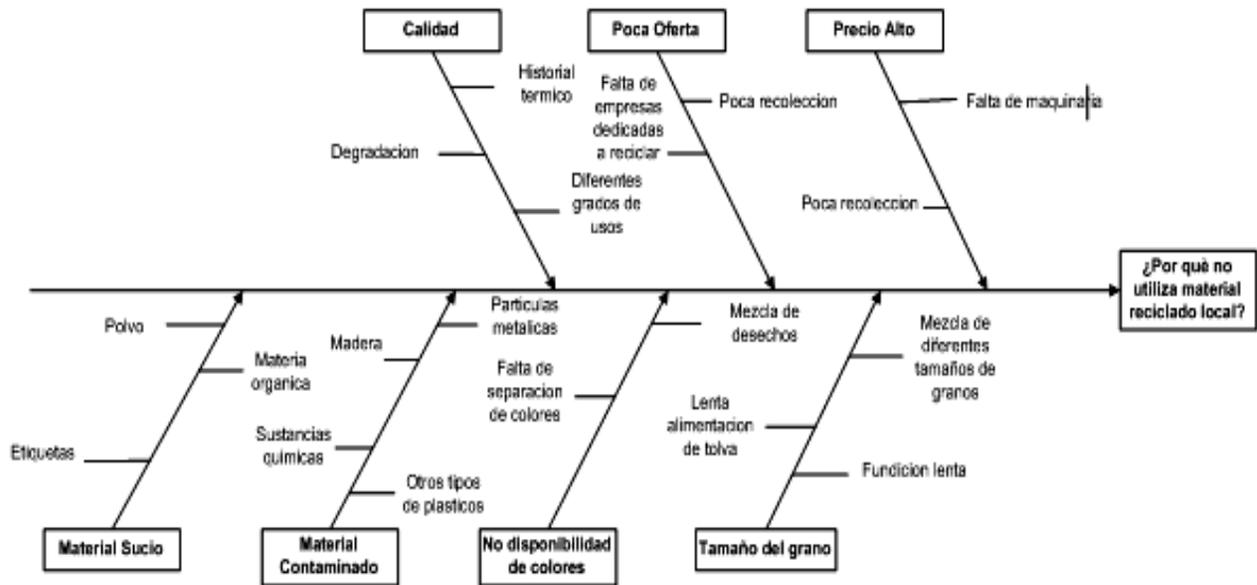
4.1.2 DIAGRAMA CAUSA Y EFECTO

El diagrama causa y efecto es un instrumento eficaz para el análisis de las diferentes causas que ocasionan un problema. Su ventaja consiste en poder visualizar las diferentes cadenas causas y efectos, que pueden estar presentes en un problema, facilitando los estudios posteriores de evaluación del grado de aporte de cada una de estas causas.

Los diagramas causa y efecto son utilizados como herramienta gerencial al ser aplicados en una gran variedad de situaciones.

Para analizar por qué no se utiliza y no se incrementa el uso de material reciclado local se hace uso de estos diagramas causa-efecto.

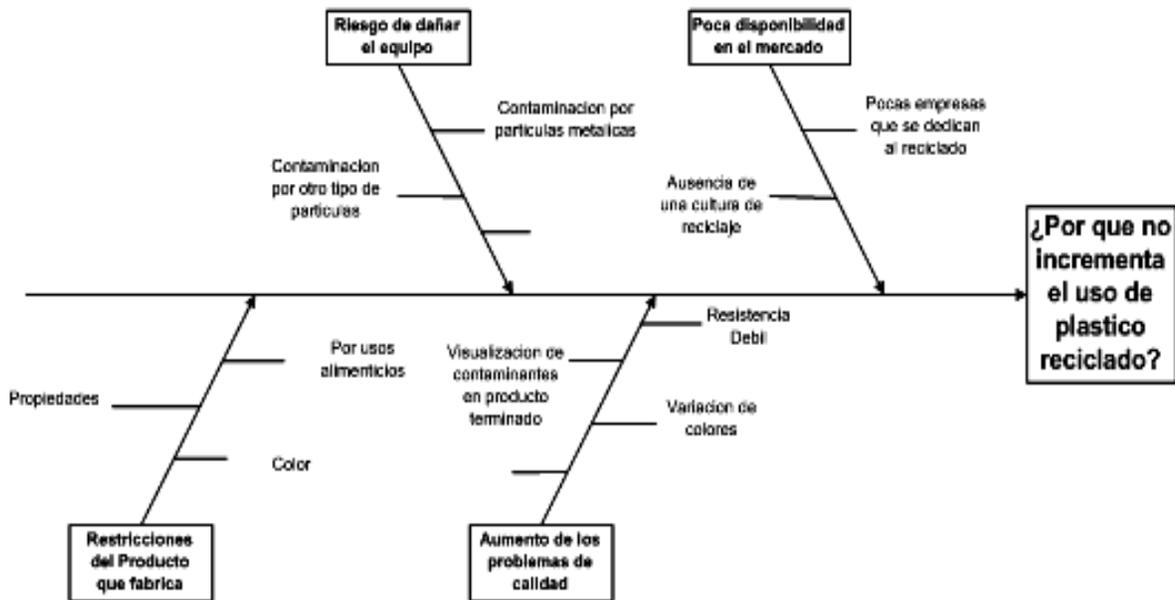
◆ ¿Por qué no se utiliza el material reciclado local?



MEJORAS PROPUESTAS

- ◆ Aumento en la recolección de Desechos Plásticos.
- ◆ Adquisición de maquinaria adecuada para los diferentes procesos de reciclaje, de acuerdo al tipo de desecho.
- ◆ Fomentar una cultura de reciclaje.
- ◆ Difundir información necesaria para reciclar.
- ◆ Colocación de código SPI por parte de la Industria transformadora de plásticos, para facilitar separación de desechos.
- ◆ Utilizar formatos de control.
- ◆ Realizar el proceso de lavado de material con detergentes o químicos.
- ◆ Clasificación del desecho a reciclar por tipo de plástico y color.

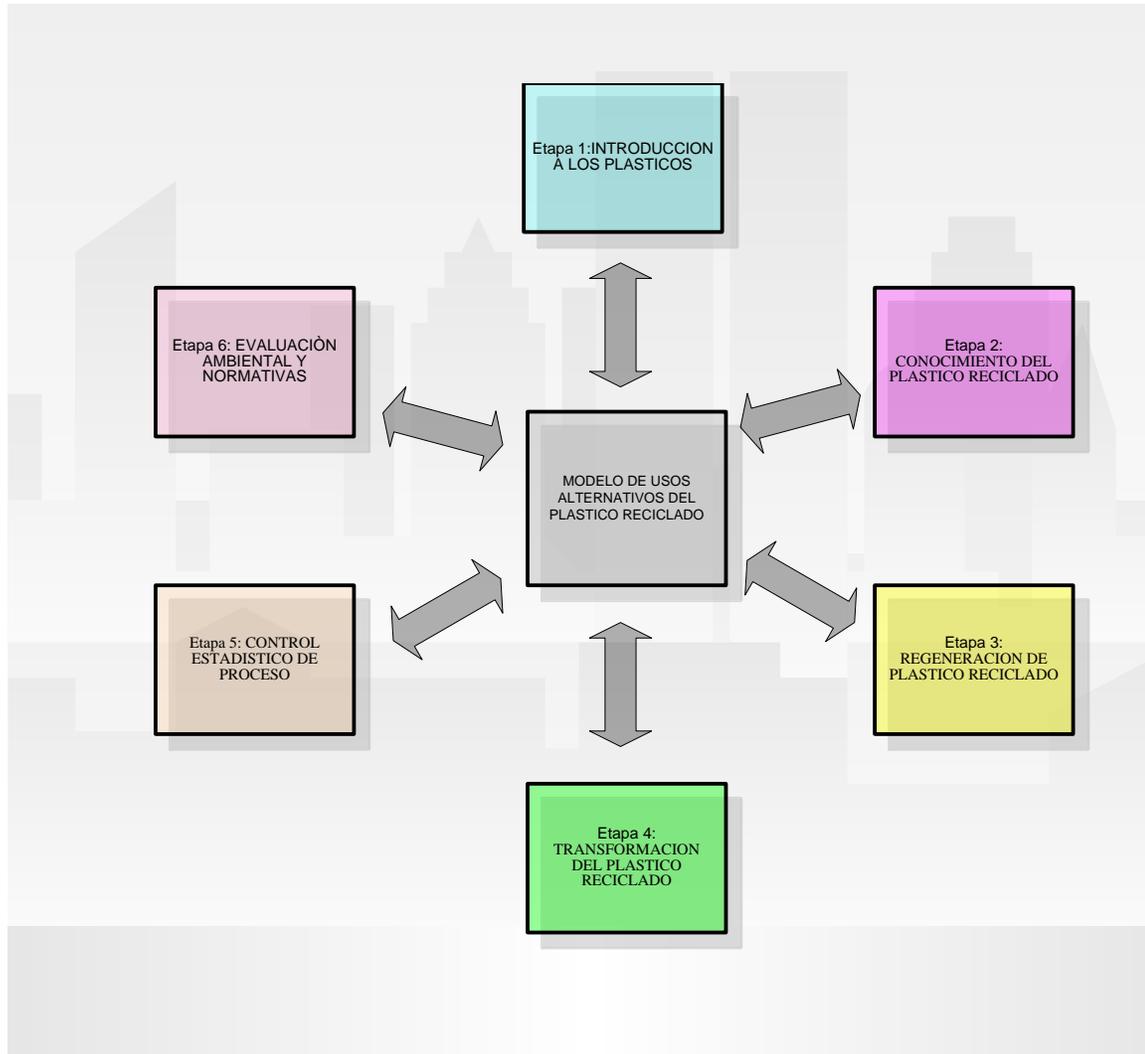
◆ ¿Por qué no incrementa el uso de plástico reciclado?



MEJORAS PROPUESTAS

- ◆ Colocación de Mallas en el extrusor para retención de partículas contaminantes.
- ◆ Regeneración de propiedades a través de aditivos.
- ◆ Mezclar un porcentaje de materia prima virgen con el propósito de aumentar propiedades del plástico reciclado.
- ◆ Disminución de la velocidad del proceso de transformación.
- ◆ Utilizar procesos de Coextrusion y Extrusión para la transformación del plástico reciclado.
- ◆ Colocación de imanes para partículas metálicas en tolvas de alimentación.
- ◆ Fabricar productos a las características del plástico reciclado por ejemplo: tacos para tubos, embalaje, madera plástica, etc.

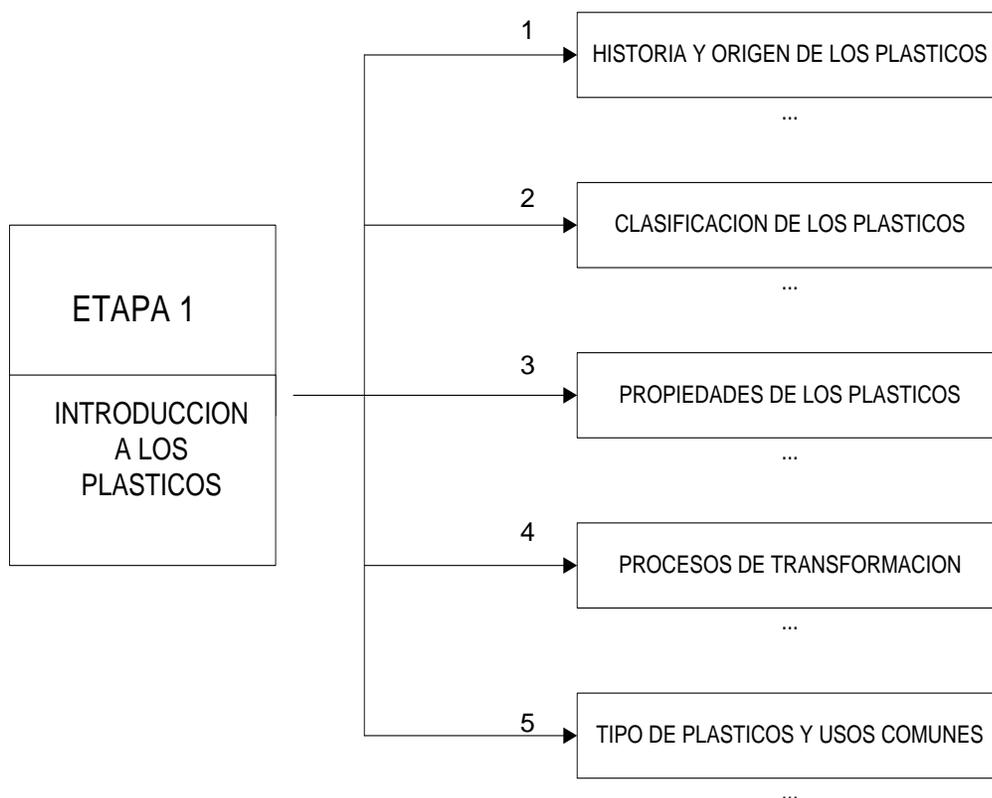
4.2 ESTRUCTURA GENERAL DEL MODELO DE USOS ALTERNATIVOS DEL PLASTICO RECICLADO



4.2.1 DESCRIPCIÓN DE ETAPAS DEL MODELO

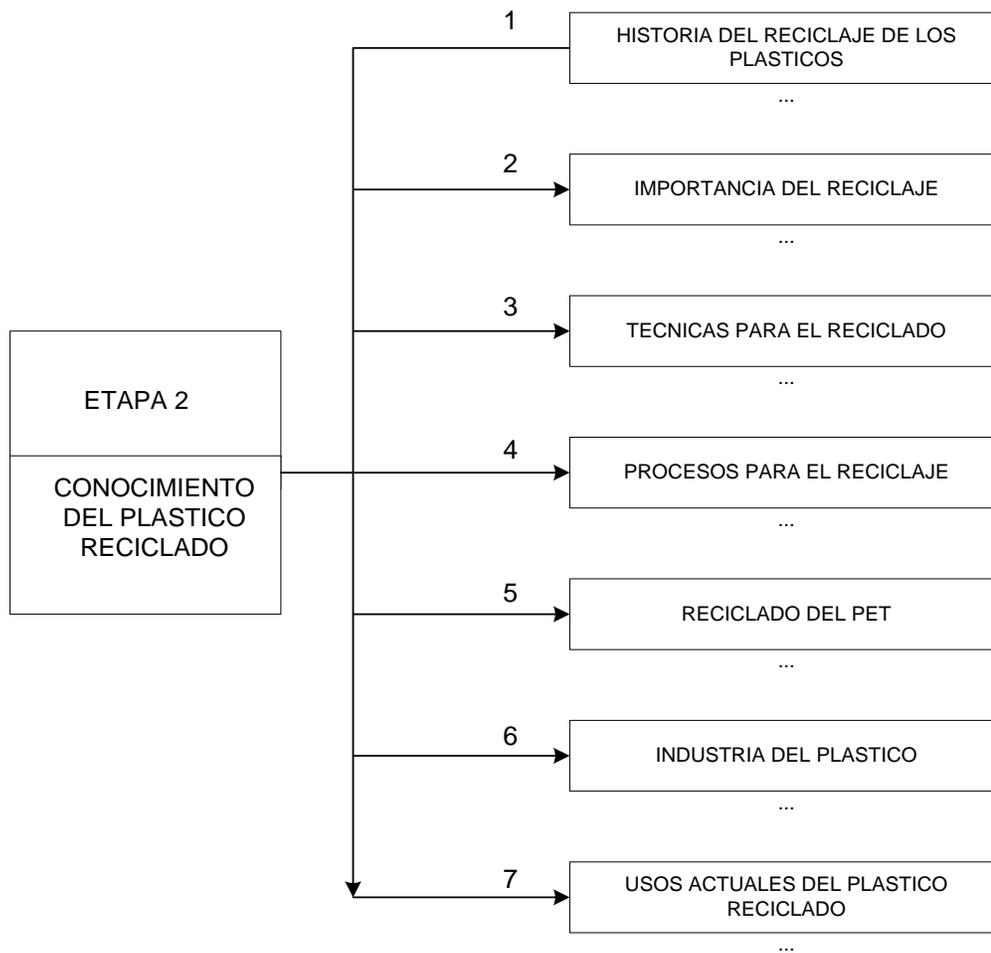
ETAPA 1. INTRODUCCIÓN A LOS PLÁSTICOS.

Es necesario e importante concentrarse en primer lugar en la base teórica en el modelo para la utilización de plástico reciclado, para tener una guía en la que se pueda obtener la información fundamental con el objetivo de facilitar el desarrollo de las siguientes etapas. A través de dicha información se dan a conocer las principales propiedades reológicas de los plásticos las cuales son índice de fluidez, elongación, resistencia a la tensión, que son determinantes para la utilización del plástico reciclado. Además de forma generalizada los diferentes procesos de transformación que se utilizan para la elaboración de diferentes productos.



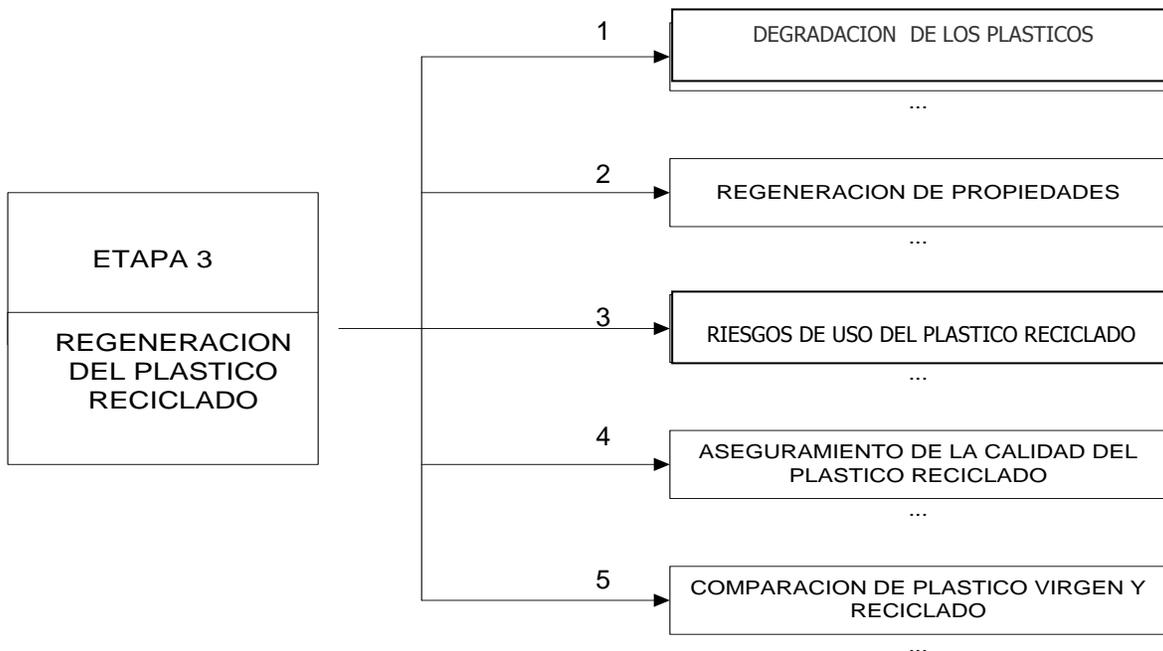
ETAPA 2. CONOCIMIENTO DEL PLÁSTICO RECICLADO.

En esta etapa del modelo el transformador de plástico debe conocer los procesos para el reciclaje tanto a nivel nacional como internacional, con el fin de identificar el proceso más adecuado según el tipo de producto que se quiera reciclar.



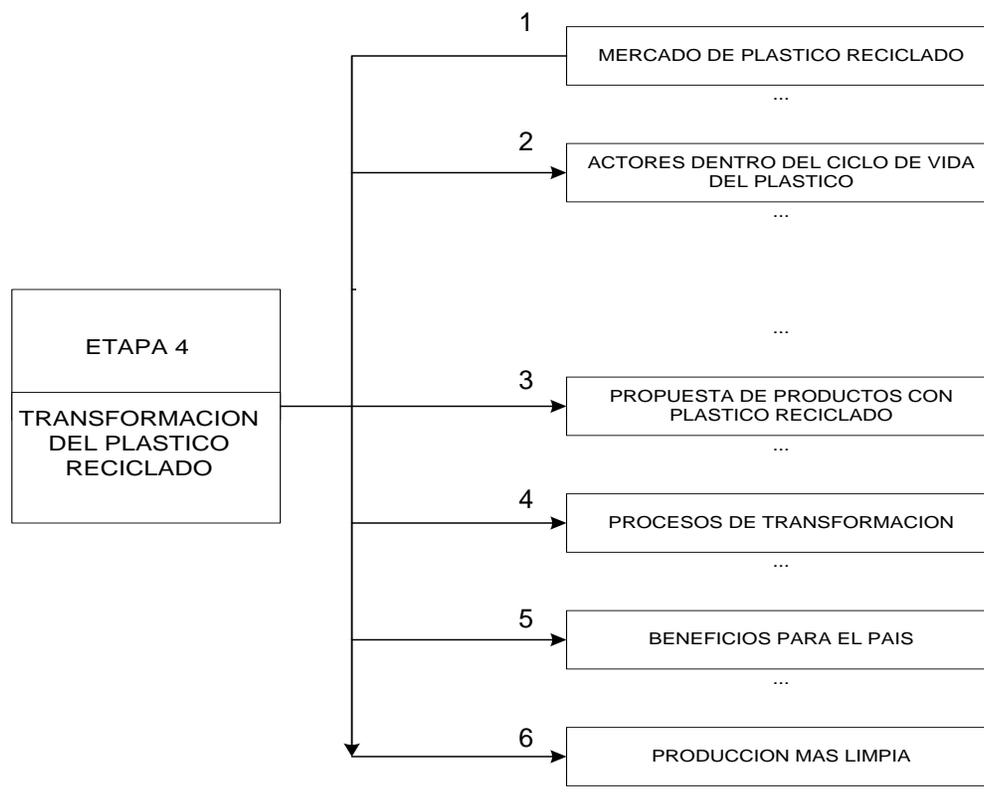
ETAPA 3. REGENERACIÓN DEL PLÁSTICO RECICLADO.

En esta etapa se describe los tipos de degradaciones que sufren los plásticos debido a los esfuerzos cortantes de los equipos, esta información servirá para establecer las medidas necesarias para lograr la regeneración.



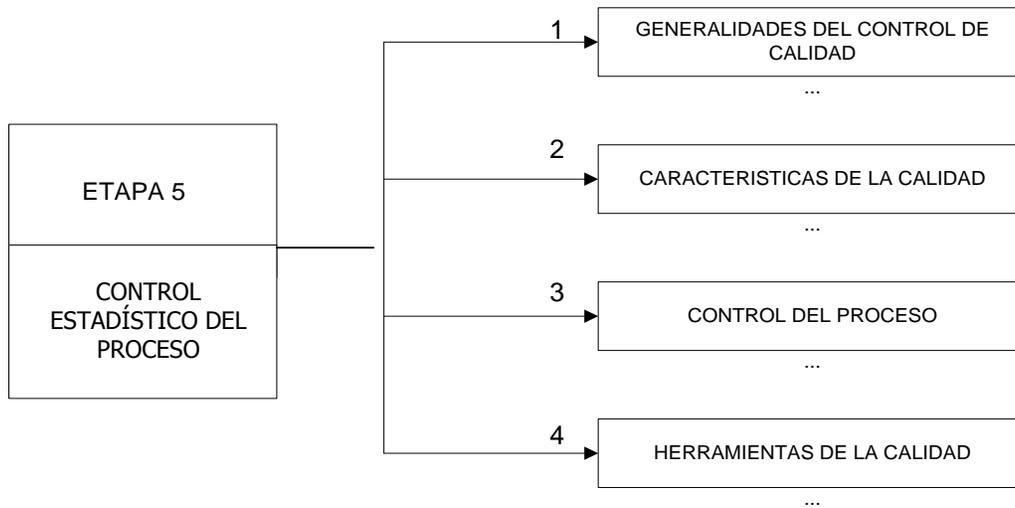
ETAPA 4. TRANSFORMACIÓN DEL PLÁSTICO RECICLADO

La etapa 4 depende de las 3 primeras ya que en ella se especifica los mejores mecanismos para la transformación del plástico reciclado y se da la información para que la Industria del Plástico realice sus procesos, al final de la etapa se dan las recomendaciones necesarias para la implementación de producción mas limpia.



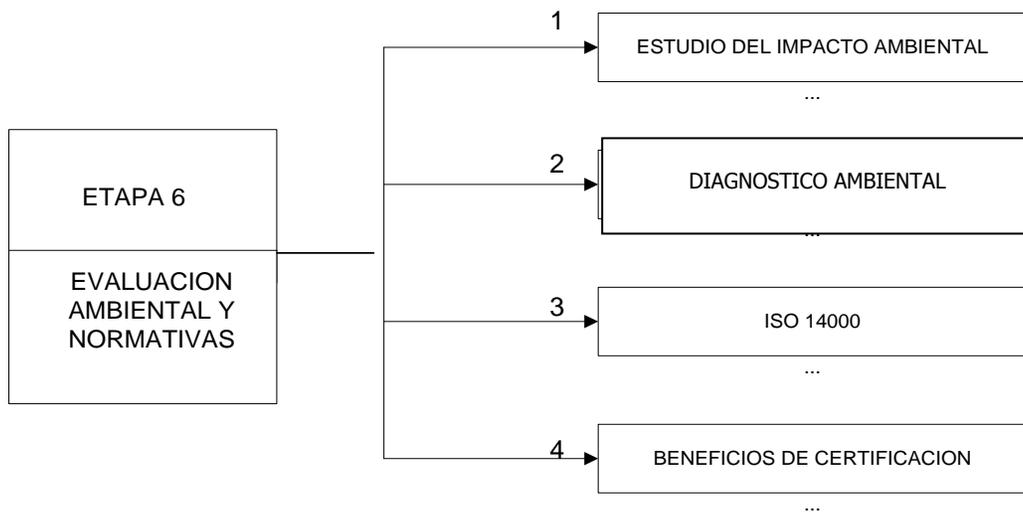
ETAPA 5. CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO

El control de la calidad es una parte importante en la gestión de cualquier empresa, para que la empresa lleve un buen control de los procesos de producción se propone el empleo de técnicas estadísticas, lo que se convierte fundamental en el análisis de los procesos.

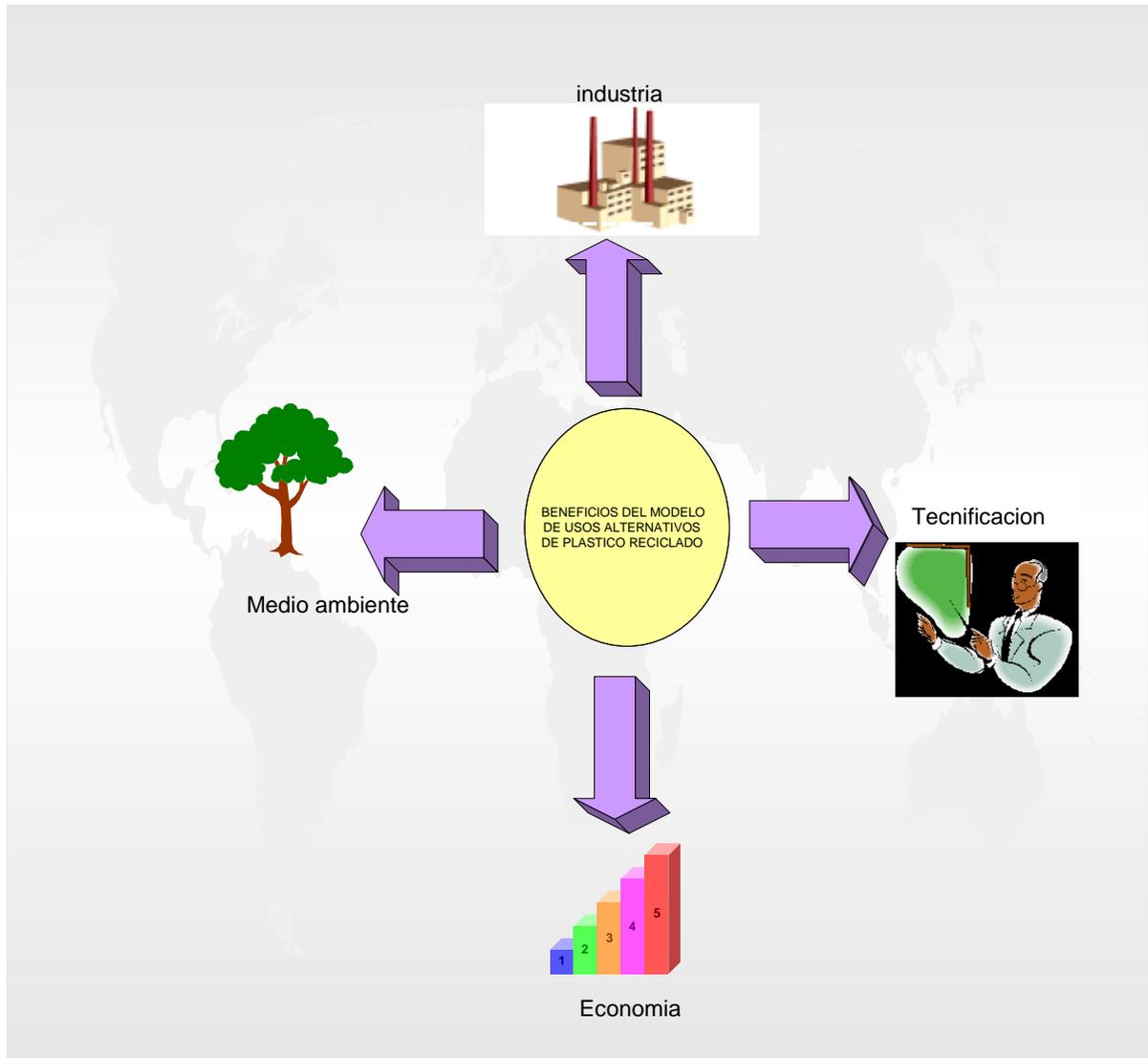


ETAPA 6. EVALUACIÓN AMBIENTAL Y NORMATIVAS.

Con el propósito de orientar en el proceso de obtención de permisos ambientales para la industria del plástico, se da la información sobre los estudios de evaluación ambiental que se requiere para la obtención de dichos permisos. Además los beneficios que se obtiene a lograr realizar una certificación de la empresa bajo la norma ISO 14000.



4.2.2 DIAGRAMA DE LOS BENEFICIOS DEL MODELO



4.2.3 DESCRIPCIÓN DE BENEFICIOS DEL MODELO

1. INDUSTRIA

El sector de la industria del plástico se beneficiará, debido a que contará con una propuesta para la fabricación de productos a partir del plástico reciclado. Este trabajo contribuirá a superar las dificultades que conlleva la utilización de este material, lo que permitirá reducir costos en la materia prima y así mismo ayudar a la conservación del Medio Ambiente.

2. TECNIFICACIÓN

El modelo contribuye a la tecnificación del sector como una fuente de consulta básica y actualizada referente a la utilización del plástico reciclado para fabricación de productos. Servirá también a instituciones, tales como el Ministerio de Medio Ambiente e Instituciones no gubernamentales interesadas y dedicadas a la protección de los recursos naturales.

3. ECONOMIA

Con la utilización del plástico reciclado se fomenta la disminución de desechos depositados en el relleno sanitario de Nejapa esto ayuda a las municipalidades en el ahorro de costos de transporte y disposición final de los desechos plásticos. Además se incrementaría las fuentes de trabajo para los pepenadores.

La industria del plástico al incrementar la utilización de materia prima reciclada en sus procesos de fabricación puede disminuir significativamente sus costos ya que el material reciclado posee un bajo precio.

4. MEDIO AMBIENTE

Los recursos naturales del planeta se deterioran cada día más y los efectos de contaminación están llegando a niveles más difíciles de controlar, el incremento en la temperatura, la contaminación del agua, la tierra y el aire degradan la calidad de vida de la sociedad y ponen en riesgo la salud el equilibrio del ecosistema. Este hecho

hace que hoy en día exista una preocupación a nivel mundial por la protección y conservación del medio ambiente que llevan a la estudio de los factores que se convierten en elementos potenciales de contaminación con la intención de establecer medidas preventivas o correctivas que minimicen, eliminen o reduzcan los efectos negativos sobre el medio ambiente.

El plástico produce uno de las sustancias más nocivas que contaminan el medio ambiente, como es el metano, por lo que representan un grave problema en los botaderos de basura, principal sitio de contaminación. La necesidad de proteger el medio ambiente se tiene que convertir en hechos y no meramente palabras, más aún los principios de desarrollo sustentable lo requieren.

El presente modelo propone una alternativa para la disminución de la contaminación generada por los desechos plásticos a través de la utilización de materia prima reciclada para la industria.

4.3 PRODUCTOS QUE SE PUEDEN FABRICAR CON PLASTICO RECICLADO.

4.3.1 PRODUCTOS SUSTITUTOS DE MATERIA PRIMA VIRGEN

Algunos de los productos que se pueden fabricar con plástico reciclado en sustitución de materia prima virgen son:

En el caso del PET:

- Envases: para bebidas gaseosas, aceite, agua mineral, medicamentos, agroquímicos y detergentes líquidos.
- Electrodomésticos: Carcazas de planchas
- Laminas de PET : Cintas de vídeo y de audio, diskettes, laminas grabadas, laminas de aislamiento.
- Maquinaria : Piñones. Bujes, embragues, accesorios para la industria textil.
- Diversos : Bisagras, herrajes, palancas, asas, bandejas de restaurante autoservicio

Polietileno de alta densidad (PEAD):

- Envases y empaques: recipientes de uso domestico, bolsas plástica de gran resistencia, garrafas, tubos cosméticos.
- Electrotecnia: Aislamientos para cables de telecomunicaciones y alta tensión, cajas de distribución.
- Construcción : Tubería para agua potable, riego, desagüe, conducción de gas y calefacción.
- Transporte : Contenedores, cajas, jabs.
- Diversos : Juguetes, tanques de gasolina, filamentos y bandas tejidos.

Polietileno de Baja Densidad (PEBD):

- Envases y empaques: Bolsas para basura, bolsas de leche, grandes sacos industriales, película destinada al envasamiento automático, película extensible, recipientes flexibles, cubetas para el hielo.
- Electrotecnia: Aislamiento para cables de telecomunicaciones.
- Construcción: Recubrimientos
- Agricultura : Películas para Invernadero y otros cultivos

- Diversos: Tapas flexibles, coextruidos con papel y aluminio, juguetería .

Polipropileno (PP):

- Farmacéutico: depósitos de cosméticos, drogas, agua mineral, salsas; película bioorientada para cigarrillos snacks.
- Transporte: Garrafrones, contenedores, costales de rafia, tapas.
- Maquinaria y automoción: Conductos de calefacción y refrigeración., cajas de batería de automoviles, ventiladores, parrillas .
- Artículos domésticos: Vasos, platos, hieleras, contenedores de alimentos.
- Electrodomésticos: Cafeteras, aspas de lavadora.
- Diversos: Juguetes, fibras textiles, jeringas desechables.

Poliestireno (PS):

- Envases de gran brillo superficial y transparencia, ej: Cosméticos, artículos de consumo, de escritorio, envase de alimentos en porciones, artículos de farmacia, cubiertas transparentes.
- Artículos domésticos: Vasos, cubiertos y platos desechables; ganchos para ropa, recipientes para el hogar.
- Diversos: Archivadores y contenedores para el hogar, estuches, juguetes, peines, cepillos de dientes, marcos de gafas, bolígrafos, avisos publicitarios.

4.3.2 PRODUCTOS SUSTITUTOS DE MATERIALES NO PLÁSTICOS.

Algunos de los productos que se pueden fabricar con plástico reciclado en sustitución de otros materiales no plásticos son:

En sustitución de Madera:

- ◆ Muebles con PET o PEAD
- ◆ Tarimas de Plásticos mezclados o PEAD
- ◆ Cercas de PEAD o PEBD
- ◆ Accesorios de Embalaje de PS

En sustitución de Metal:

- ◆ Muebles de PET, PEAD o PEBD
- ◆ Tanques de PEAD o PEBD
- ◆ Raspadores de Hielo de PP
- ◆ Rastrillos de PP
- ◆ Gancho de Ropa de PP
- ◆ Carcasas de equipo de PP o PS
- ◆ Rodos de PS
- ◆ Marcos para placas de automòviles de PS

En sustitución de Papel o cartón:

- ◆ Cartones de huevo de PS
- ◆ Carpetas o sobres de PP o PEBD

En sustitución de vidrio:

- ◆ Termómetros de PS
- ◆ Embases para detergentes o químicos de PEAD o PET
- ◆ Tarros de PET

Otros:

- ◆ Azulejos para el suelo de PEAD o PEBD

4.4 PROCESOS DE TRANSFORMACION.

MATERIAL	PROCESOS
POLIETILENO	<ul style="list-style-type: none"> - EXTRUSION SOPLADO - EXTRUSION - INYECCION - COEXTRUSION - COINYECCION
POLIPROPILENO	<ul style="list-style-type: none"> - EXTRUSION - INYECCION
POLIESTIRENO	<ul style="list-style-type: none"> - EXTRUSION - INYECCION
POLIETILENO TEREFALATO	<ul style="list-style-type: none"> - EXTRUSION - COEXTRUSION

4.5 CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO

4.5.1 GENERALIDADES

El concepto de la calidad ha marcado el ritmo del progreso en la industria, los productos y servicios que disfruta la sociedad actual, así como de la tecnología que los ha hecho posibles. El manejo del termino calidad es importante para producir de la mejor manera posible, al menor costo y satisfacer al cliente.

Actualmente, la apertura de los mercados internacionales y la competencia, han generados cambios en la forma de pensar y actuar de las empresas.

La industria del plástico no debe ser la excepción y los transformadores de plástico deben estar concientes de ello.

Analizar significa descomponer una situación en sus elementos, estudiarlos y volver a integrarlos en un todo. El propósito de esta etapa es conocer el control de la calidad a través del empleo de técnicas estadísticas, lo cual es fundamental para el análisis de un proceso y en particular de transformación de plásticos.

4.5.2 CONTROL DE LA CALIDAD

Para desarrollar controles de calidad, deben ser analizados aspectos del producto y las exigencias de los mercados al cual se destinarán.

El análisis de los factores que intervienen en el producto, definen las áreas en las que debe centrarse la atención para lograr los objetivos del negocio. Después de haber identificado tales factores, se puede proceder al establecimiento de los métodos y procedimientos de actuación.

Para el control de calidad se deben considerar varios elementos para un producto cualquiera, por ejemplo:

- Función que desempeñará el producto
- Ambiente en el que se encontrará el producto
- Requisitos de vida útil o duración
- Diseño del producto
- Proceso de Manufactura
- Condiciones de manejo, almacenamiento y transporte
- Instalación
- Mantenimiento
- Competencia del producto

El Control Total de Calidad completa el ciclo de diseño y manufactura, cliente-proveedor al enfocar el desarrollo de una organización conciente de la calidad para el desarrollo de productos.

Esto comprende el diseño de los mismos, selección de materiales, diseño de herramientas, selección de maquinaria y equipo, manufactura, ensamble y decoración, hasta que el producto llega al cliente.

Muchas empresas han fracasado en la implementación de sistemas de calidad "aislados" que ignoran el requerimiento del cliente después de recibir el producto, o cuando no se crean lazos de comunicación que permitan la retroalimentación que genera lo que se conoce como "Mejora Continua".

La mejora Continua debe darse externamente sino al interior de la empresa también entre los departamentos de la misma.

Uno de los parámetros de satisfacción para el cliente es el precio que paga por el producto.

Por muy buena que se sea la calidad, no podrá satisfacerlo si su precio es excesivo. De ahí la importancia del control de costos de la calidad, precios y utilidades, comenzando desde la planeación y el diseño.

Lo mismo es aplicable al volumen de producción; si en una empresa no existen datos confiables de la producción, la cantidad de desperdicios o el número de defectos o correcciones necesarias, no se podrá determinar el porcentaje defectuoso ni la tasa de correcciones y, por lo tanto, no podrá realizarse el control de la calidad.

En cualquier empresa existe un porcentaje de desperdicio, el cual puede ser reducido empleando herramientas de calidad que serán tratadas mas adelante.

Cuando se emplean apropiadamente las herramientas de calidad, después de cierta planeación, es posible identificar las causas que originan el desperdicio y actuar sobre ellas para disminuirlo, esto motivará a seguir trabajando en la mejora continua. Para tal efecto se puede auxiliar de la "Trilogía de Juran", que es la relación entre los elementos de la "Trilogía de la Calidad": planeación, control y mejora de la calidad.

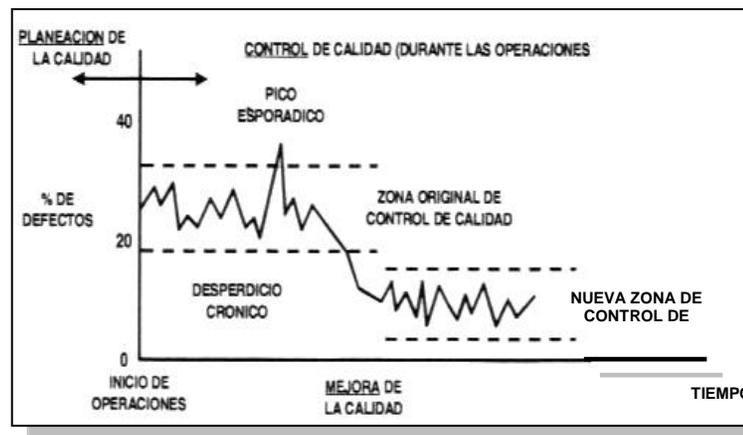


Figura 27. Trilogía de Juran

La trilogía de juran es precisamente el proceso que debe resaltar en la mejora de la calidad con la consecuente reducción en el número de defectos, gracias al control de la calidad y mejoramiento de la planeación de la calidad.

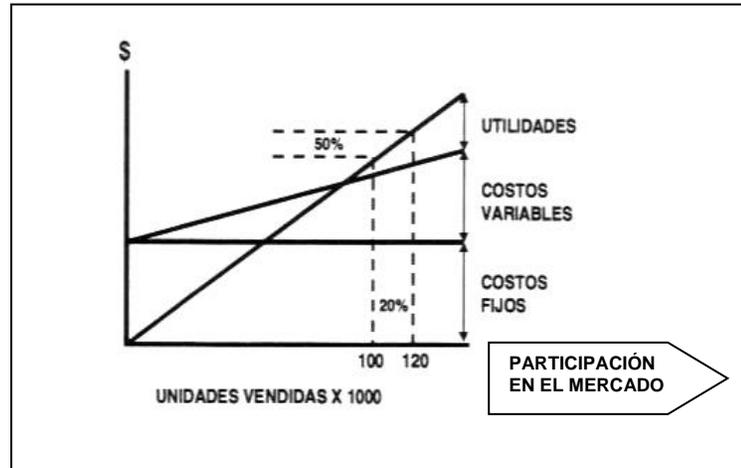


Figura 28. Efectos de la Mejora de la Calidad

En la figura 28 puede apreciarse como una mejora de la calidad influye directamente en un incremento del volumen de las utilidades y al continuar este proceso de manera ininterrumpida, a una mayor participación del mercado.

4.5.3 CARACTERÍSTICAS DE LA CALIDAD

Las características que presentan los productos pueden ser de dos tipos: reales y asociadas. Las características reales se refieren al resultado esperado en cuanto al desempeño del producto ante su exposición a circunstancias determinadas. Por ejemplo:

- La carcasa del espejo retrovisor de un automóvil no debe decolorarse por estar expuesta a la intemperie durante cierto periodo.
- Una bolsa para el transporte de valores no debe perder su forma al estar sometida a una carga determinada.
- Un garrafón para agua purificada debe resistir al menos tres caídas desde cierta altura cuando esté lleno de líquido.

Las características asociadas son las propiedades o las condiciones necesarias para que las características reales de la calidad sean alcanzadas por lo que existe una estrecha relación entre ambas.

En primer lugar deben determinarse las características reales de calidad para un producto y después investigar, desarrollar y resolver los problemas de mediación de tales características y fijación de normas de calidad para el producto.

Para fijar las características asociadas corresponden a las características reales buscadas en productos de plástico de líneas anteriores:

- Resistencia a la luz ultravioleta, a la humedad y al ataque químico de sustancias de Limpieza.
- Resistencia a la tensión y Elongación
- Resistencia al Impacto

4.5.4 CONTROL DEL PROCESO

En La actualidad mas empresas solicitan a sus proveedores emplear herramientas estadísticas durante la producción que eviten hacerles llegar productos fuera de especificación, los cuales pueden presentar un impacto negativo importante en sus líneas complementarias como llenado, ensamble, decoración, pintura, etc.

El empleo de métodos de control Estadístico de la Calidad inicia con el enfoque hacia todas las variables que pueden influir en la manufactura y la obtención de las características de calidad de piezas de plástico.

El control de diseño de nuevos productos se refiere al establecimiento y la especificación del costo deseable de la calidad de realización y de los estándares de confiabilidad del producto.

El control de recepción de materiales comprende los gastos originados al recibir y almacenar sólo las partes que cumplan con las especificaciones de calidad requeridas y con la mayor economía.

El control de pruebas se compone de técnicas para localizar causas que provoquen defectos en el producto por medio de investigaciones y pruebas y determinar la posibilidad de mejorar las características de calidad.

Para ejecutar adecuadamente lo anterior, existe una técnica estadística muy importante cuyo empleo va dirigido a determinar las variables más influyentes y evaluar su efecto en el desempeño del producto y manufactura en cualquier etapa del proceso como diseño preliminar, selección de materiales, manufactura de herramientas o producción de partes.

El investigador sobre las técnicas de Diseño de Experimentos (DOE), el Dr. Genichi Taguchi sugiere conformar matrices variables – efecto que, a través de su análisis, se obtenga una mejor de los métodos de trabajo y aseguren la calidad de un producto.

El diseño de experimentos puede emplearse en la etapa de planeación de la calidad para el diseño y determinación de parámetros, así como durante el mismo proceso productivo con fines de mejor o de rastreo de causas de anomalías.

Con el método pueden aislarse los factores que afectan determinada característica de calidad del producto y evaluar las posibles causas hasta encontrar la solución.

4.5.5 HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD

Para realizar el Control de Calidad debe adquirirse un modo de pensar estadístico, ya que los datos presentan aun comportamiento que se muestra en sus curvas de distribución y siempre son dispersos.

Esto permitirá la ágil y acertada toma de decisiones a lo largo de todo el sistema de calidad.

Estas herramientas elementales son:

- Diagrama de Pareto
- Diagrama Causa- Efecto
- Histogramas
- Hojas de Verificación
- Cartas y Gráficos de Control

1. Diagrama de Pareto

Es una técnica analítica y estadística empleada para determinar los defectos de manera cualitativa y cuantitativa ya que un mismo producto generalmente presenta más de un área de problema.

Este método ordena según su importancia (frecuencia de aparición, impacto económico, etc.) a las características estudiadas, son el fin de dirigir las acciones pertinentes de manera prioritaria a la solución de los factores o problemas más críticos.

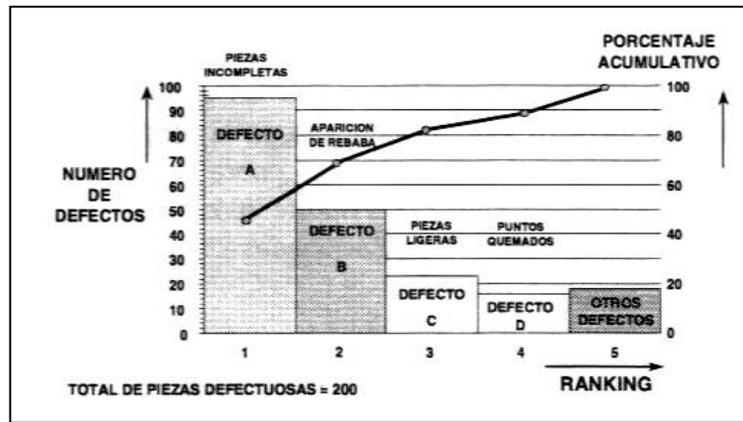


Figura 29. Ejemplo de Diagrama de Pareto para Defectos de Artículos

En los procesos de transformación de plásticos, el análisis a través de la técnica de Pareto después de moldeado en el producto no es recomendable porque las fallas deben detectarse y corregirse "en tiempo real" durante el proceso de manufactura, lo cual sin la tecnología apropiada no es posible realizar.

Sin embargo, el método puede representar una herramienta auxiliar en el análisis de costos, así como para juzgar y clasificar la calidad de partes o servicios provistos externamente.

Aplicado al análisis de costos, el principio de Pareto establece que solo algunos de los elementos que contribuyen en un costo son responsables del mayor peso del mismo, los cuales deben ser identificados, de tal manera que los recursos destinados a la mejora de la cantidad se concentren en dicha áreas.

Existe una gran variedad de fuentes a considerar como contribuyentes y el análisis puede enfocarse a una organización (división, planta, etc.), a personas (operadores), funciones, tipos de defectos, procesos, etc.

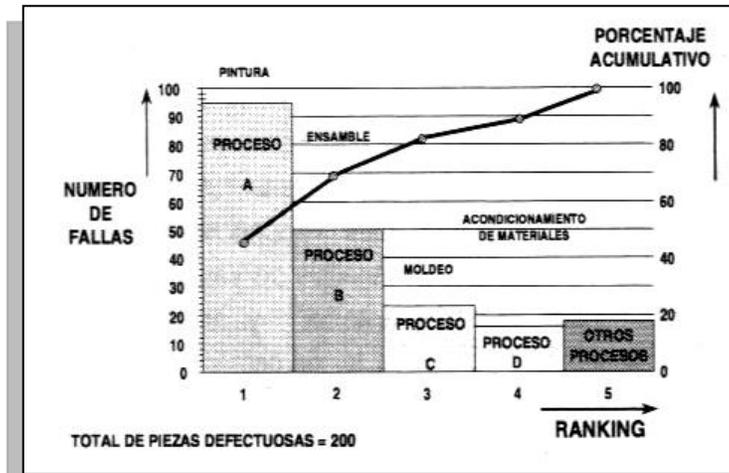


Figura 30. Ejemplo Diagrama de Pareto para procesos

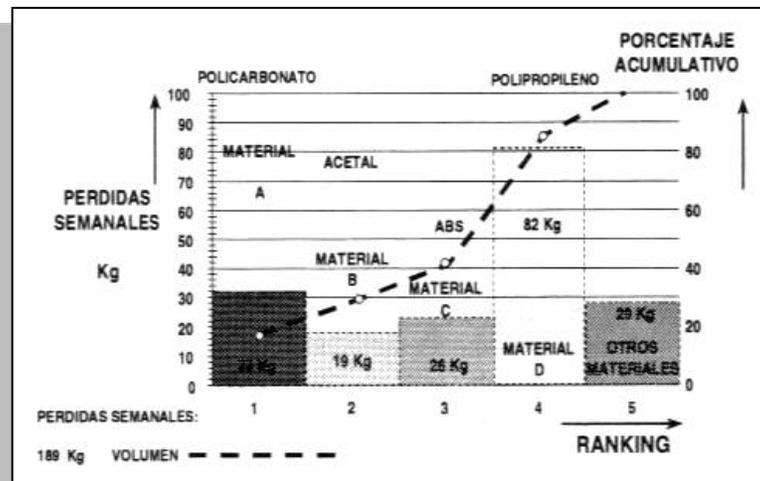


Figura 31. Ejemplo de Diagrama de Pareto para Materia Prima

2. Diagrama Causa- Efecto

Es también conocido como Diagrama de Ishikawa o "Cola de Pescado", fue desarrollado por Kaoru Ishikawa en 1950. La construcción del diagrama parte de escribir determinada falla identificada (efecto, síntoma o variación) en el extremo derecho y complementarlo con la conexión a las posibles razones de su aparición (causa o teoría), las cuales frecuentemente están relacionadas con el personal involucrado, los métodos de trabajo, materiales, maquinaria y equipo, etc.



Figura 32 : Ejemplo de Diagrama Causa Efecto Aplicado a Inyección

En el siguiente esquema puede apreciarse la posible interrelación de causas. De esta forma, al ser identificado el factor más sospechoso, puede elaborarse un Diagrama de Análisis de Variaciones, que es una continuación del anterior y en el cual es desmenuzado dicho factor de forma detallada.



Figura 33. Ejemplo para Diagrama de Análisis de Variaciones

Esta técnica puede ser utilizada simultáneamente con el análisis del Diagrama de Análisis del Proceso, donde aparece ilustrada en bloques la secuencia del proceso principal como podría ser cualquiera de transformación de plásticos.

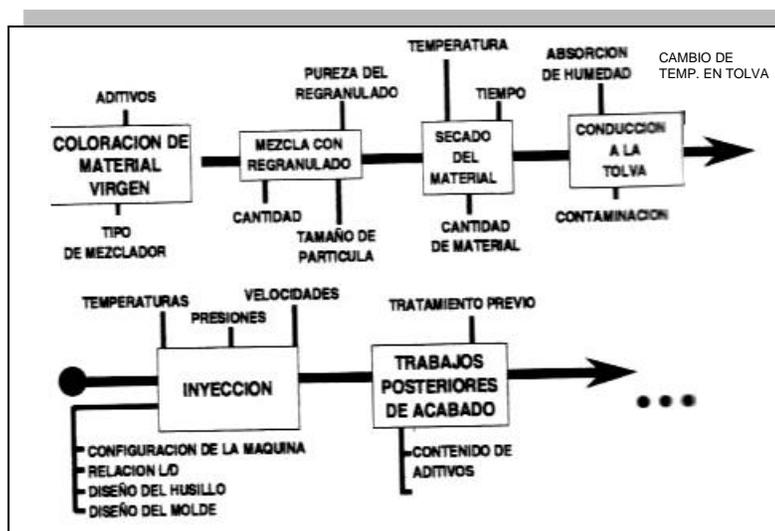


Figura 34. Ejemplo para Diagrama de Análisis de Procesos

En muchas ocasiones, la causa de los problemas se presenta fuera de este último como en la recepción de materiales, su acondicionamiento para el moldeo, durante su movimiento y transporte a lo largo de la planta o en las actividades relacionadas con el acabado final.

También es posible que el manejo o utilización que el cliente efectúa sobre el producto no sea el apropiado, por lo que adquiere relevante importancia una estrecha comunicación recíproca y el conocimiento de los métodos y recursos de trabajo del mismo.

3. HISTOGRAMAS

Es la representación gráfica de una distribución de frecuencias, es decir, una herramienta estadística que presenta valores de mediciones de tal manera que son apreciables la tendencia central y la dispersión sobre una escala así como la frecuencia relativa de ocurrencia de cada evento.

Al ser realizadas ciertas mediciones que evalúan una característica de calidad, puede perderse información relevante al observar simplemente números en desorden, por lo que al representarlos de esta manera, será posible observar el comportamiento de tal característica y descubrir tendencias o desviaciones en relación con ciertos límites.

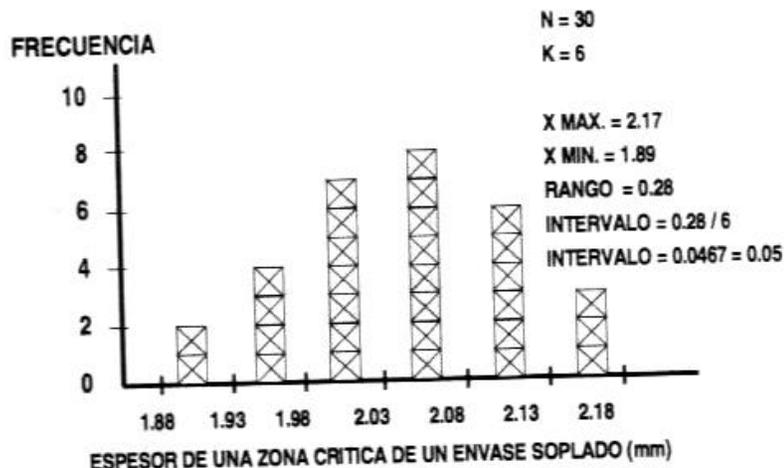


Figura 35. Ejemplo de Histograma

Para construir un histograma debe seguirse el siguiente procedimiento:

- Considerar el número de mediciones (N)
- Determinar el número de Intervalos (K) a partir de tablas, según sea N.
- Obtener el rango de las mediciones (R), valor máximo menos valor mínimo.
- Calcular la amplitud de cada intervalo al dividir R/K , la cual debe ser constante.
- Ajustar los límites de cada intervalo.
- Tabular los datos obtenidos, en una serie de barras frecuencia vrs intervalos.

Una de las aplicaciones importantes del histograma es la comparación de capacidades de procesos dentro de ciertos límites de tolerancia.

Al unir los extremos superiores de las barras correspondientes a cada intervalo, aparece dibujada una curva que indica cierta distribución de los datos que la originan, lo cual provee de información al analista sobre la tendencia central, la dispersión de los datos y la posición relativa frente a valores específicos de tolerancias.

3. HOJA DE VERIFICACION.

Las hojas de verificación sirven como instrumento de recolección de datos ya sea desde el punto de vista de atributos o variables. En el caso de hojas de verificación por atributos existen las siguientes posibilidades:

- ◆ Defectos por piezas

- ◆ Defectos por ubicación
- ◆ Defectos por causa.

En una hoja de verificación por variables pueden tabularse valores de diferentes mediciones sobre un solo producto. También es posible realizar el análisis en forma de histograma con el que se puede obtener la frecuencia de ocurrencia de cierto evento dividido en intervalos.

5. CARTAS Y GRÁFICOS DE CONTROL

Una variación observada en la distribución estadística de una característica de calidad puede presentar diferentes causas.

El Principio de Pareto dice que pocas de estas causas tienen el mayor efecto en la variación total mientras algunas otras tendrán un impacto medio y la mayoría mostrarán un efecto muy pequeño.

La mejora de procesos a través del análisis y ataque a sus variaciones, es primordial en los métodos modernos de Control Estadístico de la Calidad.

Existen dos tipos de Cartas de Control, por variables y por atributos.

Las cartas de control por variables requieren mediciones en una escala continua como peso, longitud, espesor o resistencia y proporcionan mayor información que las cartas por atributos, por lo cual son preferidas en el trabajo de Control Estadístico de Procesos.

Para utilizar una Carta de Control, debe considerarse lo siguiente:

- ◆ Elegir la característica de calidad a monitorear
- ◆ Dar prioridad a características que corren defectuosas y cuyo control de ajuste se encuentra al alcance del operador (Principio de Pareto)
- ◆ Identificar las variables del proceso y condiciones que contribuyen a las características finales del producto.
- ◆ Seleccionar las características que arrojarán la información necesaria para el diagnóstico.
- ◆ Determinar el tiempo de inicio de monitores durante la producción, a partir del cual puede obtenerse información sobre la identificación de causas asignables, de tal forma que el análisis sirva como instrumento de prevención.
- ◆ Seleccionar el tipo de Carta de Control.

Este tipo de Carta de Control es muy empleada en procesos dominados por máquinas y utilizada por los fabricantes de las mismas, al incorporarse en los controles de los equipos de transformación de plásticos.

Las Cartas de Control, y su adecuada interpretación, pueden servir como base para la elaboración de programas de mantenimiento.

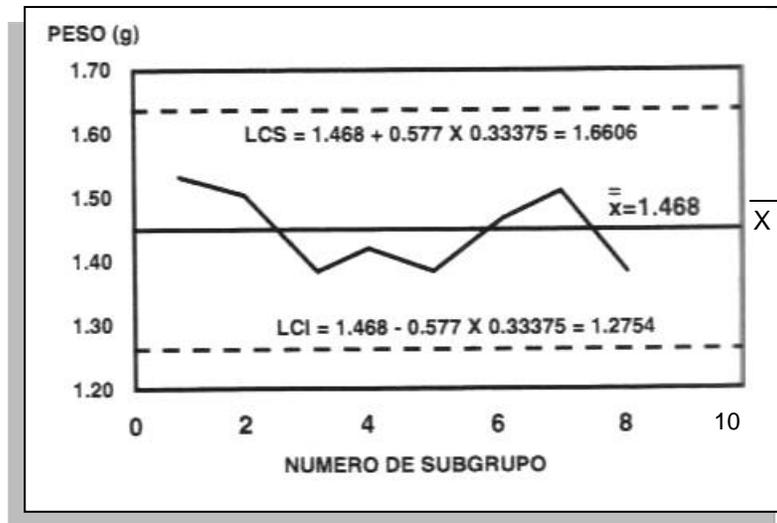


Figura 36. Ejemplo de Grafico de Control

Cuando algún punto de la grafica sale de los límites de control, se puede concluir que existe un cambio en el proceso que afecta a todas las piezas subsecuentes, lo cual obliga a dirigir la atención a la variable que pueda ocasionar que el subgrupo se encuentre fuera de control.

Generalmente, puede identificarse cierta tendencia previa a la pérdida del control del proceso, por lo que probablemente sea necesario intensificar la frecuencia de los monitoreos hasta asegurar que la causa ha sido corregida.

Los conceptos de estabilidad del proceso y que este se halle bajo control tienen cierta relación, pero si el proceso es inestable no significa que el proceso haya salido de control sino que en cualquier momento, si no se detecta la razón puede hacerlo.

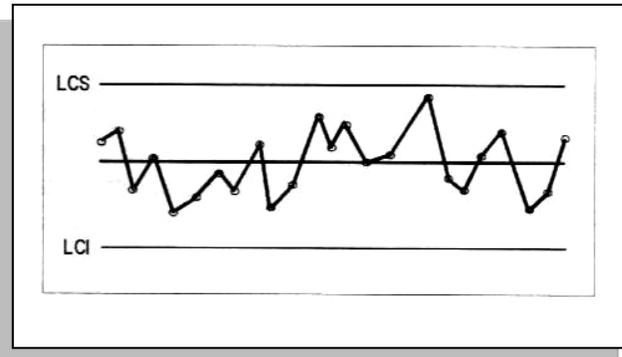


Figura 37. Ejemplo de Proceso Estable

La inestabilidad del proceso es una alarma que, a su vez, permite iniciar la búsqueda de causas asignables de manera preventiva.

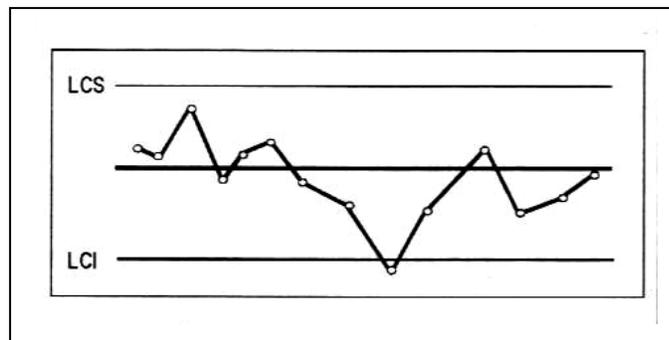


Figura 38. Ejemplo de Proceso Inestable Cíclico

En la figura 37 se aprecia cierto comportamiento gobernado por un patrón repetitivo mientras que en la figura 38 muestra un punto fuera de límites de control.

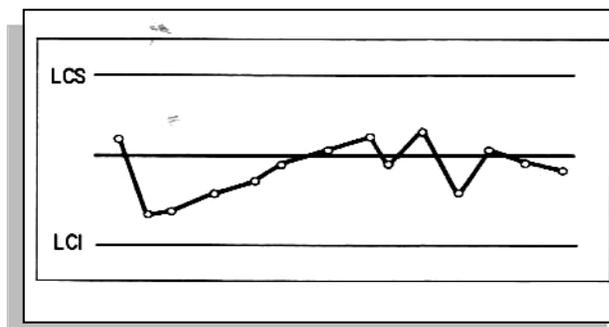


Figura 39. Ejemplo de Proceso Inestable fuera de límites

Habría que evaluar si esto fue debido a algún ajuste realizado durante la toma de muestras o si se repite con frecuencia para tomar acciones. Se puede considerar como una tendencia

cuando seis puntos consecutivos se mueven en alguna dirección aún partiendo desde alguno de los límites.

4.6 VIABILIDAD TECNICA

Consideramos que la utilización de plástico reciclado es viable técnicamente, ya que como se trató en el capítulo 3, el plástico reciclado puede regenerarse, así mismo sabemos cuales son los procesos por medio de los cuales se puede transformar este material y que existe la tecnología para hacerlo. Dentro de esta tecnología podemos mencionar la siguiente maquinaria:

Inyectora de Plástico



Figura 24. La Inyectora de plástico se utiliza para moldear en forma horizontal. Los pellets o gránulos de plásticos reciclados son calentados en una antecámara e inyectados en un molde frío donde el material toma la forma de dicho molde.

Sopladora

Figura 25. Las Sopladoras se utilizan para envases plásticos de Polietileno, Polipropileno, PVC. Estas Máquinas automáticas son autónomas, con extrusoras desde 45 hasta 70mm 20D; accionadas por motores de velocidad variable, Tornillos, Camisas y Cajas Reductoras de Velocidad. Máquinas equipadas con Tablero de Control de Temperaturas por zonas, Tablero de Mandos y Automatismos, Tablero de Regulación y Mandos neumáticos.



Coextrusora.



Figura 26. Las coextrusoras son maquinas que trabajan aplicando varias capas de material. Esta es la maquinaria mas recomendada para la utilización de plástico reciclado, pues este se puede utilizar en las capas intermedias y en las capas externas materia prima virgen. Esto soluciona el problema de la variación del color en el producto final y el contacto con alimentos.

Termoformadora de vacío

Se emplea para producir envases plásticos transparentes de diversos modelos. Los utilizan, principalmente, la industria juguetera, de telecomunicaciones (en teléfonos celulares), industria eléctrica (para contener cables y otros aditamentos), industria electrónica (aparatos de sonido y otros aditamentos). También la industria panificadora ocupa estos envases (para pays y pasteles), o de los alimentos para algunos vegetales ya lavados (como lechugas y espinacas) o congelados.

Descripción: puede trabajar con PVC, PET, poliestireno y polietileno. Requiere de un espacio mínimo de cinco metros cuadrados para funcionar. Puede producir, según se programe, de 50 a 500 piezas por minuto

Termoformadora de turbina

Fabricar charolas para envasar pan, galletas y pasteles o transportar fruta. Con esta maquinaria también se pueden hacer moldes para gelatinas y chocolates, charolas para ampollitas y láminas plásticas con relieves para display de diversa índole.

Descripción: trabajan con materiales de hasta seis milímetros de espesor. Requiere de un espacio de 20 metros cuadrados con una producción de 30 piezas por minuto.

Sopladora de envases de PET

Sirve para elaborar envases de PET aptos para la industria refresquera, de agua purificada y algunos lácteos, primordialmente (esta máquina la utilizan empresas como Coca-Cola, Danone y Nestlé).

Descripción: cuenta con dos cavidades de capacidad para formar botellas de diez litros a una velocidad de mil 700 envases por hora. Se le pueden agregar moldes de envases de ocho y cinco litros. Para su operación requiere de un espacio de 15 metros cuadrados.

Envasadora con atmósfera modificada

Fabrica envases para alimentos frescos y precocidos, confites y semillas, alimentos congelados, refrigerados, pasteurizados y esterilizados. También puede envasar fruta en almíbar, aceites, yogur, mantequilla y queso.

Descripción: envasadora de productos en preformados (como charolas de unicel, plásticos y termoformados). El envasado al alto vacío con atmósfera modificada consiste en extraer del aire el empaque y agregarle gases inertes, como nitrógeno, para conservar el producto fresco y en óptimas condiciones en anaquel (de 15 a 30 días).

4.7 ANALISIS ECONOMICO DEL USO DE MATERIA PRIMA VIRGEN VRS. MATERIA PRIMA RECICLADA.

Para demostrar la viabilidad económica del Modelo de Usos Alternativos de Plástico Reciclado, se realiza a continuación un análisis económico empleando las técnicas de Ingeniería adecuadas. El cálculo de los indicadores económicos es considerado como una técnica de evaluación económica, que consiste básicamente en una contabilización de costos y resultados en términos monetarios. Dicho análisis se remonta a los estudios de A.J. Dupont (Ingeniero francés que ya en 1844 la aplicaba para determinar la utilidad y la viabilidad económica de las obras públicas), en la que tanto los costos, como las consecuencias (beneficios) de un proyecto, vienen expresados en términos monetarios. Además permite identificar la opción que amplía la diferencia entre beneficios y costos; que es, en teoría, la opción que maximiza el bienestar de la sociedad, lo cual nos ofrece un criterio de decisión claro. La principal ventaja de este enfoque es que, permite confrontar el beneficio neto de un proyecto determinado con la opción de no realizarlo.

Para desarrollar dicho análisis, se utiliza el Valor Presente, significa traer del futuro al presente cantidades monetarias a su valor equivalente, para lo cual se utiliza una tasa de descuento, denominada así, debido a que los flujos de efectivo al trasladarse al presente se traducen en flujos descontados.

Para el análisis Económico se consideran variables solamente los costos de materia prima; los costos de operación, inversión en maquinaria y equipo son iguales para todos los años, puesto que no cambiarían al fabricar productos con materia prima virgen o reciclada. Debido a esto en el flujo de fondos no se presentan valores para esos rubros.

Se ha considerado como ejemplo la fabricación de ganchos de ropa utilizando como materia prima Polipropileno de Inyección. El periodo a analizar será de 5 años.

Datos:

Ganchos por libra de material:	9 unid.
Producción Mensual:	33,000 Unidades
Materia Prima Mensual Requerida:	3,667 Lbs.
Precio Materia prima Virgen:	US\$ 0.61 Lb.
Precio Materia prima Reciclada:	US\$ 0.40 Lb.

4.7.1 COSTO ANUAL DE MATERIA PRIMA

La producción mensual se ha determinado en base a 8 horas diarias de trabajo produciendo 1,500 unidades 22 días al mes y un 80% de eficiencia. Con un Molde de dos cavidades y un ciclo de 30 segundos.

◆ Costo de Materia Prima Virgen Mensual = \$ 0.61 x 3,667 Lbs = \$ 2,236.87

Costo Anual Materia Prima Virgen = \$ 26,842.44

◆ Costo de Materia Prima Reciclada Mensual = \$ 0.40 x 3,667 Lbs = \$ 1,466.8

Costo Anual Materia Prima Reciclada = \$ 17,601.60

4.7.2 CALCULO FLUJO DE FONDO PARA GANCHO DE ROPA MATERIAL VIRGEN

FLUJO DE FONDOS						
RUBROS	0	1	2	3	4	5
INGRESOS ESTIMADOS		-	-	-	-	-
(-)COSTOS DE OPERACIÓN		-	-	-	-	-
SUELDOS		-	-	-	-	-
CONSUMO DE ENERGIA		-	-	-	-	-
MANTENIMIENTO		-	-	-	-	-
INTERES DEL BANCO		-	-	-	-	-
TOTAL DE COSTO DE OPERACIONES		-	-	-	-	-
(=) UTILIDAD DE OPERACIÓN:		-	-	-	-	-
(-)COSTO DE MATERIA PRIMA		-\$26.842,44	-\$26.842,44	-\$26.842,44	-\$26.842,44	-\$26.842,44
(-) DEPRECIACION		-	-	-	-	-
(=) UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO		-\$26.842,44	-\$26.842,44	-\$26.842,44	-\$26.842,44	-\$26.842,44
(-) IMPUESTO 25%		-\$6.710,61	-\$6.710,61	-\$6.710,61	-\$6.710,61	-\$6.710,61
(=) UTILIDAD DESPUES DEL IMPUESTO		-\$20.131,83	-\$20.131,83	-\$20.131,83	-\$20.131,83	-\$20.131,83
(+) DEPRECIACION		-	-	-	-	-
INVERSION (PRESTAMO)						
AMORTIZACION DEL PRESTAMO						
VALOR RESIDUAL						\$1.000,00
FLUJO DE FONDOS	\$0,00	-\$20.131,83	-\$20.131,83	-\$20.131,83	-\$20.131,83	-\$19.131,83

4.7.3 VALOR ACTUAL NETO PARA MATERIAL VIRGEN

TASA DE RENTABILIDAD MINIMA 10%

$$VAN = -I + \frac{-FF1}{(1+i)^1} + \frac{-FF2}{(1+i)^2} + \frac{FF3}{(1+i)^3} + \frac{FF4}{(1+i)^4} + \frac{FF5}{(1+i)^5}$$

$$VAN = 0 + \frac{(-\$20.131,83)}{(1+i)^1} + \frac{(-\$20.131,83)}{(1+i)^2} + \frac{(-\$20.131,83)}{(1+i)^3} + \frac{(-\$20.131,83)}{(1+i)^4} + \frac{(-\$19.131,83)}{(1+i)^5}$$

VAN = - \$75.694,55

4.7.4 CALCULOS FLUJO DE FONDOS PARA GANCHO DE ROPA MATERIAL RECICLADO

FLUJO DE FONDOS RECICLADO						
RUBROS	0	1	2	3	4	5
INGRESOS ESTIMADOS		-	-	-	-	-
(-)COSTOS DE OPERACIÓN		-	-	-	-	-
SUELDOS		-	-	-	-	-
CONSUMO DE ENERGIA		-	-	-	-	-
MANTENIMIENTO		-	-	-	-	-
INTERES DEL BANCO		-	-	-	-	-
TOTAL DE COSTO DE OPERACIONES		-	-	-	-	-
(=) UTILIDAD DE OPERACIÓN:		-	-	-	-	-
(-)COSTO DE MATERIA PRIMA		-\$17.601,60	-\$17.601,60	-\$17.601,60	-\$17.601,60	-\$17.601,60
(-) DEPRECIACION		-	-	-	-	-
(=) UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO		-\$17.601,60	-\$17.601,60	-\$17.601,60	-\$17.601,60	-\$17.601,60
(-) IMPUESTO 25%		-\$4.400,40	-\$4.400,40	-\$4.400,40	-\$4.400,40	-\$4.400,40
(=) UTILIDAD DESPUES DEL IMPUESTO		-\$13.201,20	-\$13.201,20	-\$13.201,20	-\$13.201,20	-\$13.201,20
(+) DEPRECIACION		-	-	-	-	-
INVERSION (PRESTAMO)						
AMORTIZACION DEL PRESTAMO						
VALOR DE RESCATE						\$1.000,00
FLUJO DE FONDOS	\$0,00	-\$13.201,20	-\$13.201,20	-\$13.201,20	-\$13.201,20	-\$12.201,20

4.7.5 VALOR ACTUAL NETO PARA MATERIAL RECICLADO

Debido al efecto del riesgo que conlleva utilizar materia prima reciclada se ha considerado una tasa del 13% mínima de rentabilidad, es decir un 3% mas que la tasa de rentabilidad para el material virgen.

TASA DE RENTABILIDAD MINIMA 13%

$$\text{VAN} = -I + \frac{-FF1}{(1+i)^1} + \frac{-FF2}{(1+i)^2} + \frac{FF3}{(1+i)^3} + \frac{FF4}{(1+i)^4} + \frac{FF5}{(1+i)^5}$$

$$\text{VAN} = 0 + \frac{(-\$13.201,20)}{(1+i)^1} + \frac{(-\$13.201,20)}{(1+i)^2} + \frac{(-\$13.201,20)}{(1+i)^3} + \frac{(-\$13.201,20)}{(1+i)^4} + \frac{(-\$12.201,20)}{(1+i)^5}$$

$$\text{VAN} = -\$45.888,91$$

Se acepta ya que es la menos negativa, es decir que las ganancias serán mayores a las obtenidas con materia prima virgen que es la van mas negativa. Por lo tanto se comprueba la viabilidad económica de la utilización del plástico reciclado en la fabricación de productos.

4.8 PRODUCCION MÁS LIMPIA.

La base de nuestro tema es estudiar la utilización del plástico reciclado secundario, el cual proviene de los productos que se fabrican, que llegaron al final de su ciclo de vida y deben ser reciclados, no obstante consideramos necesario hablar del tema de producción mas limpia cuyo objetivo principal es reducir el reciclado primario, es decir, los desperdicios generados de los procesos de fabricación.

La Producción Limpia enfrenta el tema de la contaminación industrial de manera preventiva, concentrando la atención en los procesos productivos, productos y servicios, y la eficiencia en el uso de las materias primas e insumos, para identificar mejoras que se orienten a conseguir niveles de eficiencia que permitan reducir o eliminar los residuos, antes que estos se generen. La experiencia internacional comparada ha demostrado que, a largo plazo, la Producción Limpia es más efectiva desde el punto de vista económico, y más coherente desde el punto de vista ambiental, con relación a los métodos tradicionales de tratamiento “al final del proceso”. Las técnicas de Producción Limpia pueden aplicarse a cualquier proceso de producción, y contempla desde simples cambios en los procedimientos operacionales de fácil e inmediata ejecución, hasta cambios mayores, que impliquen la sustitución de materias primas, insumos o líneas de producción más limpias y eficientes.

4.8.1 BENEFICIOS DE LA PRODUCCION MÁS LIMPIA.

◆ Beneficios Financieros

- Reducción de costos, por optimización del uso de las materias primas.
- Ahorro, por mejor uso de los recursos (agua, energía, etc.)
- Menores niveles de inversión asociados a tratamiento y/o disposición final de desechos
- Aumento de las ganancias

◆ Beneficios Operacionales

- Aumenta la eficiencia de los procesos
- Mejora las condiciones de seguridad y salud ocupacional
- Mejora las relaciones con la comunidad y la autoridad
- Reduce la generación de los desechos
- Efecto positivo en la motivación del personal

◆ **Beneficios Comerciales**

- Permite comercializar mejor los productos posicionados y diversificar nuevas líneas de productos
- Mejora la imagen corporativa de la empresa
- Logra el acceso a nuevos mercados
- Aumento de ventas y margen de ganancias

4.8.2 PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO A TRAVÉS DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.

En la industria del plástico existen opciones sustanciales para la prevención de la contaminación incluyendo opciones para:

- derrames químicos
- Producción de residuos industriales líquidos, incluyendo aquellos con solventes
- Pérdida de materias primas, especialmente de pelets plásticos
- Disposición de residuos sólidos.

Algunas opciones de prevención de la contaminación para fugas y derrames de aditivos químicos durante los procesos de transformado o acabado son tan sencillas como mantener tapados los contenedores de productos químicos y entrenar a los operarios en el manejo y disposición de éstos.

Estas opciones se jerarquizan con el objetivo de utilizar eficientemente los recursos, tanto humanos como materiales y financieros, de la empresa. La jerarquía de estas opciones se define en términos de facilidad y costo de la implementación de la opción.

1. Prevención: reducción en la fuente: La primera alternativa involucra cambios en los procesos, que no implican costo o de costos reducidos, tales como el mejoramiento de las prácticas de operación, la substitución de materias primas e insumos contaminantes y la adopción de "tecnologías limpias".

2. Reciclaje y reuso: La segunda alternativa corresponde a la recuperación, reuso y reciclaje de materiales tanto dentro del proceso mismo como fuera de él.

3. Tratamiento y disposición final: Estas dos últimas alternativas corresponden a las tecnologías que se desarrollan al final del proceso (end of pipe), que involucran el tratamiento previo de los y la disposición/ destrucción final de los mismos.

4.8.3 REDUCCION EN LA FUENTE

Mejoramiento en la gestión y prácticas de operación

La implementación de buenas prácticas de gestión de operaciones al interior de la empresa se basa en la puesta en práctica de una serie de procedimientos o políticas organizacionales y administrativas destinadas a:

- Optimización de los procesos productivos,
- Disminución de los costos de operación, y
- Disminución del impacto ambiental de las actividades de la empresa.

Estas prácticas incluyen mejoras en manutención general, inventarios, control, gestión de materiales y acciones de prevención de fugas y derrames, y acciones de manutención de equipos.

Como ejemplos de buenas prácticas de operación generales se pueden citar los siguientes:

Optimización del almacenamiento

- Mantenga las áreas de trabajo, almacenes y bodegas limpias y bien organizadas, y todos los contenedores bien etiquetados.
- Mantenga los contenedores tapados para evitar evaporación, derrames y deshidratado o secado de los contenidos.
- Mantenga los flujos de residuos separados para reutilizar, reciclar y tratar, especialmente materias orgánicas (alimentos), papel, madera, metales y vidrio.
- Mantenga los materiales no peligrosos separados para evitar su contaminación.

Optimización de manejo de insumos

- Mantenga un stock mínimo de materiales, sobretodo si éste es perecible, para evitar pérdidas innecesarias.
- Asigne un responsable para la distribución y el registro de las materias primas.
- Mantenga registros precisos del uso de materias primas para poder medir las reducciones de su uso.
- Use las materias primas en la cantidad exacta para cada trabajo.
- Mantenga registros de entrada y salida, tanto documentalmente como marcando los envases, y utilice las materias primas que han entrado antes (FIFO: First in, first out).

- Almacene los materiales en las condiciones adecuadas (temperatura, humedad, iluminación).
- Minimice la pérdida de producto. Prevenga la pérdida de producto (y su conversión en residuo) evitando que caiga al suelo. Provea las áreas de producción problemáticas con bordes o con bandejas de recogida.

Optimización de los programas de producción

- Planifique la producción para reducir los tiempos muertos, maximizar el número de productos similares, maximizar la dedicación del equipo de proceso o con planificaciones secuenciales de procesos compatibles.
- Adapte en lo posible la producción a la demanda para evitar la acumulación de productos.
- Evite emergencias y accidentes, mediante la organización espacial y temporal de las diferentes actividades.

Optimización del control de calidad

- En el momento de recibir materias primas de los proveedores, inspeccione la calidad de los mismos, para verificar si se cumplen las especificaciones requeridas. Si no, devuelva inmediatamente al proveedor.
- Solicite a los proveedores que certifiquen la calidad de sus productos y devuelva los materiales si éstos no cumplen los requerimientos deseados.
- Controle mediante registros, por ejemplo de los rechazos, la calidad de la materia prima utilizada y el costo de su procesado, reprocesado o disposición, y compare con materia prima de mejor calidad.

Optimización del mantenimiento

- Elabore un plan de mantenimiento preventivo y registros de las operaciones llevadas a cabo para prevenir futuros desperfectos y pérdidas.
- Inspeccione periódicamente contenedores, depósitos, maquinaria y equipo buscando posibles fugas.

Capacitación del personal

Referida específicamente a:

- Manejo de materiales
- Uso óptimo de equipos

- Seguridad industrial
- Salud ocupacional
- Mantenimiento de condiciones de producción sanitaria y ambientalmente seguras
- Opciones de segregación y minimización de residuos. Es vital que el personal sepa por qué se les exige una forma de trabajo determinada y qué se espera de ellos.

Uso de incentivos al personal

Los empleados se comprometen más con la aplicación de medidas de prevención si saben que obtendrán algún beneficio, no necesariamente monetarios (minimización de riesgos a la salud, mejora de la eficiencia en su trabajo, incentivos no monetarios, reconocimiento individual y colectivo).

Desarrollo de manuales de operación y procedimientos

Cuyo objetivo es el de clarificar y/o modificar operaciones de proceso para hacerlas más eficientes, controlar pérdidas y definir responsabilidades individuales para cada puesto de trabajo. En general éste punto es la principal falencia dentro de las industrias.

Se incluyen aquí listas de chequeo, registros, imágenes de llamado de atención para los operarios y el manual de operaciones para el personal profesional.

La experiencia de los trabajadores es muy importante. Normalmente los trabajadores antiguos comprenden el proceso muy bien y pueden colaborar en el diseño de los procedimientos de operación.

De especial importancia es la minimización de los residuos generados durante la limpieza, de su carga contaminante y del volumen de residuos industriales sólidos y líquidos generados.

Consumo de agua en producción y limpieza

- Monitoree con medidores el uso del agua.
- Minimice los tiempos de lavado.
- Reemplace los sistemas de lavado con flujo continuo por lavados en batch y/o a contracorriente.
- Use sistemas de lavado a bajo volumen y alta presión, con sistemas de control y corte de flujo (tales como pistolas o válvulas).
- Incorpore sistemas de ahorro de agua en las líneas de proceso.

- Evite dejar las mangueras con el agua corriendo y elimine goteos.
- De preferencia use mangueras de pequeño diámetro.
- Recircule el agua.
- Evite usar la corriente de aguas residuales como sistema de transporte de sólidos. Segregue los residuos sólidos de las corrientes líquidas, mediante recogida separativa y rejillas en los desagües. Esto minimiza la carga contaminante de los riles.
- Segregación de corrientes de aguas de lluvia, de corrientes con mayor carga de sólidos y de corrientes de aguas de limpieza. Esta opción permite la minimización de volumen de riles a tratar.
- Establezca una rutina para la separación de materias primas y aceites de lubricación de la aguas de enfriamiento y calentamiento.

Beneficios:

Disminución del consumo de agua y del volumen de riles generado (de hasta 95%).

Disminución de las cargas contaminantes de riles

Transporte de materias primas dentro de la planta

- Mantenga los sistemas de transporte de sólidos, por ejemplo cintas transportadoras, en buen estado.
- Optimice las velocidades y características físicas de los sistemas de transporte para evitar la pérdida de materia prima (por ejemplo de cintas transportadoras).
- Utilice sistemas de transporte dentro de líquidos dentro de la planta más seguros: en recipientes cerrados y mediante carretillas o por tuberías.
- Mantenga en buenas condiciones los sistemas de transporte de líquidos e insumos, tanto tuberías como el aislamiento de las que transportan vapor o líquidos fríos o calientes.

**CAPITULO V:
EVALUACION AMBIENTAL
Y NORMAS**

5.1 EVALUACION AMBIENTAL.

5.1.1 ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

La evaluación del impacto ambiental es un proceso que verifica el cumplimiento de las políticas ambientales, la cual evalúa los impactos positivos y negativos que los proyectos generados sobre el medio ambiente y propone las medidas para ajustarlos a niveles de aceptabilidad.

Es el proceso técnico e interdisciplinario que se realiza sobre el medio físico, biológico, y socioeconómico de una actividad o proyecto de desarrollo propuesto, con el fin de conservar, proteger, recuperar y/o mejorar los recursos naturales, culturales y el medio ambiente en general, así como la salud y calidad de vida de la población.

5.1.1.1 COMPONENTES BÁSICOS PARA UN SISTEMA DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

Los sistemas de EIA, deben cumplir con ciertas características básicas para el funcionamiento eficiente del sistema y para el alcance de las metas de protección ambiental. El sistema de evaluación de impacto ambiental descrito a continuación se ha tomado del curso de gestión y evaluación de impacto ambiental de proyectos de inversión, elaborado por el Banco Interamericano de Desarrollo BID.

- ◆ Establecimiento de una política nacional ambiental sustantiva que fije las prioridades sobre protección ambiental.
- ◆ Creación de reglamentos y requisitos que implemente la ley en forma sistemática, rigurosa y práctica.
- ◆ Establecimiento de un proceso administrativo para la preparación, coordinación, orientación y clasificación de los estudios de impacto ambiental.
- ◆ Identificación y aclaración de roles y responsabilidades organizativas en la legislación vigente.
- ◆ Coordinación de actividades de preparación y revisión de informes y del proceso de decisión entre agentes gubernamentales, agentes privados y consultores y público en general.
- ◆ Evaluación continua del éxito del programa y de los responsables.
- ◆ Estimulación de la participación ciudadana en todas las etapas.

◆ **NIVEL OPERATIVO DE UN SISTEMA.**

ETAPA 1: IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN AMBIENTAL.

En esta etapa se define la necesidad de una evaluación de impacto ambiental y el tipo de categoría ambiental requerida, se usa una evaluación preliminar basada en la siguiente información:

- ◆ Descripción del Proyecto: en sus aspectos relevantes y pertinentes al estudio incluyendo la legislación ambiental aplicable.
- ◆ Descripción del Área de Influencias con la definición del área involucrada y la descripción, en forma general del medio ambiente relacionado con el proyecto.
- ◆ Medidas de mitigación: posibles a utilizar para darles sostenimiento al proyecto.

Esta etapa permite obtener los siguientes antecedentes:

- ◆ La identificación de la categoría ambiental necesaria para el proyecto, justificándola con observaciones claras breves y concisas.
- ◆ El nivel y cobertura de los estudios obtenidos si corresponde enfocado a los impactos reales.
- ◆ La necesidad de incorporarse a procesos formales.

ETAPA 2: PREPARACIÓN Y ANÁLISIS.

Esta etapa corresponde a la aplicación concreta del alcance del estudio definido por un proyecto determinado. Aquí se revisan los impactos significativos previamente identificados en la evaluación preliminar, especialmente aquellos de carácter negativo, y se establecen sus respectivas medidas de mitigación y compensación su importancia radica en el análisis detallados de los impactos ambientales, aspectos fundamentales para la posterior revisión u definición de requisitos de mitigación, seguimiento y control.

ETAPA 3: CLASIFICACION Y DECISIÓN.

Esta etapa corresponde a la revisión formal por parte de la autoridad del estudio del impacto ambiental, se busca verificar la adecuación y pertinencia de las medidas propuestas para el manejo de los impactos negativos, significativos derivados de las acciones específicas, la revisión se enfoca en revisar la calidad del documento para saber si efectivamente cumple:

con los aspectos formales y administrativos, los requisitos técnicos de calidad mínimos y la sostenibilidad ambiental del proyecto.

La importancia de esta etapa radica en el carácter decisorio ya que se determina la aprobación, rechazo o solicitud de modificaciones a los estudios. Se determina en gran medida la efectividad del proceso EIA y la conveniencia de la adopción de las medidas de mitigación y seguimiento contempladas en los estudios respectivos.

ETAPA 4: SEGUIMIENTO Y CONTROL.

Esta etapa corresponde a la verificación de la ejecución del plan de manejo ambiental en la fase del manejo posterior a cada proyecto, se establece si efectivamente las acciones se encuentran acorde con los criterios de protección ambiental que rigen el proceso de EIA con el área de influencia reconocida y con la normativa ambiental vigente.

La importancia de esta etapa radica fundamentalmente en el aseguramiento de que tanto la acción y todas las actividades asociadas a ellas, así como las medidas de mitigación comprendidas y los mecanismos de seguimiento y controles establecidos den cuenta satisfactoriamente de la protección del medio ambiente, en esta etapa se verifica la eficacia del análisis ambiental y se regula el cumplimiento de los compromisos adquiridos por el responsable de la acción.

Entre las acciones de seguimiento que se utilizan se encuentran:

- ◆ Monitoreo de calidad de agua, aire, suelo y generación de residuos.
- ◆ Muestras de flora y fauna usados en Bioindicadores.
- ◆ Informe sobre protección ambiental del proyecto y evaluación del plan de cumplimiento de las medidas de protección.
- ◆ Informe sobre evolución de aspectos socio culturales.
- ◆ Estudios ambientales complementarios según se ameritan.

5.1.2 DIAGNOSTICO AMBIENTAL.

Es un estudio técnico que permite determinar los impactos y daños que causan a la salud de la población y del medio ambiente, las actividades, obras y proyectos que se encontraban funcionando a la entrada de vigencia a la ley del medio ambiente (12 de mayo de 1988).

El diagnostico ambiental se realiza:

- ◆ Para identificar y cuantificar los impactos ambientales que una determinada actividad esta ocasionando en el medio ambiente y la población;
- ◆ Para que el interesado o titular defina y establezca las medidas necesarias para corregir y controlar los efectos nocivos y peligrosos que ocasionan las actividades que realizan;
- ◆ Para que en el país se establezca un control de la situación ambiental, para corregir en forma gradual, los daños ambientales que se estuvieran generando y definir políticas ambientales adecuadas y eficaces.

CONTENIDO DE UN DIAGNOSTICO AMBIENTAL.

Un diagnostico ambiental contiene por lo menos los siguientes elementos:

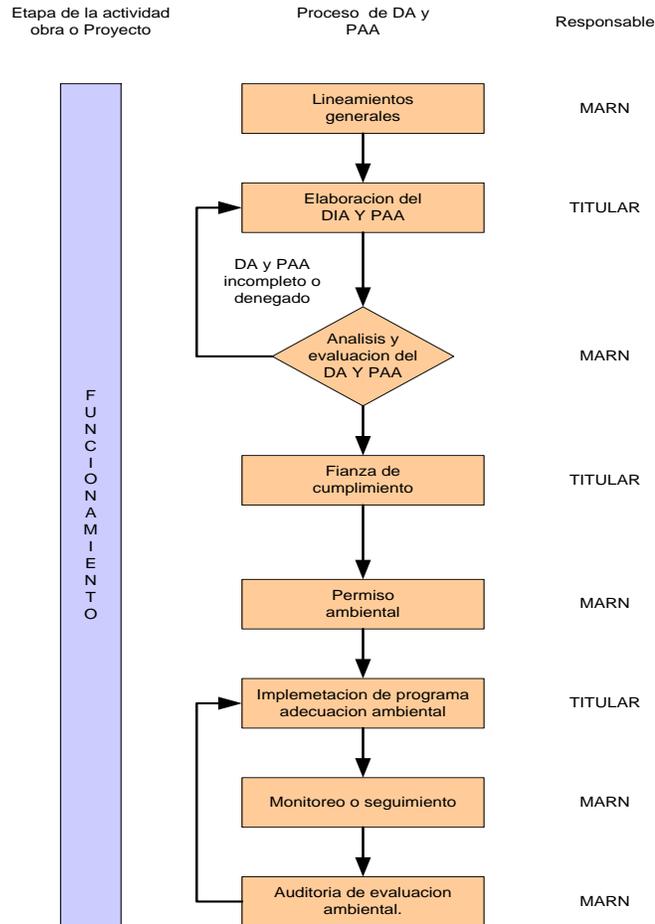
- ◆ Descripción de los aspectos físicos, químicos, biológicos y socioeconómicos del área de influencia de la actividad que se realiza.
- ◆ Identificación, priorización y cuantificación de los daños ambientales ocasionados por la actividad que se realiza.
- ◆ Presupuesto de las medidas y prevención de la inversión, corrección y control que el interesado se propone realizar.
- ◆ Un programa de adecuación ambiental (PAA) el cual describe las medidas que el titular o interesado se propone realizar para reducir los niveles de contaminación, para atenuar o compensar, según sea el caso, los impactos negativos al medio ambiente.

PASOS PARA DETERMINAR UN DIAGNOSTICO AMBIENTAL.

Para ser efectivo este instrumento de control, se ha establecido un procedimiento técnicos administrativo que debe cumplir el interesado para obtener el permiso ambiental correspondiente. Los pasos son los siguientes.

- ◆ El interesado solamente retira del ministerio lineamientos y disposiciones para su elaboración.
- ◆ El interesado presenta el diagnostico ambiental y su correspondiente programa de adecuación ambiental, según instructivo para tal efecto. Las actividades que usan procesos o sustancias peligrosos o generan desechos peligrosos, deberán presentarse su diagnostico ambiental según la ley del medio ambiente.
- ◆ El ministerio evalúa el diagnostico ambiental y el programa de adecuación ambiental.
- ◆ El ministerio admite una resolución del diagnostico ambiental y del programa de adecuación ambiental, determina la fianza de cumplimiento ambiental.
- ◆ El interesado rinde la fianza de cumplimiento ambiental.
- ◆ El ministerio, a través de asesoría jurídica emite el permiso ambiental de funcionamiento. La vigencia del permiso ambiental estará sujeta al cumplimiento del programa de adecuación ambiental y de los resultados que se obtengan de las auditorias de evaluación ambiental.

FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE DIAGNOSTICO AMBIENTAL.



5.2 NORMATIVA ISO 14000

Las Normas Internacionales sobre gestión medioambiental tienen como finalidad proporcionar a las organizaciones los elementos de un sistema de gestión medioambiental efectivo, que puede ser integrado con otros requisitos de gestión, para ayudar a las organizaciones a conseguir objetivos medioambientales y económicos. Estas normas como otras normas internacionales, no tienen como fin ser usadas para crear barreras comerciales o arancelarias, o para incrementar o cambiar las obligaciones legales de una organización.

5.2.1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Internacional especifica los requisitos para que un sistema de gestión medioambiental, capacite a una organización para formular una política y unos objetivos, teniendo en cuenta los requisitos legales y la información acerca de los impactos medioambientales significativos. Se aplica a aquellos aspectos medioambientales que la organización puede controlar y sobre los que puede esperarse que tenga influencia. No establece, por sí misma, criterios de actuación medioambiental específicos.

Esta Norma Internacional se aplica a cualquier organización que desee:

- Implantar, mantener al día y mejorar un sistema de gestión medioambiental.
- Asegurarse de su conformidad con su política medioambiental declarada.
- Demostrar a terceros tal conformidad.
- Procurar la certificación/registro de su sistema de gestión medioambiental por una organización externa.
- Llevar a cabo una autoevaluación y una autodeclaración de conformidad con esta Norma Internacional.

Todos los requisitos de esta Norma Internacional tienen como fin su incorporación a cualquier sistema de gestión medioambiental. La amplitud de su aplicación dependerá de factores tales como la política medioambiental de la organización, la naturaleza de sus actividades y las condiciones en las que opera.

5.2.2 RAZONES DE APLICACIÓN

◆ Razones ambientales:

Minimizar los impactos ambientales y reducir con ello la contaminación puede constituir en sí mismo un fin que impulse la puesta en marcha de una serie de acciones que bien encajadas en un Plan de Gestión Medioambiental proporcionarán ventajas competitivas a la empresa, evitarán riesgos y daños y satisfacerán las conductas éticas establecidas por los responsables de las empresas cuando esos comportamientos tengan la valoración que merecen y que tan lejos se nos antojan en estos momentos.

◆ Razones sociales:

En ocasiones el motivador de la actuación empresarial puede ser mejorar su imagen en el entorno, comunidad o sector industrial y si se realiza con legítimas actuaciones de base y

respaldo real puede ser un buen factor diferenciador que proporcione algunas considerables ventajas competitivas.

◆ **Razones económicas:**

Muchas empresas han encontrado significativas ventajas competitivas, cuando se han adaptado y podido demostrar su adecuado comportamiento medioambiental tanto para mantener como para ganar nuevos mercados, por ejemplo, exportaciones a países cumpliendo su normativa medioambiental particular y también porque han obtenido ayudas o inversiones financieras de empresas o instituciones que condicionan su actuación al cumplimiento de la normativa medioambiental.

Destaca la aceptación social que adquiere la empresa cuando trabaja consecuentemente con el medio ambiente, produciéndose así la posibilidad de desarrollar un marketing ambiental, que según el nivel de conciencia medioambiental del cliente es un factor que actúa sin lugar a dudas positivamente en las ventas del producto.

5.2.3 ¿QUE ES LA ISO 14000?

Antecedentes de ISO 14000

ISO 14000 es una serie emergente de normas ambientales genéricas que están siendo desarrolladas por la organización ISO. La meta de estas normas es dar a la alta dirección de cualquier organización un esquema para manejar sus impactos ambientales. Las normas presentan una amplia variedad de disciplinas ambientales, incluyendo estos seis componentes importantes:

- Sistemas de gestión ambiental (SGA)
- Auditoría ambiental
- Evaluación de resultados ambientales
- Etiquetado/Clasificación ambiental
- Evaluación del ciclo de vida (ECV)
- Aspectos ambientales en normas de producto

Como se mencionó en el prefacio, grupos públicos de defensa están urgiendo a las compañías a que sean ambientalmente responsables – particularmente en los EE.UU., Japón y Europa.

Esta creciente presión y la amenaza de una participación gubernamental más exigente ha convencido a muchos negocios de que la gestión ambiental es importante – especialmente en países donde la legislación gubernamental es mínima o no existente. Por esta razón, la directriz básica de la norma ISO 14000 para la responsabilidad ambiental es bienvenida igualmente por la mayoría de activistas y negocios.

La responsabilidad para el desarrollo de las normas ISO 14000 fue entregada por la Organización Internacional de Estandarización (ISO) al Comité Técnico (CT) 207, que se compone de varios subcomités y sus grupos de trabajo individuales.

ISO 14001 es la norma de especificación dentro de la serie ISO 14000. Esta es la norma que mide la conformidad del SGA de una organización a los requisitos especificados y es la única norma dentro de la serie ISO 14000 a la que una compañía busca certificación. ISO 14001 incluye el "deberá" de los requisitos elementales.

Todas las otras normas de la serie se consideran como documentos guía que ayudan a la organización en el desarrollo de su sistema de gestión ambiental. Estas contienen los "debería" o recomendaciones que las compañías debieran usar para clarificar los requisitos de ISO 14001, buscar definiciones y encontrar consejos sobre técnicas de implementación.

Las normas actuales pueden dividirse en dos clasificaciones: **Evaluación de la organización y Evaluación del producto**

- ◆ **Evaluación de la organización:** Estas incluyen provisiones para que las compañías desarrollen sistemas de gestión ambiental (SGA), auditorías ambientales y evaluaciones de resultados ambientales (ERA).
- ◆ **Evaluación del producto:** Estas incluyen directrices para la evaluación del ciclo de vida (ECV), etiquetado ambiental y aspectos ambientales en las normas de producto (AANP).

5.2.4 CONCEPTOS RELACIONADOS CON ISO 14000

- **Sistemas de gestión ambiental (SGA)**

El sistema de gestión ambiental (SGA) es el nombre del programa ambiental completo planificado por una compañía. Es también la piedra angular del plan de certificación de cualquier compañía para ISO 14001. El sistema puede documentarse en un manual del medio ambiente, o mantenerse en secciones del manual de calidad o de operaciones de la compañía. En cualquier caso, el SGA debiera describirse en detalle, exponiendo claramente las metas ambientales de la compañía.

- **Auditoría ambiental**

La serie ISO 14000, al igual que las normas de calidad internacionales ISO 9000, dependen de forma importante en la auditoría para asegurar que se cumplen los requisitos de la norma. Las auditorías son ordenadas por la norma ISO 14000. La norma establece que, las auditorías pueden realizarse por el personal de la organización o por personas externas. Ambos métodos de auditoría (interna o externa) se usan para asegurar que existe conformidad con la norma y pueden ser de gran beneficio para la instalación.

Directrices para estas auditorías y directrices de calificación de los mismos auditores se encuentran en ISO 14010, 14011 y 14012. Una discusión completa de estos documentos de apoyo puede encontrarse en la Sección 7, "Cumplimiento de los requisitos de auditoría ambiental," más adelante en este folleto.

- **Evaluación de resultados ambientales (ERA)**

Las normas de resultados ambientales se detallan en ISO 14031, un documento de apoyo de ISO 14001 en la serie ISO 14000. ISO 14031 define la evaluación de resultados ambientales por sistemas de gestión y proporciona información general acerca del proceso. La ERA debiera llevarse a cabo por empleados de primera línea que controlan continuamente el proceso de producción para asegurar que se cumplen las normas ambientales. Es posible que la organización ISO pueda producir también documentos de apoyo adicionales para proporcionar directrices adicionales para la ERA en lo que se refiere al SGA.

- **Etiquetado/Clasificación ambiental**

Muchas compañías están utilizando actualmente reivindicaciones ambientales como una herramienta de mercadeo para sus productos. Algunas están ya esperando con anticipación que la certificación a ISO 14000 proporciona una oportunidad de etiquetado similar. Las directrices para el desarrollo de reivindicaciones ambientales se encuentran en los documentos en borrador ISO 14020, ISO 14021, ISO 14022, ISO 14023, ISO 14024 e ISO 1402x. Estos documentos de apoyo buscan evitar reivindicaciones injustificadas, para asegurar que las reivindicaciones son exactas y verificables, para reducir barreras de comercio y para establecer normas para tipos de etiquetas. Este último objetivo, esbozado en ISO 14024, divide las reivindicaciones de las etiquetas en tres categorías:

- **Tipo 1:** Etiquetas certificadas de terceras partes;
- **Tipo 2:** Reivindicaciones de la compañía que son de naturaleza informativa, y,
- **Tipo 3:** Reivindicaciones cuantificadas basadas en validación objetiva.

Se espera que la norma ISO 14024, en particular, racionalice los varios procedimientos de etiquetado de productos actualmente en uso en diferentes y numerosos países.

- **Evaluación del ciclo de vida (ECV)**

Varios subcomités de ISO están redactando el borrador de varios documentos de apoyo para proporcionar guía acerca de las evaluaciones del ciclo de vida. Estos documentos en borrador, actualmente en varias etapas de desarrollo, detallan procedimientos para examinar las materias primas, el proceso de producción y los impactos ambientales resultantes asociados a los productos y servicios de una compañía.

Actualmente, la organización ISO planea cuatro documentos en esta serie, incluyendo ISO 14040, 14041, 14042 y 14043. Los documentos en borrador proporcionan actualmente información acerca de tópicos relacionados con la ECV, incluyendo:

- Análisis de inventario;
- Revisión crítica;
- Evaluación de impacto;
- Interpretación

- **Aspectos ambientales en las normas de producto (AANP)**

Las directrices para aspectos ambientales en las normas de producto están contenidas en la guía 64 (anteriormente llamada ISO 14060). Este documento está dirigido a organizaciones que establecen normas para reducir los efectos ambientales, al mismo tiempo que aseguran que los productos funcionan según las normas de calidad.

Actualmente, la norma reconoce los efectos potenciales de productos en el medio ambiente, intenta minimizar el desarrollo de normas futuras de producto o de comercio que puedan afectar de forma negativa al medio ambiente; y sugiere que se considere la evaluación del ciclo de vida cuando se desarrollan las normas.

5.2.5 NORMAS DE LA SERIE ISO 14000

NORMAS DE EVALUACIÓN PARA ORGANIZACIONES

ISO 14004: *Sistemas de gestión ambiental – Directrices generales sobre principios sistemas y técnicas de apoyo.*

ISO 14001: *Sistema de gestión ambiental – Especificaciones con guía para el uso.*

ISO 14010: *Directrices para la auditoría ambiental – Principios generales.*

ISO 14011: *Directrices para la auditoría ambiental – Procedimientos de auditoría: Auditoría del SGA.*

ISO 14012: *Directrices para la auditoría ambiental – Criterio de calificación para auditores de ambientales.*

ISO 14015: *Evaluaciones ambientales en planta.*

ISO 14031: *Evaluación de los resultados ambientales.*

NORMAS DE EVALUACION PARA EL PRODUCTO

ISO 14020: *Meta y principios de todo el etiquetado/clasificación ambiental.*

ISO 14021: *Etiquetas ambientales y autodeclaración de las reivindicaciones ambientales – Términos y definiciones.*

ISO 14022: *Etiquetas ambientales y declaraciones – autodeclaración de las reivindicaciones ambientales – Símbolos.*

ISO 14023: *Etiquetas ambientales y declaraciones autodeclaración de las reivindicaciones ambientales – Ensayo y verificación.*

ISO 1402x: *Etiquetado tipo II.*

ISO 14024: *Declaraciones – Etiquetado ambiental tipo I – Principios guía y procedimientos.*

ISO 14040: *Gestión ambiental – Evaluación del ciclo de vida (E.C.V.) – Principios y esquema.*

ISO 14041: *Gestión ambiental – E.C.V. – Análisis del inventario del ciclo de vida.*

ISO 14042: *Gestión ambiental – E.C.V. – Evaluación del impacto de ciclo de vida.*

ISO 14043: *Gestión ambiental – E.C.V. – Interpretación.*

Guía 64: *Guía para la inclusión de aspectos ambientales en normas del producto.*

ISO 14050: *Términos y definiciones – Guía sobre los principios para la terminología de trabajo ISO/TC 207/SC6.*

5.2.6 BENEFICIOS DE ISO 14000

La certificación a la nueva norma de sistema de gestión ambiental significará innumerables ventajas y beneficios ilimitados para organizaciones dentro de los sectores público y privado. Existen muchas razones por las que una compañía pudiera estar interesada en buscar la certificación a ISO 14001. Estas incluyen entre otras:

- Cumplimiento de requisitos legales,
- Cumplimiento de requisitos de contrato,
- Logro de mejora interna,
- Reducción de evaluaciones múltiples,
- Preocupaciones reguladoras y legales, y
- Beneficios en el mercado.

En algunos sectores de producto, la certificación a ISO 14001 será un requisito legal para entrar en el mercado. Esto puede ser especialmente cierto en los países de la Unión Europea (UE) y Japón. La certificación puede también ayudar a firmas a satisfacer las regulaciones nacionales.

La certificación a ISO 14001 realza la imagen pública de una compañía mientras ofrece salvaguardas contra demandas judiciales. Las compañías puede que tengan que hacer frente a elevadas multas y la pérdida de tiempo debida a juicios por no adherirse a las regulaciones ambientales. Conformidad a la norma ISO 14001 puede reducir significativamente la exposición a las responsabilidades. Más aún, la certificación a la norma puede mejorar grandemente la posición competitiva de una compañía – especialmente cuando se trata de comercio internacional.

En el sector de negocios, la certificación se puede convertir en un requisito contractual de un cliente. A medida que ISO 14000 evoluciona, más y más clientes (o compradores de sus

productos y servicios) puede que requieran la certificación a la norma ISO 14001 como condición al establecimiento de un pedido de compra contractual.

Para los consumidores, la certificación de una compañía a ISO 14001 proporciona la seguridad de que la compañía está comprometida a actividades ambientales proactivas. Las compañías que mantienen conformidad a la norma pueden objetivamente demostrar su compromiso a proteger el medio ambiente. Incluso si la certificación a la norma no es un requisito requerido por el cliente, los negocios puede que opten en perseguir la certificación por sus obvios beneficios: Prestigio, una asumida percepción de responsabilidad ambiental y una respuesta pública positiva hacia la certificación.

La mayoría de las compañías se dan cuenta de que la automejora es imperativa para la prosperidad de los negocios y el crecimiento. La mejora interna es otra razón para certificarse a ISO 14001. Cuando la gestión ambiental es una alta prioridad del equipo directivo de una compañía, este mensaje positivo es reforzado a través del ámbito laboral. Las compañías que ya han implementado la norma BS 7750 u otro modelo de sistema de gestión ambiental ven a menudo mejoras en:

- Productividad;
- Disminución de papeleo;
- Reducción de basuras;
- Conflictos reguladores previos.

5.2.7 REQUISITOS DEL SISTEMA ISO 14000

Los negocios que buscan la certificación ISO 14001 necesitarán seguir los requisitos específicos de la norma. Las secciones 1,2 y 3 de la norma contienen el alcance de los requisitos, referencias y definiciones. Los requisitos actuales están contenidos en la *Sección 4* de la norma. Las secciones son las siguientes:

1. SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL (SGA)

◆ Generalidades

Esta sección de apertura expone que se requiere que las organizaciones establezcan y mantengan un SGA.

◆ **Política ambiental**

Esta sección expone que una política de gestión ambiental debe ser definida y apoyada por la dirección. Esta política debe ser apropiada a la naturaleza del negocio y debe incluir un compromiso a la mejora continua, además del cumplimiento de las legislaciones/regulaciones ambientales. La política ambiental sirve como marco para establecer y revisar los objetivos y metas ambientales, y debe estar disponible al público.

◆ **Planificación**

Esta sección de la norma trata las normas de planificación para el SGA, incluyendo:

- **Aspectos ambientales:** Debe establecerse y mantenerse un procedimiento por la organización que identifique los aspectos ambientales de las actividades, productos y servicios que pueden *a)* ser controlados y *b)* que pueden causar un impacto importante en el medio ambiente (esta información debe mantenerse actualizada). Al crear los objetivos ambientales, deben considerarse estos impactos.
- **Requisitos legales y varios:** Debe establecerse un procedimiento identificando los requisitos ambientales (Ej. legales, reguladores) que la organización debe tolerar.
- **Objetivos y metas:** Deben definirse objetivos y metas ambientales documentados para cada nivel de función dentro de la organización. Estos objetivos deben ser consistentes con la política de calidad de la organización y con el compromiso de prevención de la contaminación.
- **Programas de gestión ambiental:** Debe establecerse y mantenerse un programa para alcanzar los objetivos y metas ambientales. Este plan debe designar la responsabilidad a cada nivel de función importante dentro de la organización y debe proporcionar un tiempo y recursos necesarios para alcanzar cada objetivo. El programa puede modificarse, según sea apropiado.

◆ **Implementación y operación**

Esta sección de la norma establece los requisitos para idear y mantener un SGA, incluyendo:

- **Estructura y responsabilidad:** La dirección debe asignar papeles, responsabilidades y autoridades para asegurar una sólida dirección

ambiental. Deben proporcionarse los recursos apropiados – incluyendo personal, habilidades especiales y tecnología.

Adicionalmente, debe nombrarse un representante de dirección específico para definir papeles, responsabilidades y autoridades para asegurar que: Se cumplen y mantiene los requisitos del SGA y de que los resultados del SGA son comunicados a la dirección.

- **Capacitación, Conciencia y competencia:** Deben identificarse las necesidades de capacitación y debe proporcionarse la adecuada capacitación a todo el personal que tenga actividades de trabajo que puedan potencialmente producir un impacto en el medio ambiente.
- **Comunicación:** Deben establecerse y mantenerse procedimientos para:
 - a) Comunicaciones internas entre varios departamentos/funciones.
 - b) Recibir, documentar y responder a la documentación relacionada con el SGA y aspectos ambientales de partes externas (ej. agencia Reguladora, oficina de certificación de terceras partes).
- **Documentación del sistema de gestión ambiental:** Debe establecerse y mantenerse información (sobre papel o de forma electrónica) para:
 - a) Describir los elementos centrales del SGA y su interacción, y,
 - b) Proporcionar guía hacia la documentación relacionada.
- **Control de documentos:** Deben controlarse todos los documentos. Deben establecerse y mantenerse procedimientos para asegurar que los documentos:
 - a) Pueden localizarse.
 - b) Se revisan periódicamente, se actualizan cuando es necesario, y se aplicaban por personal autorizado.
 - c) Las versiones actuales de los documentos relevantes estarán

disponibles en todas las localizaciones donde se efectúan actividades esenciales del SGA.

d) Los documentos obsoletos se remueven rápidamente.

e) Los documentos que se mantienen por razones legales o de conocimiento deben identificarse.

- **Control operativo:** Deben identificarse operaciones y actividades asociadas con impactos ambientales importantes y la política, objetivos y metas de la organización.
- **Preparación y respuesta de emergencia:** Deben establecerse y mantenerse procedimientos para identificar situaciones potenciales de emergencia. También deben establecerse y mantenerse procedimientos de cómo la organización se preparará y responderá a situaciones de emergencia. Donde sea practicable, estos procedimientos deben ensayarse periódicamente.

◆ **Comprobación y acción correctiva**

Esta sección de la norma establece requisitos para controlar el SGA y corregir cualquier desviación. Incluye:

- **Control y medida:** Deben establecerse y mantenerse procedimientos para controlar y medir (regularmente) operaciones y actividades que presenten impactos ambientales potenciales.
- **No conformidad y acciones correctivas y preventivas:** Deben establecerse y mantenerse procedimientos – definiendo la responsabilidad y autoridad para manejar e investigar una no conformidad, tomando acción para reducir el impacto de una no conformidad e iniciando acciones correctivas y preventivas.

Las acciones correctivas y preventivas deben ser apropiadas a la magnitud del problema y su asociado impacto ambiental. Cualquier cambio implementado como resultado de las acciones correctivas y preventivas debe registrarse en los procedimientos documentados.

- **Registros:** Deben establecerse y mantenerse procedimientos para la

identificación, mantenimiento y eliminación de los registros ambientales (incluyendo registros de capacitación, resultados de auditorías y revisiones).

- **Auditoría del sistema de gestión ambiental:** Debe establecerse y mantenerse un programa y procedimientos para auditorías periódicas del SGA. Estas auditorías se llevan a cabo para:
 - a) Determinar si el SGA esta o no conforme con los requisitos de la norma y cualquier requisito de la organización, y si el SGA ha sido o no debidamente implementado y mantenido.
 - b) Proporcionar Información sobre los resaltados de la auditoría. Esta información debe ser comunicada a la dirección para revisiones periódicas.

◆ **Revisión de dirección**

Esta sección de la norma requiere que la alta dirección revise el SGA para garantizar su continua eficacia. El propósito de estas revisiones es identificar oportunidades de mejora continua en la política, objetivos y metas de la organización y el mismo SGA. Las revisiones de dirección deben ser documentadas.

5.3 PROCESO DE CERTIFICACION

5.3.1 ¿POR QUÉ LA INDUSTRIA DEL PLASTICO DEBE CERTIFICARSE?

Además de razones clásicas de sustentabilidad y protección ambiental, las empresas que certifican el SGA toman ventaja en la gestión mercadotecnia y/o adquieren una posición ventajosa en los mercados. En otros casos es una imposición contractual. Más aún hace sentido como parte de la estrategia en los negocios (ya que empresas de primer nivel lo requieren).

Muy pocas empresas poseen su SGA, un esquema similar o compatible con base en la Normativa Internacional ISO 14001. Es común que el proceso de implantación hasta certificación requiera varios meses (dependiendo del nivel de avance y requerimientos impuestos). varias organizaciones han logrado certificación menor a 4 meses, aplicando

enfoque ISO Kaizen. La preparación en muchas empresas requerirá de inversión externa pero mayormente de tiempo y esfuerzo (recursos) internos.

Los recursos requeridos para implantar y mantener un sistema de SGA (con base en los requerimientos de la Normativa Internacional ISO "verde ") se evaluarán como parte de la estrategia de la empresa a largo alcance.

Desde el comienzo la implantación dependerá grandemente de la cultura de organización, el estado del sistema actual, situación de riesgos, consideración a la reglamentación aplicable a la región y la habilidad de la empresa en trabajar en equipo.

Los siguientes elementos son indispensable hacia para el éxito del proyecto de implantar un SGA:

- ◆ **ANALISIS Y DIAGNOSTICO.** Lo mas temprano posible haga una evaluación y análisis de la situación actual y definirá las fortalezas y debilidades, entre otros elementos críticos.
- ◆ **COMPROMISOS.** El proceso hasta el registro requiere del involucramiento y el compromiso de la gerencia – dirección para completar el proyecto y exitosamente continuarlo.
- ◆ **ENFOQUE.** Se establecerá y continuara un sistema de objetivos y metas que demuestren el compromiso a mejorar. Dichas mejoras estarán orientadas a no impactar el ambiente, asistir en la preservación de recursos naturales, apoyar en los principios de desarrollo sostenible.
- ◆ **PREPARACION.** Asignar y organizar los recursos necesarios para apoyar y establecer la prioridad de que se asegure el éxito en la implantación.
- ◆ **CAPACITACION.** Se requiere capacitación y adiestramiento del personal que afecta el sistema operativo y ambiental con responsabilidad por la implantación, documentación y auditorias del sistema. Dicha capacitación puede incluir: orientación ISO 14000, comprensión de la norma internacional, planificación, técnicas para solución de problemas, medición del sistema, cursos específicos de las regulaciones de la región, técnicas para reducción de contaminación, continuación de mejoras, etc.

- ◆ **DOCUMENTACION.** Fase inicial y es importante que la documentación refleje las practicas, se contemplen las pautas de los requerimientos regulatorios.
- ◆ **CORRECCION.** Se implanta un esquema efectivo en solucionar problemas y no simplemente atacar síntomas.
- ◆ **PREVENCION.** Se requiere integrar un esquema que no solo evalúe las posibles causas del problemas pero que las soluciones implantadas sean con base a la raíz del problema con miras preventivas

5.3.2 ¿CÓMO SELECCIONO AL CERTIFICADOR?

Se selecciona al "certificador" cuidadosamente porque es una relación a largo alcance. Existen Certificadores por esquemas nacionales de diversos países. Los Certificadores siguen prácticamente protocolos similares aunque no "todos" operan de igual forma. Algunos certificadores son más conocidos y tienen "memorandum de acuerdo" a nivel internacional. Se recomienda un Certificador que satisfaga la estrategia de la empresa con reconocimiento internacional, conocimiento en su industria y hable su idioma. La empresa será cuidadosa en seleccionar un certificador que no le haya provisto consultoría ya que tendría en riesgo la validez de la certificación. Igualmente seleccione un certificador que provea valor agregado, sea cordial y amigable, no hay razón para arrogancia y prepotencia.

5.3.3 ¿CUÁNTO CUESTA EL PROCESO DE CERTIFICACIÓN Y REGISTRO?

Cada empresa es única y con diferentes necesidades. Recordar que la preparación e implantación requieren el mayor tiempo y de igual forma se requiere inversión.

Los costos asociados en el proyecto de implantación son el uso de recursos únicamente internos, depender de servicios externos (consultoría) o la combinación de ambos.

Ejemplo - una empresa en servicios de transporte en Europa encontró que los beneficios de implantar un sistema de eco-gerencia excedieron los costos. Los costos asociados al tiempo dedicado por la gerencia, consultoría, capacitación, comunicativos y el proceso de integrar ISO 9000 a ISO 14001 fueron aproximadamente \$18,000.00USD. El retorno en la inversión mediante el ahorro energético, insumos, agua, materiales y reciclaje se estima a

\$23,000.00USD anuales y no incluye consideraciones favorables de clientes y relaciones públicas.

Como resultado de una implantación en busca de registro a una Normativa Internacional, muchas empresas han logrado reducción en costos operativos y en el tiempo/ciclo del producto o servicio. En un estudio se encontró que empresas de fabricación y/o manufactura han obtenido entre un 15 y 35 por ciento en reducción de costos.

5.3.4 DEFINICION DEL FORMULARIO AMBIENTAL.

Es el instrumento establecido en los artículos 21 y 22 de la Ley del Medio Ambiente y en el artículo 20 del Reglamento General del Medio Ambiente, mediante el cual el titular de una actividad, obra o proyecto (nuevo), suministra la información que el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, requiere en el Formulario Ambiental correspondiente, para iniciar el trámite administrativo, tendente a obtener el permiso ambiental correspondiente.

◆ LINEAMIENTOS PARA LLENADO DE FORMULARIO

Presentación del Formulario Ambiental

El Formulario Ambiental, deberá ser presentado por el titular o el representante legal debidamente acreditado, de toda nueva actividad, obra o proyecto o que pretenda realizar ampliación, rehabilitación o conversión del desarrollo que requiera Permiso Ambiental. El Formulario Ambiental, será presentado al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con una nota de remisión.

Contenido del Formulario Ambiental

- Información del titular, que propone la actividad, obra o proyecto;
- Identificación, ubicación y descripción de la actividad, obra o proyecto;
- Aspectos de los medios físico, biológico, socioeconómico y cultural, que podrían ser afectados por la ejecución del proyecto;
- Identificación y priorización preliminar de impactos potenciales, posibles riesgos y contingencias y estimación de las medidas ambientales correspondientes;

- Declaración jurada sobre la responsabilidad del titular en la veracidad de la información proporcionada y;
- Marco legal aplicable (nivel nacional, regional y/o local);

Responsabilidad del Contenido de la Información Proporcionada y Remisión del Formulario Ambiental

El titular de la actividad, obra o proyecto, será responsable de la veracidad de la información proporcionada en el formulario ambiental.

La información requerida en el formulario ambiental, deberá ser respondida en los diferentes aspectos de la actividad, obra o proyecto.

◆ La Reserva de La Información

El Ministerio de Medio Ambiente y de los Recursos Naturales, mantendrá en reserva la información que pudiera afectar derechos de propiedad industrial, intelectual o intereses lícitos mercantiles.

◆ La Tramitación del Formulario Ambiental

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de acuerdo a lo establecido en la normativa legal vigente y una vez efectuada la recepción del Formulario Ambiental, dará curso a la tramitación del mismo, siguiendo el procedimiento técnico administrativo que a continuación se describe:

◆ Evaluación de La Información Contendida en El Formulario Ambiental

El equipo técnico profesional designado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en cumplimiento a lo establecido al artículo 22 del Reglamento General de Medio Ambiente, procederá al análisis de la información contenida en el Formulario Ambiental correspondiente (instrumento específico) para la actividad, obra o proyecto.

La información proporcionada en el formulario ambiental, será calificada con base a la cantidad y calidad de la información, que aplica a la actividad, obra o proyecto, que el titular (propietario), propone desarrollar.

El resultado de la evaluación de la información contenida en el Formulario Ambiental, se reflejará en la planilla de análisis ambiental, la cual forma parte de los instrumentos que integran el procedimiento técnico administrativo interno de tramitación del MARN.

◆ **Inspección Al Sitio de Ubicación de La Actividad, Obra o Proyecto**

El Ministerio de Medio Ambiente y de Recursos Naturales, designará un equipo técnico profesional de acuerdo a la tipología y naturaleza del proyecto, el cual realizará la inspección al sitio de la actividad, obra o proyecto y determinará la sensibilidad del área donde se pretende implantar la actividad, obra o proyecto, el resultado de la inspección al sitio por parte del equipo profesional, se reflejará en el instrumento interno de tramitación del MARN (formulario ambiental inspección de campo).

◆ **Categorización de La Actividad, Obra o Proyecto**

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, conforme al resultado del análisis de información del formulario ambiental y determinación de la sensibilidad del medio ambiente, que a continuación se detalla:

Análisis de La Información Contenida en El Formulario Ambiental

El análisis de la información contenida en el Formulario Ambiental, proporcionará los elementos para determinar la envergadura de la actividad, obra o proyecto.

Sensibilidad del Área de Posible Implantación de La Actividad, Obra o Proyecto y Naturaleza del Impacto Potencial

La sensibilidad del área de ubicación de la actividad, obra o proyecto, se determinará como resultado de la inspección al sitio y se utilizarán indicadores ambientales

predefinidos, proporcionándose así, los elementos para determinar la naturaleza del impacto potencial.

Criterios para Establecer La Envergadura de La Actividad, Obra o Proyecto y La Calificación de La Sensibilidad del Medio Ambiente

- **Envergadura de La Actividad, Obra o Proyecto**

La envergadura se refiere al tamaño (magnitud), de la instalación, el criterio al ser integrado con la tipología de la actividad, obra o proyecto, permite definir la categorías para exigir la presentación o no, de un Estudio de Impacto Ambiental.

Para establecer la envergadura de la actividad, obra o proyecto, y la sensibilidad del medio, el Ministerio se basará en los criterios siguientes:

- Tipología de la actividad, obra o proyecto y localización;
- Superficie total y ocupada por el proyecto;
- Longitud del proyecto o, densidad de población;
- Cantidad de materias primas, insumos, combustibles y recurso agua a utilizar y volumen de producción;
- Cantidad estimada y calidad de efluentes, emisiones y residuos o desechos que puedan generar la actividad, obra o proyecto;

- **Calificación de La Sensibilidad del Medio Ambiente**

La calificación sensibilidad del medio ambiente, se hará con base a los indicadores ambientales predeterminados y que contemplan los recursos: suelos, vegetación, fauna, zonas frágiles, agua, aire, calidad de vida u otro de particular importancia identificado en la inspección al sitio del proyecto. La Calificación que se asignará será la siguiente:

- Calificación No. 1: No afectable por la actividad, obra o proyecto.
- Calificación No. 2: Sensible, los recursos del medio físico, biológico y social y económico, que serán afectados de forma parcial y/o temporal, no se coloca en peligro la integridad del sitio.
- Calificación No. 3: Muy sensible, los recursos naturales del medio físico, biológico y socioeconómico son afectados de forma total y/o permanente, se incluirán los elementos del patrimonio histórico y cultural.
- En función directa de la sensibilidad del medio ambiente, se definirá la naturaleza del impacto potencial.

Categorías de La Actividad, Obra O Proyecto

La categoría de la actividad, obra o proyecto determinará el nivel del EsIA, de acuerdo a lo siguiente:

- **Categoría 1:** No requiere de la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), debido a la tipología de la actividad, obra o proyecto, la envergadura y la naturaleza de las acciones a ejecutar.
- **Categoría 2:** Requiere de la presentación de un EsIA, debido a que la tipología de la actividad, obra o proyecto, causa efectos sobre el medio ambiente bien definidos, pero que dependiendo de la envergadura de las acciones que pretenden ser realizadas, éstas deberán ser cuantificadas en su real magnitud, por lo cual el estudio ambiental, deberá enfatizar en la satisfacción de los requerimientos específicos de información.
- **Categoría 3:** Siempre se requerirá de la presentación del EsIA, por la tipología y la envergadura, magnitud de demanda de recursos y los potenciales efectos sobre el medio ambiente que pueden generar impactos negativos e irreversibles para el medio ambiente, la salud y calidad de vida de la población

◆ **Resolución de Categorización Y de Los Lineamientos Términos de Referencia**

Mediante la aplicación de los criterios antes indicados el Ministerio, categorizará la actividad, obra o proyecto y determinará la procedencia de exigir o no la presentación de estudio de impacto ambiental y el nivel de detalle de dicho estudio.

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales emitirá, en un plazo máximo de veinte (20) días hábiles a partir de la recepción del formulario ambiental, la resolución sobre la procedencia de presentación de un estudio de impacto ambiental de la actividad, obra o proyecto, la cual será acompañada de los lineamientos de términos de referencia para elaborar el EsIA.

◆ **Vigencia de La Resolución de Categorización de La Actividad, Obra o Proyecto**

La vigencia de la resolución de categorización será por un (1) año, a partir de la fecha de notificación de la misma, transcurrido el lapso indicado se deberá actualizar la información suministrada.

CONCLUSIONES

1. Según datos del Banco Central de Reserva, durante el primer trimestre del año 2004 se importaron a El Salvador 38,867 toneladas de plástico entre productos y resinas y se exportaron 10,395 toneladas, lo que significa que 28,472 toneladas quedaron dentro de nuestro territorio, lo que pone en evidencia el potencial de contaminación que tienen los plásticos. Con nuestra investigación de campo hemos encontrado que se están reciclando un total estimado de 2000 toneladas trimestrales que representa un 7% del total de plástico que queda en nuestro país, lo cual aumenta aun más la importancia que tiene nuestro trabajo.
2. Es difícil llevar un control de las veces que un plástico ha sido reciclado, debido a que en algunos casos se les ha agregado aditivos y en otras se les ha mezclado un porcentaje de materia prima virgen. Sin embargo lo importante no es las veces que el material ha sido procesado sino, si este todavía cumple con características reológicas.
3. Al utilizar plástico reciclado como materia prima para la fabricación de productos se deben considerar riesgos como cambio frecuente de mallas y filtros y daños en la maquinaria por partículas metálicas, debido a que si no se siguen las etapas del modelo, se puede presentar problemas de contaminación en el material reciclado.
4. Tener plástico reciclado limpio y libre de contaminantes permitirá que se incremente el uso de este material, su utilización puede traducirse en una ventaja competitiva para industriales del plástico, ya que pueden reducir sus costos de materia prima significativamente, tal y como se demuestra con el análisis económico. Todo ello sin sacrificar la calidad del producto pues con las instrucciones definidas en el modelo el plástico reciclado puede regenerarse.
5. En la actualidad el control estadístico de la calidad es un aspecto importante para lograr altos niveles de competitividad y productividad dentro de las organizaciones. La industria del plástico reciclado debe considerar estas herramientas debido a la variabilidad que se podría presentar en cuanto a calidad del producto terminado.

6. Dentro de los usos alternativos que tiene el plástico reciclado se encuentran la fabricación de productos que normalmente se producen con otras materias primas como el metal, la madera o el vidrio tales como muebles, azulejos para el piso, marcos para cuadros, etc. La ventaja que presentan estos productos son su durabilidad y bajo costo.

7. Se ha demostrado que la utilización de plástico reciclado es viable técnicamente, ya que como se trató en el capítulo 3, el plástico reciclado puede regenerarse, así mismo se han definido cuales son los procesos por medio de los cuales se puede transformar este material y que existe la tecnología para hacerlo.

8. El que una empresa este o no certificada no afecta significativamente el que se use o no el plástico reciclado, es decir, no existe normativas sancionatoria al respecto, sin embargo, la obtención de una certificación en las empresas, aumenta la competitividad y la imagen de esta mas que todo a nivel internacional.

RECOMENDACIONES

1. Es de vital importancia crear leyes que obliguen a los productores de productos plásticos a que sus productos sean debidamente codificados con la simbología difundida por la Sociedad de Industrias Plásticas de los Estados Unidos (SPI), ya que este sistema permite identificar con mayor facilidad los seis tipos de plásticos más utilizados en la industria, esto permite que el reciclaje se lleve a cabo de una manera más efectiva y se obtenga plástico reciclado de una mayor calidad.
2. Para una mejor aplicación del uso de plástico reciclado se recomienda mezclar los diferentes lotes de materia prima para lograr una homogeneidad en el proceso de producción y en las propiedades del plástico que se está utilizando. El modelo incluye la descripción de equipo especial para realizarlo de una manera adecuada.
3. Utilizar las herramientas de control estadístico de los procesos de producción que se han definido en la etapa cinco del modelo, principalmente el uso de gráficos de control. Se debe registrar la información y analizarla para una adecuada toma de decisiones y aumentar la calidad de los productos.
4. Para disminuir riesgos de dañar maquinaria y equipo por partículas, se recomienda la utilización de mallas en los extrusores y colocación de imanes para partículas metálicas en tolvas de alimentación.

GLOSARIO

Agente Entrecruzante. Se denomina así a los compuestos que son agregados a las resinas para solidificarlas.

Biopolímero. Polímero soluble en agua, que es generado por la acción de una bacteria sobre un hidrocarburo, la viscosidad del compuesto es semejante a la del agua pero puede incrementarse añadiendo un ion de cromo.

Celulosa. Polímero natural de cadena lineal, sólido incoloro con una densidad de 1.5, soluble al agua y solventes orgánicos. Esta presente en todos los tejidos vegetales y es la materia orgánica mas abundante del planeta.

Catalizador. Cualquier sustancia que en pequeñas cantidades, aumenta la velocidad de una reacción sin intervenir directamente en la misma, por lo que se consume. Un catalizador puede ser sólido, líquido y gaseoso, su tiempo de vida media varia entre 1000 o 10000 horas después de las cuales debe ser reemplazado o regenerado.

Cargas. Elemento inerte, adicionado al plástico para hacerlo menos costoso mejorando las propiedades mecánicas, en particular dureza y resistencia al impacto. Generalmente las partículas de cargas son pequeñas a diferencia de los esfuerzos.

Cromóforo. Grupo funcional que imparte color en algún compuesto aromático en ocasiones los colorantes se clasifican de cuerdo cromóforo.

Contaminación. Presencia o introducción al ambiente de elementos nocivos a la vida, la flora o la fauna, o que degraden la calidad de la atmósfera, del agua, del suelo o de los bienes y recursos naturales en general.

Conservación. Conjunto de actividades humanas para garantizar el uso sostenible del ambiente, incluyendo las medidas para la protección, el mantenimiento, la rehabilitación, la restauración, el manejo y el mejoramiento de los recursos naturales y ecosistema.

Dosificación. Acción y efecto de determinar la cantidad de material a utilizar.

Epoxico. Basado en oxido de etileno, las resinas epoxicas son derivadas de la condensación del distenol A y la epiclorhidrina.

Fenol. Cristales blancos que cambian a color rojo o rosa bajo la influencia de la luz o impureza. Se torna liquido cuando absorbe agua de medio ambiente, es toxico por ingestión e irritante a la piel, funciona como biocida, desinfectante y en la fabricación de materia primas para diversas resinas plastitas.

Fuelle. Instrumento para recoger aire y lanzarlo en dirección determinada.

Gutapercha. Goma que se obtiene con incisiones en el tronco de un árbol sapotáceo de la India, y sirve para fabricar telas impermeables y, sobre todo, para envolver los conductores de cables eléctricos.

Monofilamento. Hilo de material, obteniendo a través de la extrusión.

Nafta. Nombre aplicado a diversos productos obtenidos del petróleo, la diluyente nafta es un líquido inflamable y toxico mezcla de varias sustancias químicas.

Muesca. Concavidad que hay o se hace en una cosa para encajar otra.

Parison. Tubo de plástico a partir del cual se soplan contenedores, juguetes y piezas en general.

Plastificación. Fundir un material por efecto de esfuerzo cortante o calentamiento, de manera que sea moldeable.

Preforma. Forma previa que se proporciona al plástico antes de moldearlo en forma definitiva.

Polaridad. Propiedad que tiene los agentes físicos de acumularse en los polos de un cuerpo y de polarizarse.

Polimerización. Acción de convertir un cuerpo en polímero.

Polímero. Palabra derivada del latín poli = muchos y meros = partes; utilizada para designar materiales formados por la unión de monómeros. Los polímeros pueden ser naturales o sintéticos.

Peso Molecular. En el caso de los plásticos, es la medida directa de la longitud de las cadenas de un polímero. A mayor peso molecular, mayor longitud en la misma.

Reología. Estudio del flujo de la materia en relación con el esfuerzo y la deformación, debe ser considerada en el moldeo de plásticos porque al fundir se transforman en líquidos viscosos.

Resina. Fluido polimérico denso, viscoso natural o sintético con alto peso molecular.

Reticulación. Reacción entre las moléculas de un plástico, mediante la cual se forma una estructura tipo red que confiere características definidas al material.

Vulcanizado. Reacción de entrecruzamiento entre un polímero, azufre y calor. Generalmente se vulcaniza poliisopreno insaturado, cuando se emplean otros materiales se requiere aceleradores inorgánicos como el óxido de zinc. El material vulcanizado se convierte en un termofijo muy estable a la temperatura.

BIBLIOGRAFIA

TEXTOS CONSULTADOS

- "El Reciclaje y el Papel del Ingeniero Industrial". Douglas Figueroa. UCA, septiembre de 1996.
- "El mercado de reciclaje en San Salvador". Salvanatura, octubre de 1994.
- Determinación de los Volúmenes de Generación de los Desechos Plásticos en San Salvador. ASIPLASTIC, Noviembre de 1999.
- Programa de Recolección de Desechos Plásticos para reciclaje Físico y Energético". ASIPLASTIC, Noviembre de 2000.
- Enciclopedia del Plástico. Centro Empresarial del Plástico. México 2000. Tomo I, II, III y IV.
- Ciencia de los materiales para ingeniería, Keyser, Carl A. México, Limusa 1ª Edición 1982.
- Diccionario Enciclopédico de química CECSA editorial, México, 1988.
- Ley del Medio Ambiente. Diario Oficial, Tomo No. 339. Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 1998.
- Ingeniería Económica. George Taylor, Limusa 2ª Edición 1994.
- Administración Financiera. Guadalupe Ochoa Setzer. 1ª Edición 2002.

Sitios de Internet

- ❖ <http://www.expoindustria.net/plasticos>
- ❖ <http://www.uc.org.uy/edi0698.htm>
- ❖ http://www.members.tripod.com/re_eco/porque.htm
- ❖ <http://www.plasticsresources.com>
- ❖ <http://www.aprepet.com.mx>
- ❖ <http://www.arpet.com.ar>
- ❖ <http://www.marn.com.sv>
- ❖ <http://www.csj.com.sv>