

Línea de producto con base en residuos laminares de poliestireno.

Melissa Alejandra Blanco Almeida

Trabajo de Grado para optar al título de Diseñador Industrial

Director:

Edgar Augusto Sarmiento León

Magister en Diseño Industrial

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Diseño Industrial

Bucaramanga

2018

Contenido

	Pág.
Introducción	15
1. Planteamiento del problema.....	16
2. Objetivos.....	17
2.1 Objetivo general.....	17
2.2 Objetivos específicos	17
3. Justificación	18
3.1 Alcance del proyecto.....	18
4. Marco teórico	19
4.1 Aplicaciones.....	20
4.2. Procesos de reciclaje	30
4.3 Empresas santandereanas (casos de estudio)	35
4.3.1 Spartex S.A.S.	35
4.3.2 Piensa diferente	37
5. Metodología	40
5.1 Selección del mecanismo para el reciclaje de residuos laminares de poliestireno.	40
5.1.1 Análisis y pruebas de los procesos de reciclaje a los cuales se puede acceder con mayor facilidad.....	40

5.1.2. Posibles productos elaborados a partir de los procesos de reciclaje	47
5.1.3. Pruebas de resistencia	51
5.1.4. Costos.....	76
5.1.5 Tiempo	80
5.1.6. Matriz de selección	81
5.2 Diseño de productos elaborados a partir de la reutilización de residuos laminares de poliestireno.....	81
5.2.1 Alternativas de diseño.....	84
5.2.2 Matriz de selección	87
5.2.3 Proceso.....	88
5.2.4. Productos.....	92
5.3 Determinación de los beneficios económicos.....	93
5.3.1 Costos totales de producción	93
5.3.2 Costo total de producción una línea de producto.....	96
5.3.3. Costos aproximados línea de producto elaborada con lámina de poliestireno calibre 60 ..	96
5.4 Alternativa para obtención y recuperación de residuos laminares de poliestireno	98
6. Conclusiones	100
Referencias bibliográficas.....	102
Apéndices.....	104

Lista de figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Máquina de moldeo por inyección.....	21
<i>Figura 2.</i> Unidad de inyección.	22
<i>Figura 3.</i> Unidad de cierre.....	22
<i>Figura 4.</i> Unidad de control.....	23
<i>Figura 5.</i> Productos de poliestireno por medio de inyección.	24
<i>Figura 6.</i> Etapas del proceso de soplado.	25
<i>Figura 7.</i> Envases obtenidos por extrusión-soplado.....	26
<i>Figura 8.</i> Representación de una extrusora de husillo sencillo.	27
<i>Figura 9.</i> Maquina extrusora y productos obtenidos.....	28
<i>Figura 10.</i> Máquina de compresión y objetos obtenidos mediante el proceso.....	28
<i>Figura 11.</i> Proceso de termoformado.	29
<i>Figura 12.</i> Empaque termoformado.	30
<i>Figura 13.</i> Proceso reciclado mecánico.....	31
<i>Figura 14.</i> Grafico explicativo del proceso pirolisis.	33
<i>Figura 15.</i> Fachada empresa donante SPARTEX S.A.S. Ubicación de la empresa: calle 8 No 7 - 39 Floridablanca - Santander.	36
<i>Figura 16.</i> Productos realizados por la empresa.....	36

<i>Figura 17.</i> Residuos de poliestireno laminar recolectados en la empresa.	37
<i>Figura 18.</i> Piensa Diferente.	38
<i>Figura 19.</i> Producto principal desarrollado por la empresa Piensa Diferente. A	38
<i>Figura 20.</i> Residuos de poliestireno laminar recolectados en la empresa.	39
<i>Figura 21.</i> Moldeo por calor.	41
<i>Figura 22.</i> Resultado proceso moldeo por calor.	41
<i>Figura 23.</i> Termoformado. Experimentación con el material por medio de termoformado	43
<i>Figura 24.</i> Resultado proceso termoformado.	44
<i>Figura 5.</i> Disolvente	46
<i>Figura 26.</i> Resultado proceso disolvente.	46
<i>Figura 27.</i> Taburete	48
<i>Figura 28.</i> Reloj de pared	49
<i>Figura 29.</i> Calavera decorativa.	50
<i>Figura 30.</i> Probetas antes y después de la compresión	56
<i>Figura 31.</i> Esfuerzo-deformación.	61
<i>Figura 32.</i> Punto de fluencia y esfuerzo de rotura hallados en la gráfica Esfuerzo-Deformación probeta 1.	62
<i>Figura 33.</i> Probetas antes y después de la compresión	69
<i>Figura 34.</i> Esfuerzo-deformación.	74
<i>Figura 35.</i> Punto de fluencia y esfuerzo de rotura hallados en la gráfica Esfuerzo-Deformación probeta 1.	75
<i>Figura 36.</i> Prueba disolvente cloruro de metileno.	78
<i>Figura 37.</i> Poliestireno disuelto en cloruro de metileno.	78

<i>Figura 38.</i> Propuesta 1 para tres tipos de lámpara.....	84
<i>Figura 39.</i> Retícula para propuesta 1.....	85
<i>Figura 40.</i> Propuesta 2 para tres tipos de lámpara.....	85
<i>Figura 41.</i> Retícula para propuesta 2.....	86
<i>Figura 42.</i> Propuesta 3 para tres tipos de lámpara.....	86
<i>Figura 43.</i> Retícula para propuesta 3.....	87
<i>Figura 44.</i> Disolución del cloruro de metileno.....	88
<i>Figura 45.</i> Creación manual de la retícula.....	89
<i>Figura 46.</i> Pieza final del panel de la lámpara	89
<i>Figura 47.</i> Montaje del panel sobre la estructura metálica.....	90
<i>Figura 48.</i> Resultado Lámpara de mesa	91
<i>Figura 49.</i> Línea de productos.....	92
<i>Figura 50.</i> Alternativa para suministro de material.....	99

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Especificaciones y propiedades mecánicas del poliestireno.</i>	19
Tabla 2. <i>Medidas de longitud inicial y final de cada probeta</i>	55
Tabla 3. <i>Datos obtenidos después de la prueba de compresión para la probeta 1</i>	56
Tabla 4. <i>Tabla de Esfuerzo para la probeta 1</i>	58
Tabla 5. <i>Tabla de deformación para la probeta 1</i>	59
Tabla 6. <i>Datos correspondientes al total de las probetas del ensayo de compresión.</i>	62
Tabla 7. <i>Medidas de longitud inicial y final de cada probeta</i>	68
Tabla 8. <i>Datos obtenidos después de la prueba de compresión para la probeta 1</i>	69
Tabla 9. <i>Tabla de Esfuerzo para la probeta 1</i>	71
Tabla 10. <i>Tabla de deformación para la probeta 1</i>	72
Tabla 11. <i>Datos correspondientes al total de las probetas del ensayo de compresión.</i>	75
Tabla 12. <i>Relación cantidad de disolvente por gramo de poliestireno</i>	79
Tabla 13. <i>Matriz de selección para el proceso de reutilización del material.</i>	81
Tabla 14. <i>Análisis para el desarrollo de la línea de producto</i>	82
Tabla 15. <i>Matriz de selección para diseño de la línea de producto</i>	87
Tabla 16. <i>Datos para suministro de material</i>	99

Lista de apéndices

Pág.

Apéndice A. Visita a Dysap empresa productora y recuperadora de poliestireno laminar. Lugar:

Kr 19 a No 5 -07 El progreso – Bogotá 104

Glosario

Compresión: Es un proceso conformado de piezas en el que el material, generalmente un polímero, es introducido en un molde abierto al que luego se le aplica presión para que el material adopte la forma del molde y calor para que el material adopte definitivamente la forma deseada.

Disolvente: Es una sustancia en la que se diluye un soluto (un sólido, líquido o gas químicamente diferente), resultando en una solución; normalmente es el componente de una solución presente en mayor cantidad.

Extrusión: Es un proceso industrial mecánico, en donde se realiza una acción de moldeado del plástico, que por flujo continuo con presión y empuje, se lo hace pasar por un molde encargado de darle la forma deseada.

Inyección: Es un proceso semicontinuo que consiste en inyectar un polímero, cerámico o un metal en estado fundido (o ahulado) en un molde cerrado a presión y frío, a través de un orificio pequeño llamado compuerta.

Línea de producto: Es una agrupación de productos que se relacionan entre sí por algunas de sus características, ya sea por su razón de uso, por su distribución, por su segmentación o su precio.

Molienda: El objetivo de la molienda es reducir el tamaño de partículas del producto hasta la granulometría requerida.

Polímeros: se definen como macromoléculas compuestas por una o varias unidades químicas (monómeros) que se repiten a lo largo de toda una cadena.

Residuos: Aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no han alcanzado un valor económico en el contexto en el que son producidas.

Termoformado: Es un proceso consistente en calentar una plancha o lámina de termoplástico semielaborado, de forma que al reblandecerse puede adaptarse a la forma de un molde por acción de presión vacío o mediante un contra molde.

Resumen

TITULO: Línea de producto con base en residuos laminares de poliestireno*

AUTOR: Melissa Alejandra Blanco Almeida**

Palabras clave: Poliestireno, Láminas, Residuos, Desechos plásticos, Reutilización, Contaminación.

Descripción:

El siguiente proyecto se basó en el desarrollo de una línea de productos mediante residuos de poliestireno laminar, generados por empresas Santandereanas del sector industrial.

Estos residuos industriales, los cuales son grandes contaminantes para el medio ambiente, no cuentan con el manejo adecuado para su reciclaje o posible post tratamiento, por esta razón el proyecto surge como una necesidad, para el sector industrial, de encontrar un proceso adecuado a sus desechos de material.

Para esto se comprende un desarrollo progresivo de diferentes etapas que inicia desde la recopilación de desechos de materia prima, tratamiento y procesamiento del material, analizando cada una de las tecnologías existentes.

Se presentaron propuestas de productos en base a cada una de las tecnologías a las que se pudo acceder permitiendo gran variedad al momento de escoger la adecuada.

Se realizaron pruebas mediante procesos mecánicos y procesos químicos, y de cada una de ellas se presentaron diferentes opciones que dieron parámetros como tiempo de producción, esfuerzo económico y material requerido, permitiendo escoger el mejor proceso para obtener la línea de producto.

Como resultado, la línea de producto que se desarrolló aporta un gran beneficio económico que puede servir como modelo de emprendimiento para generar nuevas empresas, o de igual forma para ser implementado en las mismas empresas generadora de residuos laminares de poliestireno.

* Trabajo de grado.

** Facultad de Físico-Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director: Edgar Sarmiento, Magíster en Diseño Industrial.

Abstract

Title: Product line based on polystyrene laminar waste*

Author: Melissa Alejandra Blanco Almeida**

Keywords: Polystyrene, Films, Waste, Plastic waste, Reuse, Pollution.

Description:

The following project was based on the development of a line of products using laminar polystyrene waste, generated by Santanderean companies in the industrial sector.

These industrial waste, which are large pollutants for the environment, do not have the proper management for recycling or possible post treatment, for this reason the project arises as a need, for the industrial sector, to find a suitable process for their waste of material.

For this, it is understood a progressive development of different stages that starts from the collection of raw material waste, treatment and processing of the material, analyzing each of the existing technologies.

Product proposals were presented based on each of the technologies that could be accessed, allowing great variety when choosing the appropriate one.

Tests were carried out by means of mechanical processes and chemical processes, and different options were presented, which gave parameters such as production time, economic effort and material required, allowing to choose the best process to obtain the product line.

As a result, the product line that was developed provides a great economic benefit that can serve as a model of entrepreneurship to generate new companies, or in the same way to be implemented in the same companies that generate polystyrene laminar waste

* Degree work.

** Faculty of Physics-Mechanics. School of Industrial Design. Director: Edgar Sarmiento, Master in Industrial Design

Introducción

El presente proyecto, propone una línea de producto que ayude a la reutilización de residuos laminares de poliestireno, los cuales son obtenidos de dos empresas santandereanas del sector industrial.

En el país se generan 13.100 toneladas por día de material reciclable y, aproximadamente, 5.476 toneladas por día se aprovechan con técnicas de reciclaje adecuada, y a pesar que se alcanza una gran cantidad de material reciclado solo el 41% de este material se procesa con técnicas adecuadas.

La idea es no solo generar una conciencia de reciclaje sino llevar a cabo técnicas que permitan aprovechar este reciclaje. Para esto se vincularon dos empresas que mensualmente reciclan los desechos que producen y por medio de este material analizar las técnicas a las que se puede acceder y la posibilidad de una línea de producto que genere nuevos ingresos.

Para determinar el proceso por el que se desarrollara el proyecto son necesarias pruebas técnicas, costos, tipos de beneficios, tiempos de producción para dar una solución adecuada y alcanzar los objetivos planteados.

1. Planteamiento del problema

En Santander existe un aproximado de 16.203 empresas constituidas, dentro de las cuales un 11,4% corresponde al sector de la industria, esta parte genera diariamente desechos industriales que en algunos casos son tratados como en otros no, de este modo por medio de dos casos de estudio de empresas santandereanas las cuales no tiene un manejo de residuos se planea una forma de recuperación de material por medio del diseño de una línea de producto.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Diseñar una línea de productos usando como materia prima residuos laminares de poliestireno.

2.2 Objetivos específicos

1. Analizar el mecanismo más adecuado para el reciclaje de residuos laminares de poliestireno.
2. Definir una línea de productos que se puedan elaborar a partir de la reutilización de poliestireno laminar.
3. Determinar los beneficios económicos al recuperar los desechos de poliestireno laminar.
4. Plantear opciones viables para el suministro constante de residuos de material laminar de poliestireno.

3. Justificación

Este proyecto surge como un concepto de aprovechamiento de recurso, que permita rescatar los residuos laminares de poliestireno, generados por dos diferentes tipos de empresas locales las cuales no cuentan con un proceso que permita el aprovechamiento de sus propios desechos industriales.

Haciendo un análisis en cada una de las empresas, mensualmente se recolectan 40 kg de material, lo que quiere decir que al año son 480 kg de residuos laminares de poliestireno que no son tratados y que generan contaminación para el sector, sabiendo estas cantidades se plantea una idea que pueda transformar este material por medio de procesos técnicos para crear nuevos productos que van a servir tanto para el mejoramiento ambiental como para obtener un beneficio económico.

3.1 Alcance del proyecto.

Mediante el desarrollo de este proyecto se busca:

- Establecer un proceso de recuperación para los desechos laminares de poliestireno.
- Diseñar una nueva línea de productos a partir de residuos laminares de poliestireno.
- Evaluar el aporte económico que puede generar la reutilización de los residuos de poliestireno laminar.

4. Marco teórico

Existen varios polímeros que se basan en el monómero de Estireno (C_8H_8) de los cuales el poliestireno (PS) se usa en mayor volumen comparado con los demás polímeros. Tiene una estructura amorfa y una notable fragilidad. El PS es transparente, fácilmente coloreable, y moldeable, pero se degrada a temperaturas elevadas y se disuelve en varios solventes. Debido a su fragilidad algunos grados del poliestireno contienen de 5 a 15% de hule y se les conoce con el nombre de *Poliestireno de alto impacto PSAI*. Poseen alta tenacidad, pero reducida transparencia y resistencia a la tensión. Además de sus aplicaciones en el moldeo por inyección (Por ejemplo, juguetes moldeados y utensilios domésticos), el poliestireno también se utiliza en empaques bajo la forma de espumas de poliestireno. ^[1]

A continuación, se presentan algunas especificaciones y propiedades mecánicas del poliestireno.

Tabla 1

Especificaciones y propiedades mecánicas del poliestireno.

Polímero	Poliestireno (C_8H_8)
Símbolo	PS
Método de polimerización	Adición
Grado de cristalinidad	Ninguno (Amorfo)
Módulo de elasticidad	450,000 lb/pulg ² (3200MPa)
Resistencia a la tensión	7,000 lb/pulg ² (50 Mpa)
Elongación	1%

Tabla 1. *Continuación*

Gravedad específica	1.05
Temperatura de fusión	464 °F (240°C)
<i>Participación aproximada en el mercado</i>	<i>Cerca del 10%</i>

Nota. Tomado de Mikell P. Groover, (1997). Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas 3ra Edición. Pearson Educación. Pg. 203

4.1 Aplicaciones

El poliestireno (PS) es el tercer termoplástico de mayor uso debido a sus propiedades y a la facilidad de su fabricación. Es una resina clara y transparente con un amplio rango de puntos de fusión. Fluye fácilmente, lo que favorece su uso en diferentes procesos.^[2]

Moldeo por inyección

Es un proceso semicontinuo que consiste en inyectar un polímero, cerámico o un metal en estado fundido en un molde cerrado a presión y frío, a través de un orificio pequeño llamado compuerta. En ese molde el material se solidifica, comenzando a cristalizar en polímeros semicristalinos. La pieza o parte final se obtiene al abrir el molde y sacar de la cavidad la pieza moldeada.

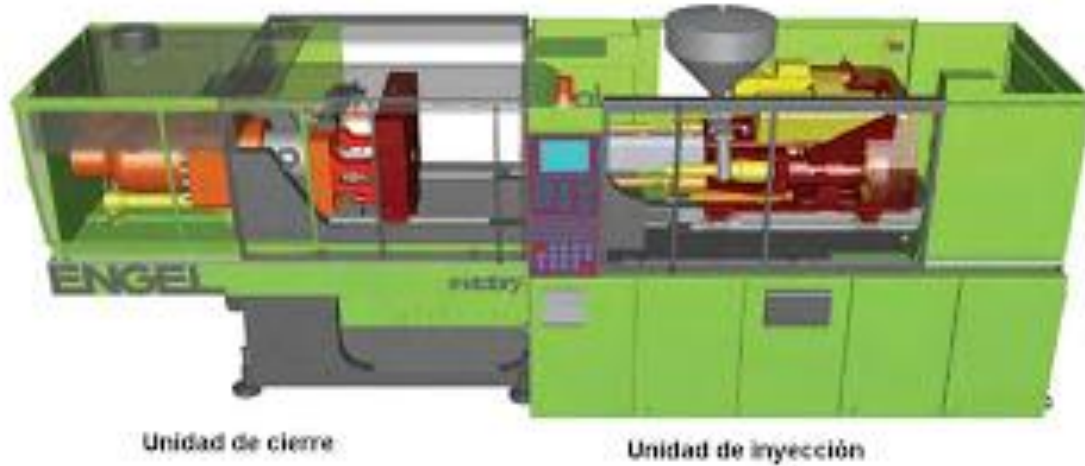


Figura 1. Máquina de moldeo por inyección. Adaptado de Tecnología de los Plásticos. (sf).
Disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2011/06/inyeccion-de-materiales-plasticos-i.html>

Generalidades de las máquinas de moldeo por inyección.

Las máquinas de moldeo por inyección tienen tres módulos principales:

1. La unidad de inyección o plastificación.

La unidad de inyección plastifica e inyecta el polímero fundido. (Chow Pangtay)



Figura 2. Unidad de inyección. Adaptada de Tecnología de los Plásticos. (sf). Disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2011/06/inyeccion-de-materiales-plasticos-i.html>

2. La unidad de cierre.

Soporta el molde, lo abre y lo cierra además de contener el sistema de expulsión de la pieza.

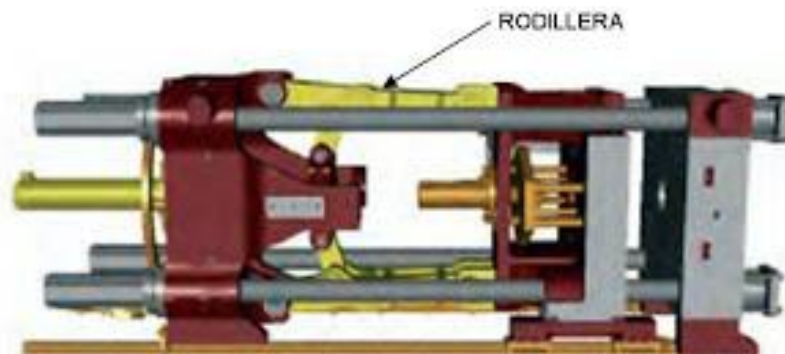


Figura 3. Unidad de cierre. Adaptada de Tecnología de los Plásticos. (sf). Disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2011/06/inyeccion-de-materiales-plasticos-i.html>

Por este proceso se obtienen algunos productos como Juguetes, Carcasas de radio y televisión, Partes del automóvil, Instrumental médico, Menaje doméstico, Tapones de botellas, Contenedores, etc.

3. La unidad de control.

Es donde se establecen, monitorean y controlan todos los parámetros del proceso: tiempos, temperaturas, presiones y velocidades. En algunas máquinas se pueden obtener estadísticas de los parámetros de moldeo si así se desea.



Figura 4. Unidad de control. Adaptado de Tecnología de los Plásticos. (sf). Disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2011/06/inyeccion-de-materiales-plasticos-i.html>

Básicamente todas las máquinas de inyección están formadas por los mismos elementos. Las diferencias entre una máquina y otra radican en su tamaño, la unidad de cierre y el diseño de la unidad de plastificación. (Tecnología de los Plásticos)

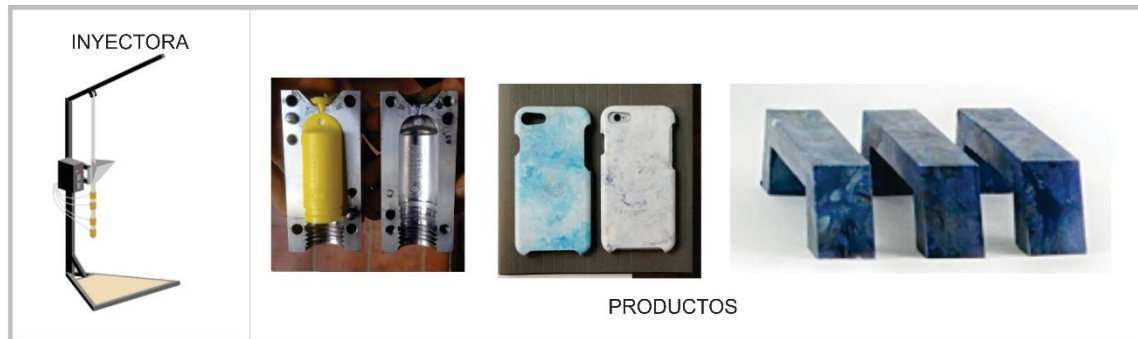


Figura 5. Productos de poliestireno por medio de inyección. Adaptada de Preciousplastic. (sf).

Disponible en: <https://preciousplastic.com/en/machines.html>

Moldeo por soplado

El moldeo por soplado es un proceso utilizado para fabricar piezas de plástico huecas gracias a la expansión del material. Esto se consigue por medio de la presión que ejerce el aire en las paredes de la preforma. (Plásticos)

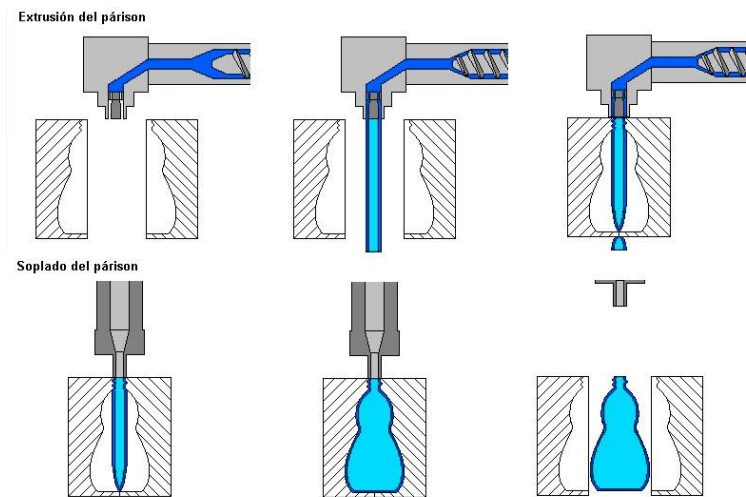


Figura 6. Etapas del proceso de soplado. Adaptado de Tecnología de los Plásticos. Blog dedicado a los materiales plásticos, características, usos, fabricación, procesos de transformación

y reciclado. (sf). Disponible en:

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2012/03/extrusion-soplado.html>

Las etapas del proceso de soplado comprenden:

- 1.- Fusión del material plástico
- 2.- Obtención del precursor
- 3.- Introducción del precursor hueco en el molde de soplado
- 4.- Insuflado de aire dentro del precursor que se encuentra en el molde
- 5.- Enfriado de la pieza moldeada
- 6.- Desmolde de la pieza



Figura 7. Envases obtenidos por extrusión-soplado. Adaptado de Tecnología de los Plásticos. Blog dedicado a los materiales plásticos, características, usos, fabricación, procesos de transformación y reciclado. (sf). Disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2012/03/extrusion-soplado.html>

Como se puede observar en la anterior imagen, son objetos que podemos encontrar diariamente en nuestro entorno.

Moldeo por extrusión

En el proceso de extrusión, por lo general, el polímero se alimenta en forma sólida y sale de la extrusora en estado fundido. En algunas ocasiones el polímero se puede alimentar fundido, procedente de un reactor. En este caso la extrusora actúa como una bomba, proporcionando la presión necesaria para hacer pasar el polímero a través de la boquilla. En otras ocasiones se extruyen los materiales sólidos, como es el caso del procesado de fibras en el que se requieren elevadas orientaciones en el material. (Beltrán & Marcilla, pág. 10)

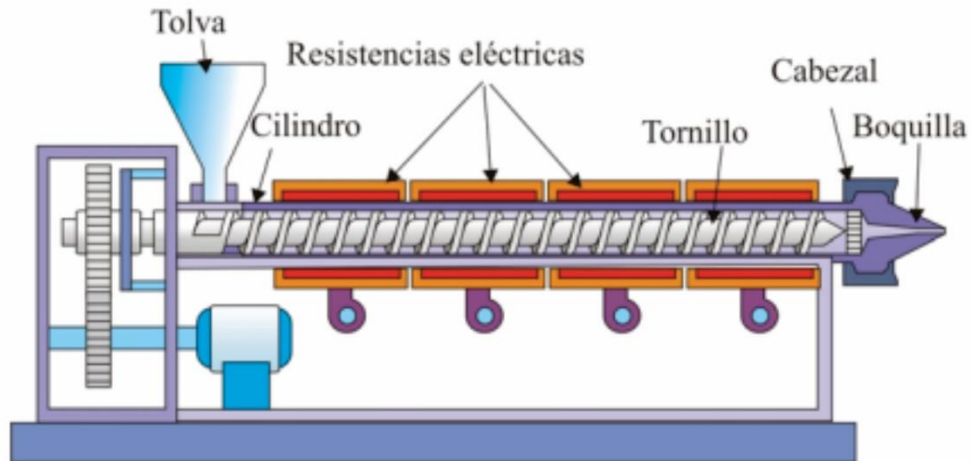


Figura 8. Representación de una extrusora de husillo sencillo. Adaptado de Beltrán, M. y Marcilla, A. (sf). Tecnología de polímeros. p. 104. Disponible en: <http://iq.ua.es/TPO/Tema4.pdf>

Como puede observarse en la anterior imagen, La tolva es el sistema de alimentación más habitual, en el que el material a procesar se alimenta en forma de polvo o granza. El dispositivo de fusión, bombeo y mezclado está constituido por un tornillo que gira en el interior del cilindro calentando el material mediante resistencias eléctricas, en el extremo se acopla a un cabezal cuya boquilla de salida tiene el diseño adecuado para que tome la forma del producto deseado.



Figura 9. Máquina extrusora y productos obtenidos. Adaptado de Preciousplastic. (sf).

Disponible en: <https://preciousplastic.com/en/machines.html>

Modelado por compresión

Con la ayuda de un horno el material previamente triturado se calienta y se presiona lentamente dentro de un molde para que este tome su forma. Mediante este proceso se pueden lograr objetos de gran tamaño y solidez.

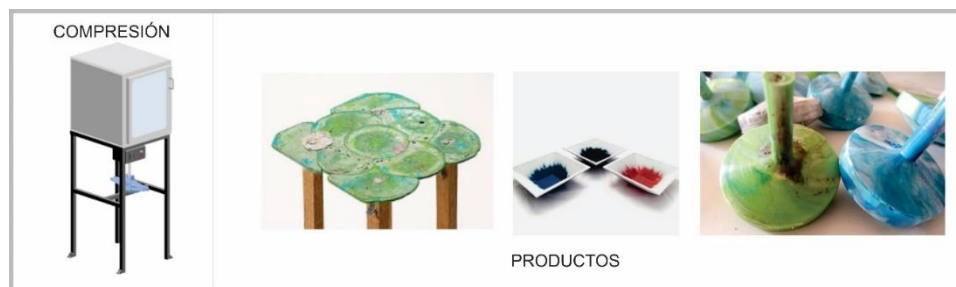


Figura 10. Máquina de compresión y objetos obtenidos mediante el proceso. Adaptado de Preciousplastic. (sf). Disponible en: <https://preciousplastic.com/en/machines.html>

El moldeo por compresión se utiliza para la fabricación de todo tipo de piezas y prototipos para uso industrial, como ser, repuestos para maquinas, accesorios, etc.

Modelado por termoformado

El termoformado es un proceso secundario, el proceso primario es el que produce la lámina o película. Los plásticos termoformados más comunes son el poliestireno, el acetato de celulosa, ABS, PVC, polietileno, y el polipropileno.

En la industria del empaque se realizan operaciones de producción en masa de termoformados. Las láminas o películas iniciales se alimentan rápidamente a través de cámaras de calentamiento y luego se transforman mecánicamente en la forma deseada. (Groover, pág. 350)

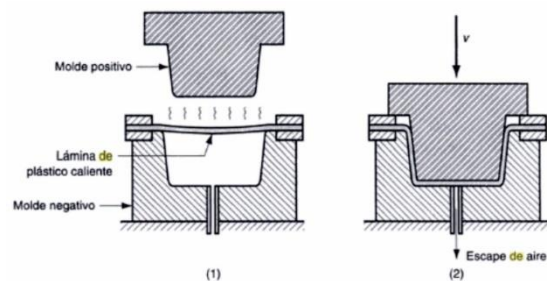


Figura 11. Proceso de termoformado. Adaptado de Termoformado mecánico (1) la lámina caliente de plástico se coloca sobre el molde negativo y (2) se cierra el molde para conformar la lámina.



Figura 12. Empaque termoformado. Adaptado de Pack ABC. (sf). Máquinas para termoformado de film: TVP64 / TVP67. Disponible en: <http://www.abc-pack.com/productos/maquinas-para-termoformado-de-film-tvp64-tvp67/>

En la práctica, existen una gran variedad de diseños disponibles, que abarcan desde prototipos genéricos hasta diseños hechos a medida, que cubren perfectamente las necesidades de cualquier producto. Además, el tiempo de producción es generalmente corto.

4.2. Procesos de reciclaje

Reciclado Mecánico

Consiste fundamentalmente en aplicar calor y presión a los objetos para darles nueva forma. De todos los tipos de plásticos, este proceso sólo puede aplicarse al grupo de los termoplásticos, que funden al ser calentados por encima de la temperatura de fusión.

1. El material recolectado es lavado y secado para evitar impurezas

2. Una vez limpio se tritura mediante máquinas de molienda, en la cual, el material sale en pequeños trozos.

3. El material obtenido puede procesarse en extrusoras, inyectoras o cualquier mecanismo que transforme el material por calor o presión.

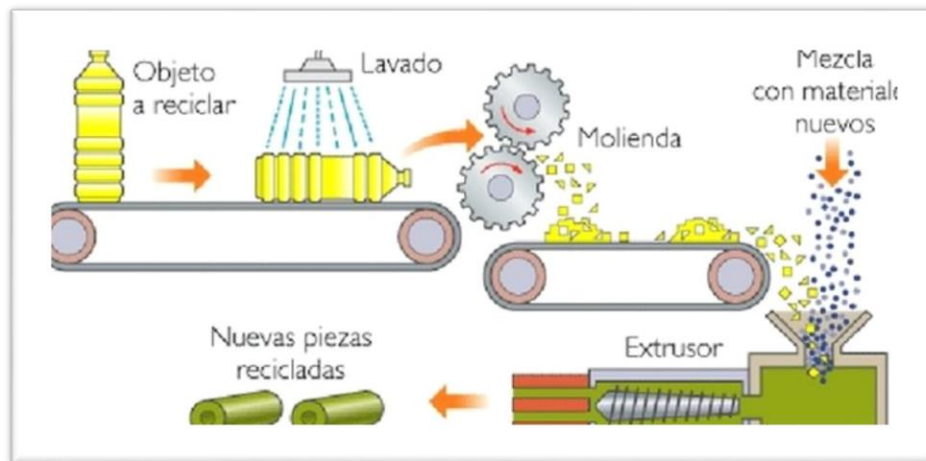


Figura 13. Proceso reciclado mecánico. Adaptado de: Tecnologíaies. Ecological properties of plastics. (sf). Disponible en: <https://tecnologiaiesolajara.wikispaces.com/Ecological+properties+of+plastics>

Los procesos siguientes a la molienda por los cuales el poliestireno puede ser tratado para obtener nuevos productos pueden ser los anteriormente nombrados: Extrusión, Inyección o Compresión. Estos procesos son los más usados industrialmente en la actualidad para llevar a cabo productos de calidad.

Reciclado Químico

Es una alternativa menos conocida que consiste en someter el material a procesos químicos para fabricar nuevos materiales a partir de los componentes originales de los residuos plásticos.

Mediante este proceso se pueden alcanzar objetivos que por medio del proceso mecánico no se puede. Uno de estos objetivos puede ser la creación de nuevos plásticos, *“lo cual trata de dar marcha atrás al proceso de producción de plásticos y devolverlos a sus primeras materias”* (Interempresas., Enero 11 de 1997). Al igual que elimina algunas de las limitaciones del reciclado mecánico, como por ejemplo la separación y limpieza de los residuos.

Tipos de procesos químicos

Pirolisis (Tratamiento térmico ó gasificación)

Esta línea de investigación se centra en la aplicación de tratamientos térmicos a productos orgánicos y todo tipo de material excepto metales y vidrios.

Los siguientes son posibles objetivos o finalidades:

- Reciclado termo-químico de materiales poliméricos (plásticos, cauchos, resinas, materiales compuestos ó composites).
- Valorización de corrientes complejas (residuos sólidos urbanos, residuos del sector eléctrico y electrónico, residuos de vehículos fuera de uso, residuos de envases y embalajes)
- Valorización de biomasa.
- Recuperación de productos químicos valiosos a partir de corrientes líquidas residuales procedentes de plantas químicas.
- Obtención de combustibles líquidos a partir de carbón, entre otros.

Entre las actividades que se llevan a cabo en esta línea se incluyen: la caracterización exhaustiva de las materias de partida, la caracterización detallada de los productos sólidos,

líquidos y gaseosos resultantes del proceso, el estudio de la influencia de variables de operación y catalizadores en el proceso, el tratamiento "online" de los vapores resultantes del proceso, la optimización del proceso en función del/los producto/s objetivo (combustible líquido, productos químicos, combustible gaseoso, gas de síntesis, hidrógeno, fibras de carbono/vidrio, negro de humo, carbono activo, etc.), y la evaluación de la utilidad y aplicabilidad de los productos sólidos, líquidos y gaseosos obtenidos. (Universidad del país vasco)

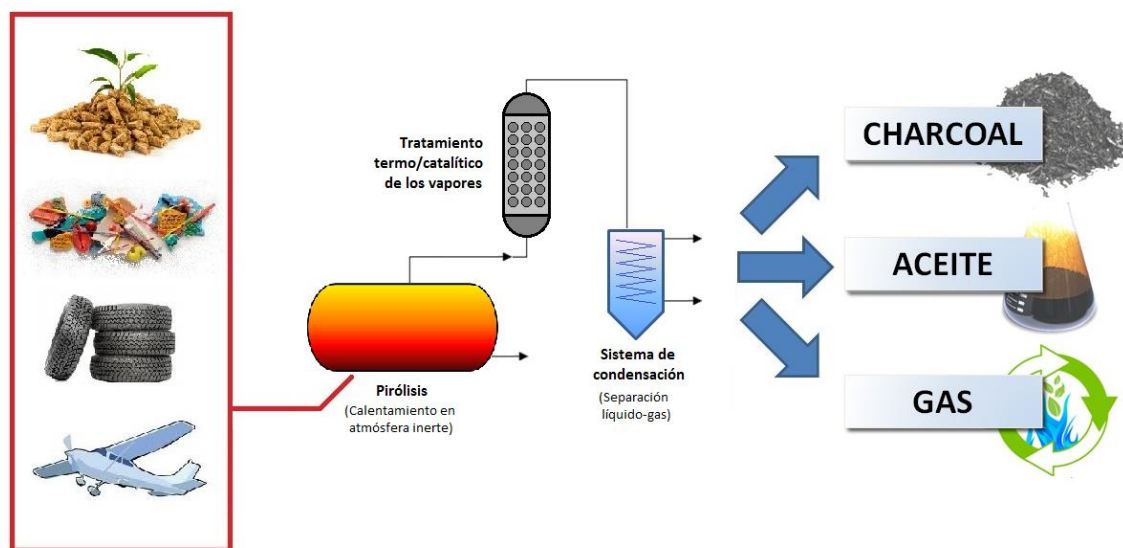


Figura 14. Grafico explicativo del proceso pirolisis. Adaptado de Universidad del País Vasco. Pirólisis y gasificación. (sf). Disponible en: <https://www.ehu.eus/es/web/supren/pirolisi-eta-gasifikazioa>

Hidrogenación

Se define como la reacción química de hidrogeno con otra sustancia, generalmente un compuesto orgánico no saturado, y usualmente bajo la influencia de temperatura, presión, y catalizadores. Los objetivos habituales de esta reacción son compuestos orgánicos insaturados, como alquenos, alquinos, cetonas, nitrilos, y aminas.

En este caso los plásticos son tratados con hidrógeno y calor. Las cadenas poliméricas son rotas y convertidas en un petróleo sintético que puede ser utilizado en refinerías y plantas químicas. (Eco Joven.)

El objetivo de la hidrogenación es mejorar la estabilidad oxidativa por reducción de ácidos grasos poli-insaturados, y cambiar las propiedades de fusión por aumento proporcional de ácidos grasos saturados y/o trans.

Quimiolisis

Este proceso se aplica a poliésteres, poliuretanos, poli acetales y poliamidas. Requiere altas cantidades separadas por tipo de resinas. Consiste en la aplicación de procesos solvolíticos como hidrólisis, glicólisis o alcoholisis para reciclarlos y transformarlos nuevamente en sus monómeros básicos para la repolimerización en nuevos plásticos. (Eco Joven.)

Cracking

Se describe un proceso para el craqueo catalítico de residuos plásticos mediante el contacto directo de dichos residuos plásticos en estado fundido con un catalizador de craqueo catalítico, con el fin de romper las largas cadenas poliméricas de los plásticos y generar, como productos principales, hidrocarburos líquidos, ceras e hidrocarburos gaseosos, de menor peso molecular.

Como catalizadores de craqueo catalítico se utilizan catalizadores de FCC frescos o en equilibrio (catalizador residual del proceso). (Patente, 9 de Nov 2000)

Disolventes

Es una sustancia que permite la dispersión de otra en su seno. Es el medio dispersante de la Disolución. Esta sustancia es capaz de destruir la agregación de las Moléculas de un cuerpo soluble.

Pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos. Normalmente sólo se consideran como tales a los que en condiciones normales de presión y temperatura se presentan en estado líquido. (Ecured)

4.3 Empresas santandereanas (casos de estudio)

4.3.1 Spartex S.A.S. Es una empresa Santandereana con una experiencia de más de 5 años dedicada a la fabricación Y distribución de máscaras, antifaces, sombreros, empaques de producto termoformados en diferentes materiales como: Poliestireno (PS) laminado, Hoja de Acetato, Produeva, y PET.



Figura 15. Fachada empresa donante SPARTEX S.A.S. Ubicación de la empresa: calle 8 No 7 - 39 Floridablanca - Santander.

Productos realizados por la empresa:

Mascaras termoformadas, Antifaces, Sombreros y Empaque de producto.



Figura 16. Productos realizados por la empresa. Adaptado de Archivos fotográficos de la empresa.



Figura 17. Residuos de poliestireno laminar recolectados en la empresa. Adaptado de Archivos fotográficos de la empresa.

El residuo obtenido por la empresa en su mayoría son piezas como la que se muestra en la imagen anterior. Estos desechos son obtenidos después del proceso de termoformado.

4.3.2 Piensa diferente. Es una empresa dedicada al desarrollo de toda clase de señalización enfocada en la propiedad horizontal, publicidad y diseño. Utiliza materiales como poliestireno laminado, vinilo, Poliestireno cristal, Acrílico, Perfiles de Aluminio.

Productos realizados por la empresa

Señalización de Exteriores, Señalización de Interiores, (Enfocados en la propiedad horizontal), Decoración en vinilo adhesivo

Para la realización de estos productos el material es cortado por cualquier medio, laser, CNC router, Cuchilla, etc. sin modificar su estructura interna ni aspecto físico. El tipo de residuo queda limpio y para su reutilización no es necesario limpiarlo ni separarlo.



Figura 18. Piensa Diferente. Adaptadp de Isologo piensa diferente



Figura 19. Producto principal desarrollado por la empresa Piensa Diferente. Adaptado de Archivo fotográfico de la empresa.



Figura 20. Residuos de poliestireno laminar recolectados en la empresa. Adaptada de Fotografía tomada en la visita a la empresa.

Las anteriores empresas donantes de material permitirán la recolección mes a mes, por lo cual se destinará el último día del mes para hacer el recorrido.

La primera empresa *SPARTEX S.A.S.*, tiene un promedio de residuos por mes de 10 kg en temporada baja, la segunda empresa *PIENSA DIFERENTE* el promedio mensual es de 30kg. Por lo tanto, se tendrían aproximadamente un promedio de 40Kg donados por las empresas anteriormente nombradas.

5. Metodología

5.1 Selección del mecanismo para el reciclaje de residuos laminares de poliestireno.

Para determinar cuál de los mecanismos a los que se puede acceder es el más apropiado, se realizaron pruebas técnicas, dentro de las cuales se evaluarán aspectos como resistencia, costos y tiempo de producción.

5.1.1 Análisis y pruebas de los procesos de reciclaje a los cuales se puede acceder con mayor facilidad.

5.1.1.1 *Mediante proceso mecánico.*

Moldeo por calor

Este proceso consiste en colocar el material dentro de un molde el cual se expondrá a la temperatura de fusión del material utilizado, de este modo cuando alcance la temperatura necesaria este se fundirá tomando la forma del molde que lo contiene.

Mediante este proceso se realizaron pruebas sobre un molde de silicona, el procedimiento se muestra en la siguiente tabla.

	Molde de silicona
	En el molde se vierte el poliestireno previamente triturado.
	Se lleva al horno a temperatura 250°C

Figura 21. Moldeo por calor. Adaptado de experimentación con el material por medio de moldeo por calor.



Figura 22. Resultado proceso moldeo por calor.

Observaciones: El resultado final fue una pieza compacta y rígida, su aspecto físico consta de dos partes una de las caras es lisa y brillante. La otra es rugosa y de textura irregular.

Termoformado

Este proceso se realiza aplicando calor y vacío a una lámina de poliestireno haciendo que esta tome la forma del molde deseado. Este proceso se conforma de varias etapas:

- Preparación de la lámina
- Calentamiento

Penetración del molde

- Adaptación de la forma por la acción del vacío
- Enfriado
- Desmoldeo

Para realizar las pruebas mediante este proceso el poliestireno triturado primero tuvo que tomar una forma laminar la cual fue posible extendiendo el material sobre una plataforma de madera y calentándose mediante una resistencia, al fundirse se pasa por un rodillo para aplanar y dejar enfriar. Al obtener este tipo de lámina se pudo realizar el procedimiento normal del termoformado. La siguiente tabla muestra el proceso y el resultado obtenido.



Sobre un base de madera se extiende el material para ser calentado por resistencia hasta que el material alcance la temperatura adecuada para fundirse.



Resultado de la lámina fundida.



Proceso de termoformado para la lámina reciclada.

Figura 23. Termoformado. Experimentación con el material por medio de termoformado



Figura 24. Resultado proceso termoformado.

Observaciones: En el primer proceso, que transforma el material triturado a laminado, se puede determinar que su forma es desigual su textura es rugosa y posee brillo por un lado y opacidad por el otro, esta lamina alcanza un “calibre mayor a 80” (Laplex.) debido a que en el proceso de molienda los gránulos resultantes tienen un área entre .5 a 1.5 cm²

En el siguiente proceso, el termoformado, toma la forma del molde deseado. Su acabado es irregular, su textura rugosa y rígida.

5.1.1.2. Mediante proceso químico

Disolvente

El poliestireno como plástico soluble posee diferentes disolventes químicos entre los cuales se encuentra: el Benceno, tolueno, cloroformo, ciclohexano, acetato de butilo, disulfuro de carbono, cloruro de metileno, dietileter, acetona, acetato de etilo. (Patente , 2 Oct 1997)

Para este procedimiento químico se usaron tres diferentes tipos de disolventes:

1. Benceno
2. Acetona
3. Cloruro de metileno*

Los cuales fueron usados de la misma forma para poder comparar el comportamiento de cada uno.

Los pasos a seguir fueron:

1. En un frasco de vidrio con 10 ml de disolvente agregar 2 gr de poliestireno triturado
2. Mezclar continuamente y dejar reposar por 12 horas
3. Observar los resultados.

* Químicos donados por la escuela de química de la Universidad Industrial de Santander.



Figura 25. Disolvente



Figura 26. Resultado proceso disolvente.

Observaciones: Mediante esta prueba se obtiene una mezcla uniforme del color del material utilizado, textura ligera y olor fuerte. Durante el tiempo en reposo se puede observar que la mezcla obtenida por el disolvente cloruro de metileno alcanza su uniformidad en menor tiempo ya que en la primera hora este ya había disuelto el material, luego la acetona en 2.5 horas logra su uniformidad y por último el benceno en 4 horas.

Cuando la mezcla se vierte sobre un papel encerado y el disolvente se evapora el material toma una forma laminar flexible y brillante muy similar a la del poliestireno laminar.

5.1.2. Posibles productos elaborados a partir de los procesos de reciclaje.

5.1.2.1 Proceso mecánico

Moldeo por calor

Objeto: Taburete

Descripción: Estructura en hierro con asiento circular en poliestireno

Proceso: En un molde de silicona se vierte el poliestireno triturado el cual se lleva al horno a 250°C por 20 minutos para que se funda, como este proceso hace que el material se reduzca a la mitad es necesario repetir el procedimiento agregando más material, pero dejando en el medio una platina de hierro la cual permitirá el ajuste a la estructura metálica de la silla. Una vez este todo en el horno se deja 20 minutos más para que se funda por completo las dos partes.

Resultado:



Figura 27. Taburete

Termoformado

Objeto: reloj de pared

Descripción: Reloj termoformado, intervenido con pintura acrílica como decoración

Proceso: Mediante el material recuperado se forma una lámina aplicándole calor por medio de una resistencia, hasta que este se funda y quede compacta, posterior a esto se termo forma

obteniendo la forma deseada, y finalmente se la hacen los acabados correspondientes a pintura y montaje de la maquinaria.

Resultado:



Figura 28. Reloj de pared

5.1.2.2. Proceso químico.

Disolventes

Objeto: Calavera decorativa

Descripción: Elemento decorativo para mesa o escritorio en forma de calavera, la cual puede ser pintada de forma artesanal evocando los colores y formas de las conocidas calacas mexicanas.

Proceso: Este objeto decorativo fue realizado por el método de colado. Primero el material se disuelve en cloruro de metileno hasta tener una mezcla homogénea luego en un molde de látex se vierte el líquido moviéndolo de tal forma que cubra todas las paredes del molde y vaciando el exceso de mezcla esperar a que solidifique y volver a repetir los pasos hasta lograr una capa más gruesa, finalmente se desmolda y se detalla la pieza.

Resultado:



Figura 29. Calavera decorativa

5.1.3. Pruebas de resistencia

5.1.3.1. Prueba de resistencia a la compresión por proceso mecánico moldeo por calor: La prueba técnica de compresión es un ensayo técnico para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión. En la mayoría de los casos se realiza en hormigones y metales, aunque puede realizarse sobre cualquier tipo de material.

Se realiza preparando probetas normalizadas que se someten a compresión en una maquina universal.

Consideraciones teóricas

El esfuerzo de compresión es la resultante de las tensiones o presiones que existe dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiende a una reducción de volumen o un acortamiento en determinada dirección. En general, cuando se somete un material a un conjunto de fuerzas se produce tanto flexión, como cizallamiento o torsión, todos estos esfuerzos con llevan la aparición de tensiones tanto de tracción como de compresión. (Rodríguez, Mayo del 2011)

La Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales (ASTM) y las organizaciones comparables del mundo han establecido normas significativas para el ensayo de polímeros.

El ensayo de resistencia de compresión, o la medida de la resistencia al aplastamiento de un polímero, viene descrito en la norma ASTM-D695 (Seymour & Charles E., pág. 172)

Propiedades de compresión ASTM D-695

Las propiedades de compresión describen el comportamiento de un material cuando está sujeto a una carga de compresión. La carga es a un ritmo relativamente bajo y uniforme. La fuerza compresiva y el módulo son dos valores comunes generados por la prueba.

Procedimiento de prueba:

La muestra se coloca entre placas de compresión paralelas a la superficie. La muestra se comprime a una velocidad uniforme, para este caso requiere que la probeta se cargue para compresión con una tasa de 1,3 mm/min hasta la rotura.

Tamaño de la muestra:

Las muestras pueden ser bloques o cilindros. Para ASTM, los bloques típicos son 12.7 x 12.7 x 25.4 mm ($\frac{1}{2}$ por $\frac{1}{2}$ por 1 in). y los cilindros tienen 12.7 mm ($\frac{1}{2}$ in) de diámetro y 25.4 mm (1 in) de largo o cuya relación sea 1 de diámetro por 2 de altura.

Equipo utilizado

- Calibrador.

Para tomar las medidas de las probetas con las que se realizará el ensayo.



- Probeta.

8 Probetas



- Sistemas de prueba servohidráulicos.

MTS Bionix® Servohydraulic Test Systems.



Procedimiento del ensayo

Paso 1

Se anotan las medidas correspondientes iniciales a la probeta.

Paso 2

Se colocan los aditamentos correspondientes para sujetar la probeta. Se procede a bajar la máquina para colocar la probeta en el lugar indicado, asegurando que esté lo más centrada posible.

Paso 3

Se comienza a abajar el plato superior hasta que casi esté a punto de tocar la probeta.

Paso 4

Cuando la maquina es puesta en marcha se procede a ir tomando los datos mostrados por la máquina.

Paso 5

Mientras la carga va en aumento veremos como la probeta se comprime poco a poco. En la maquina se va reflejando la gráfica correspondiente a la deformación que está recibiendo la probeta.

Paso 6

Con forme el tiempo y la carga aumentan, la probeta terminara por comprimirse hasta que la maquina no pueda ofrecer más presión.

Al terminar con el ensayo se toman nuevamente las medidas a la probeta.

Tabla de datos

- Longitud inicial de la probeta, Longitud final de la probeta.

Tabla 2

Medidas de longitud inicial y final de cada probeta

No Probeta	Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)
1	50.8	30,4
2	50.7	30,5
3	50.8	31
4	50.8	30,8
5	50.7	31,1
6	50.8	30,7
7	50.6	30,6
8	50.8	30,4

Cada probeta se midió antes de iniciar y al finalizar cada prueba, para obtener un promedio de longitud des pues de la compresión.

$$P_{\text{Longitud Final}} = 30,4 + 30,5 + 31 + 30,8 + 31,1 + 30,7 + 30,6 + 30,4 / 8$$

$$P_{\text{Longitud Final}} = 30,68 \text{ mm}$$



Figura 30. Probetas antes y después de la compresión

Mediante la imagen podemos observar el resultado de la probeta después de la prueba de compresión, podemos determinar su longitud final y compáralo con la longitud inicial, mientras que el diámetro final no se calcula con facilidad debido a la deformación que ocurre.

Tabla 3

Datos obtenidos después de la prueba de compresión para la probeta 1

Tabla de datos		
Fuerza Axial (N)	mm	sec
106	0.16	8.33
1024	0.64	30.8
2027	0.79	38.3
3402	1.03	49.8
4352	1.34	64.8
5000	2.04	97.3
6108	3.23	152.8

Tabla 3. *Continuación*

Tabla de datos		
Fuerza Axial (N)	mm	sec
7240	4.44	209.3
8316	5.57	262.3
9440	6.67	313.8
10554	7.41	348.8
12220	8.48	399.3
13464	9.29	437.8
14285	9.78	460.8
15665	10.8	509.8
16348	11.39	536.8
17521	12.37	583.8

Podemos observar que la carga máxima fue de 22027 N aproximadamente

Cálculos

- Esfuerzo:

$$\sigma = P/A$$

A= área de la sección

P= Fuerza axial

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{(3.14159)(25.4)^2}{4} = 506,7 \text{ mm}^2$$

Tabla 4

Tabla de Esfuerzo para la probeta 1

Esfuerzo
$\sigma = P/A$
53710,2
518860,8
1027080,9
1723793,4
2205158,4
2533500
3094923,6
3668508
4213717,2
4783248
5347711,8
6191874
6822208,8
7238209,5
7937455,5
8283531,6
8877890,7
9271089,9
9629833,5
10484636,4
11161080,9
10008338,4
9392697,9

- Deformación:

$$\varepsilon = \delta/L$$

$$\delta = L_f - L_o$$

L_f = Longitud cuerpo final

L_o = Longitud cuerpo Inicial

$$\varepsilon = \frac{L_f - L_o}{L}$$

Tabla 5.

Tabla de deformación para la probeta 1

Deformación
$L_f - L_o / L$
0,003149606
0,012598425
0,015551181
0,020275591
0,026377953
0,04015748
0,063582677
0,087401575
0,109645669
0,131299213
0,145866142

Tabla 5. *Continuación*

Deformación
Lf-Lo/L
0,166929134
0,182874016
0,192519685
0,212598425
0,224212598
0,243503937
0,251968504
0,261811024
0,301181102
0,344488189
0,344488189
0,344488189

Teniendo los datos de esfuerzo y deformación, se procede a graficar y evaluar el *punto de fluencia* y *esfuerzo de rotura*.

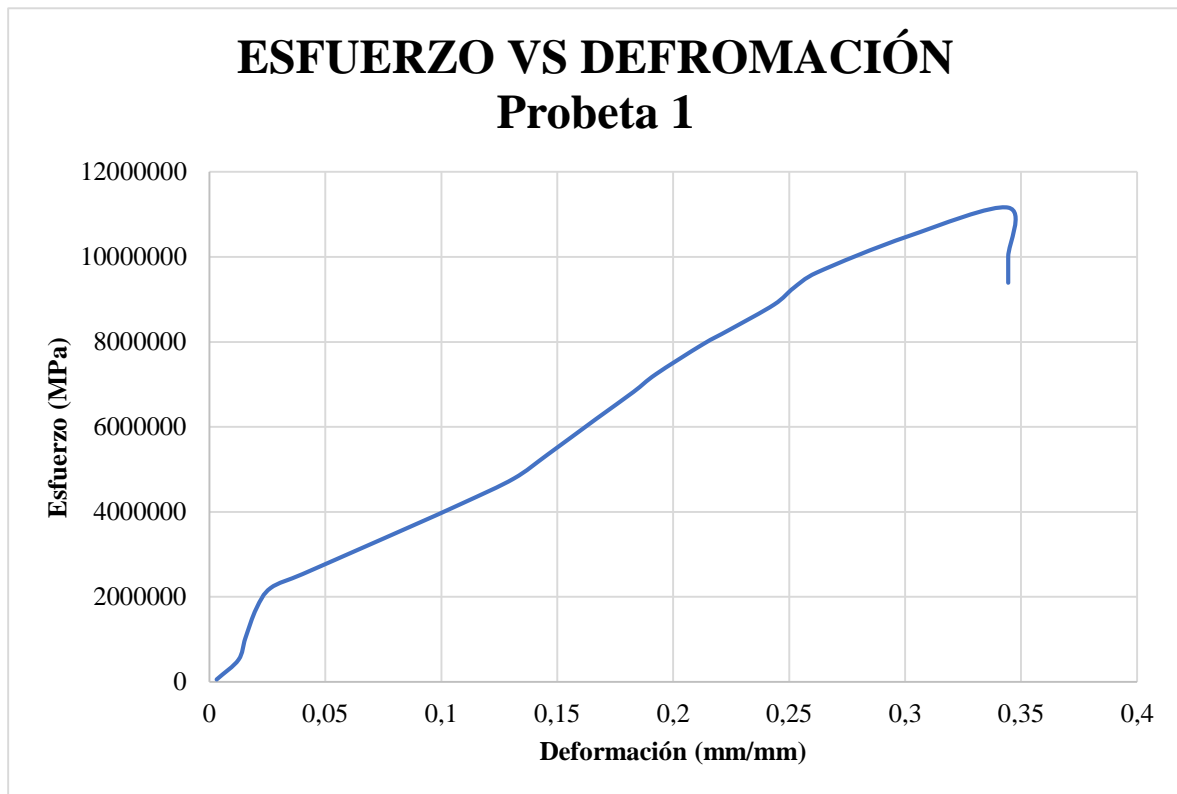


Figura 31. Esfuerzo-deformación

Punto de fluencia

Es aquel donde en el aparece un considerable alargamiento o fluencia del material sin el correspondiente aumento de carga. (Mecánica de materiales, 27 de noviembre de 2011)

Esfuerzo de rotura

Es el esfuerzo existente al fallar el material. (Lopez, 26 de may. de 2011)

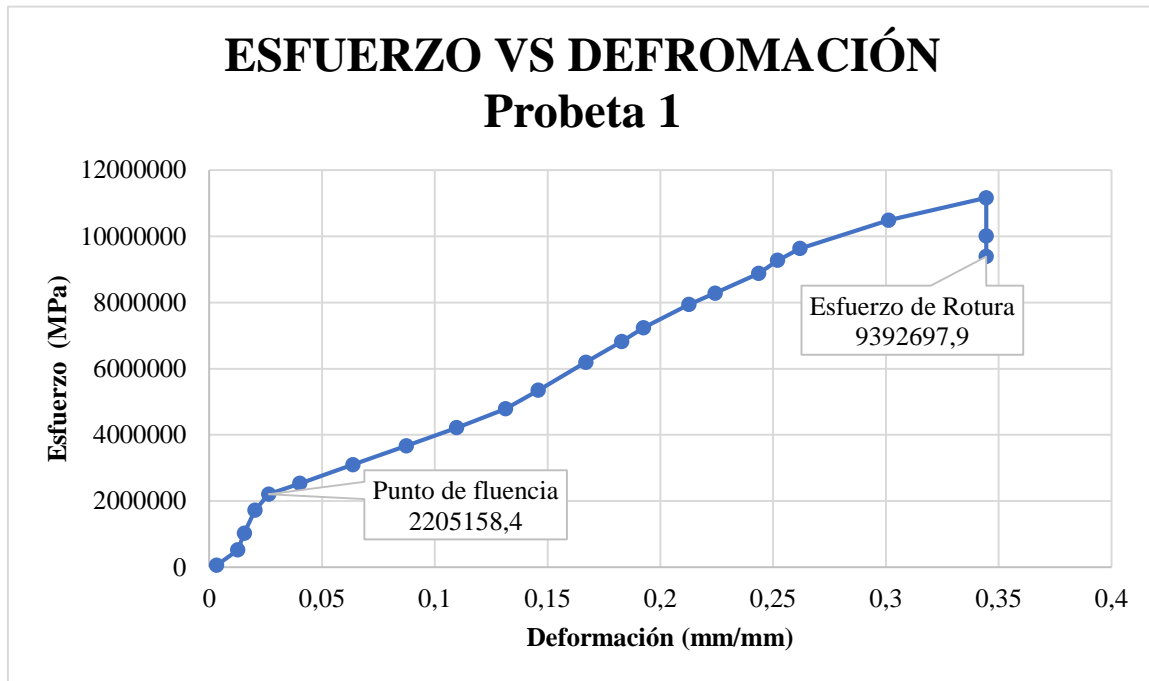


Figura 32. Punto de fluencia y esfuerzo de rotura hallados en la gráfica Esfuerzo-Deformación probeta 1

Punto de Fluencia: 2205158,4 (MPa)

Esfuerzo de Rotura: 9392697,9 (MPa)

Tabla 6.

Datos correspondientes al total de las probetas del ensayo de compresión.

Probeta No	Punto de Fluencia	Esfuerzo de Rotura
1	2205158,4	9392697,9
2	2255828,6	9351655,2
3	2238576,3	9412656,9

Tabla 6. *Continuación*

Probeta No	Punto de Fluencia	Esfuerzo de Rotura
4	2203485,4	9387654,8
5	2220987,4	9373409,7
6	2204598,7	9402851,6
7	2236382,5	9387341,3
8	2208345,3	9400176,7

Teniendo los anteriores datos podemos hallar el promedio del punto de fluencia el cual nos servirá para determinar la resistencia del material por medio del proceso mecánico moldeado por calor.

PROMEDIO $_{Lim Flu} =$

$$\frac{2205158,4+2255828,6+2238576,3+2203485,4+2220987,4+2204598,7+2236382,5+2208345,3}{8}$$

8

PROMEDIO $_{Lim Flu} = 2221670,33(\text{MPa})$

5.1.3.2. Prueba de resistencia a la compresión por proceso mecánico disolvente: La prueba técnica de compresión es un ensayo técnico para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión. En la mayoría de los casos se realiza en hormigones y metales, aunque puede realizarse sobre cualquier tipo de material. Se realiza preparando probetas normalizadas que se someten a compresión en una maquina universal. (Patente, 2 Oct 1997)

Consideraciones teóricas

El esfuerzo de compresión es la resultante de las tensiones o presiones que existe dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiende a una reducción de volumen o un acortamiento en determinada dirección. En general, cuando se somete un material a un conjunto de fuerzas se produce tanto flexión, como cizallamiento o torsión, todos estos esfuerzos con llevan la aparición de tensiones tanto de tracción como de compresión. (Rodríguez, Mayo del 2011)

El ensayo de resistencia de compresión, o la medida de la resistencia al aplastamiento de un polímero, viene descrito en la norma ASTM-D695 (Seymour & Charles E.)

Propiedades de compresión ASTM D-695

Las propiedades de compresión describen el comportamiento de un material cuando está sujeto a una carga de compresión. La carga es a un ritmo relativamente bajo y uniforme. La fuerza compresiva y el módulo son dos valores comunes generados por la prueba.

Procedimiento de prueba:

La muestra se coloca entre placas de compresión paralelas a la superficie. La muestra se comprime a una velocidad uniforme, para este caso requiere que la probeta se cargue para compresión con una tasa de 1,3 mm/min hasta la rotura.

Tamaño de la muestra:

Las muestras pueden ser bloques o cilindros. Para ASTM, los bloques típicos son 12.7 x 12.7 x 25.4 mm ($\frac{1}{2}$ por $\frac{1}{2}$ por 1 in). y los cilindros tienen 12.7 mm ($\frac{1}{2}$ in) de diámetro y 25.4 mm (1 in) de largo o cuya relación sea 1 de diámetro por 2 de altura.

Salud pública - cloruro de metileno

Si usted respira grandes cantidades (800 ppm) de cloruro de metileno puede que no sea capaz de reaccionar en forma rápida, mantener control de sus movimientos, permanecer inmóvil o llevar a cabo tareas que requieren movimientos manuales precisos. Si usted respira cloruro de metileno durante un tiempo prolongado, puede experimentar mareo, náusea, hormigueo o adormecimiento de los dedos de las manos y los pies y sensación de embriaguez. En la mayoría de los casos, los efectos desaparecen poco después que la exposición cesa. Los estudios en animales sugieren que la exposición a concentraciones más altas (8,000-20,000 ppm) puede producir pérdida del conocimiento y la muerte. Se han descrito casos de personas que perdieron el conocimiento y personas que fallecieron después de respirar altas concentraciones de cloruro de metileno. Accidentes de este tipo son más frecuentes cuando el cloruro de metileno se usa sin ventilación adecuada. (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 06 de mayo de 2016)

Equipo utilizado

- Calibrador.

Para tomar las medidas de las probetas con las que se realizará el ensayo.



- Probeta. 6 Probetas



- Sistemas de prueba servohidráulicos.

MTS Bionix® Servohydraulic Test Systems.



Procedimiento del ensayo

Paso 1

Se anotan las medidas correspondientes iniciales a la probeta.

Paso 2

Se colocan los aditamentos correspondientes para sujetar la probeta. Se procede a bajar la máquina para colocar la probeta en el lugar indicado, asegurando que esté lo más centrada posible.

Paso 3

Se comienza a abajar el plato superior hasta que casi esté a punto de tocar la probeta.

Paso 4

Cuando la maquina es puesta en marcha se procede a ir tomando los datos mostrados por la máquina.

Paso 5

Mientras la carga va en aumento veremos como la probeta se comprime poco a poco. En la maquina se va reflejando la gráfica correspondiente a la deformación que está recibiendo la probeta.

Paso 6

Con forme el tiempo y la carga aumentan, la probeta terminara por comprimirse hasta que la maquina no pueda ofrecer más presión.

Al terminar con el ensayo se toman nuevamente las medidas a la probeta.

Tabla de datos

- Longitud inicial de la probeta, Longitud final de la probeta.

Tabla 7

Medidas de longitud inicial y final de cada probeta

No Probeta	Longitud	Longitud
	Inicial (mm)	Final (mm)
1	50.7	23,3
2	50.7	24,3
3	50.6	23,5
4	50.7	23,8
5	50.5	24,2
6	50.6	23,7

Cada probeta se midió antes de iniciar y al finalizar cada prueba, para obtener un promedio de longitud des pues de la compresión.

$$P_{\text{Longitud Final}} = 23,3 + 24,3 + 23,5 + 23,8 + 24,2 + 23,7 / 6$$

$$P_{\text{Longitud Final}} = 23,8 \text{ mm}$$



Figura 33. Probetas antes y después de la compresión

Mediante la imagen podemos observar el resultado de la probeta después de la prueba de compresión, podemos determinar su longitud final y compáralo con la longitud inicial, mientras que el diámetro final no se calcula con facilidad debido a la deformación que ocurre.

Tabla 8

Datos obtenidos después de la prueba de compresión para la probeta 1

Tabla de datos		
Carga (N)	mm	sec
279	0,11	5,86
375	0,16	8,36
493	0,21	10,86
559	0,24	12,36

Tabla 8. *Continuación*

Tabla de datos		
Carga (N)	mm	sec
680	0,3	14,86
1010	0,45	21,86
1593	0,76	36,86
2005	0,92	44,36
2567	1,18	56,86
2919	1,33	63,86
3155	1,42	67,86
3346	1,5	1,86
3827	1,74	82,86
4031	1,91	91,36
4400	2,38	112,86
4723	3,03	143,36
5000	3,54	166,86
5670	4,32	203,36
5949	5,98	280,36
5911	6,1	287,86
5450	7,82	364,86

Podemos observar que la carga máxima fue de 5949 N aproximadamente.

Cálculos

- Esfuerzo:

$$\sigma = P/A$$

A= área de la sección

P= Fuerza axial

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{(3.14159)(25.4)^2}{4} = 506,7 \text{ mm}^2$$

Tabla 9

Tabla de Esfuerzo para la probeta 1

Esfuerzo
$\sigma = P/A$
141369,3
190012,5
249803,1
283245,3
344556
511767
807173,1
1015933,5
1300698,9
1479057,3
1598638,5
1695418,2
1939140,9
2042507,7
2229480
2393144,1
2533500

Tabla 9. *Continuación*

Esfuerzo
$\sigma = P/A$
2872989
3014358,3
2995103,7
2761515

- Deformación:

$$\varepsilon = \delta/L$$

$$\delta = L_f - L_o$$

L_f = Longitud cuerpo final

L_o = Longitud cuerpo Inicial

$$\varepsilon = \frac{L_f - L_o}{L}$$

Tabla 10

Tabla de deformación para la probeta 1

Deformación
$L_f - L_o / L$
0,002173913
0,003162055
0,004150198
0,004743083

Tabla 10. *Continuación*

Deformación
Lf-Lo/L
0,005928854
0,008893281
0,015019763
0,018181818
0,023320158
0,026284585
0,028063241
0,029644269
0,034387352
0,037747036
0,047035573
0,059881423
0,069960474
0,085375494
0,118181818
0,12055336
0,154545455

Teniendo los datos de esfuerzo y deformación, se procede a graficar y evaluar el *punto de fluencia y esfuerzo de rotura*.

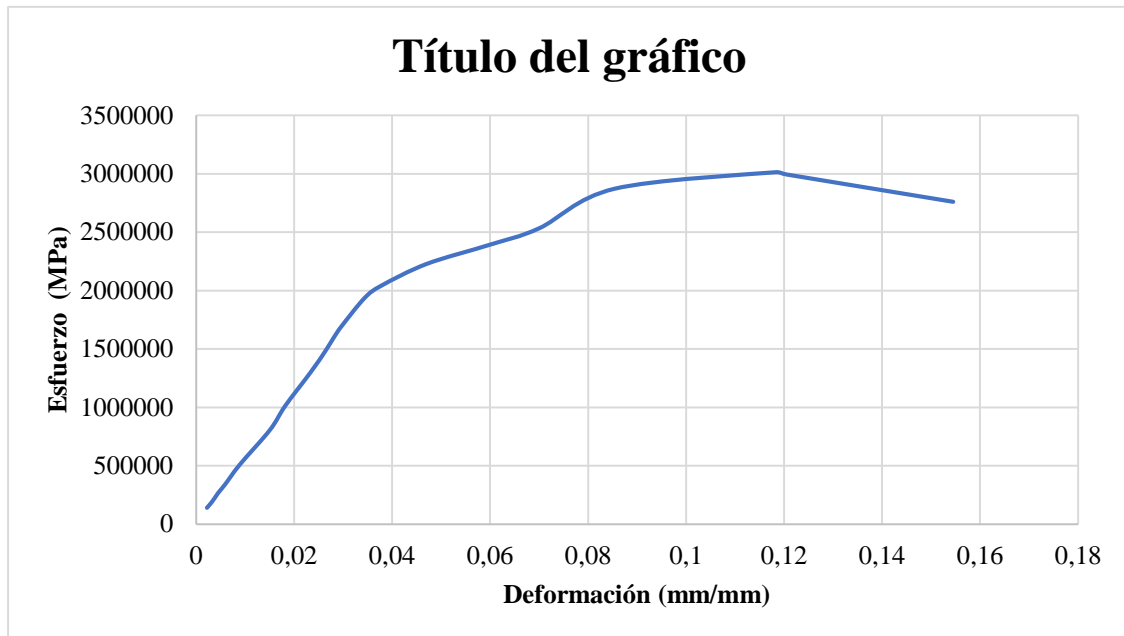


Figura 34. Esfuerzo-deformación

Punto de fluencia

Es aquel donde en el aparece un considerable alargamiento o fluencia del material sin el correspondiente aumento de carga. (Mecánica de materiales, 27 de noviembre de 2011)

Esfuerzo de rotura

Es el esfuerzo existente al fallar el material. (Lopez, 26 de may. de 2011)

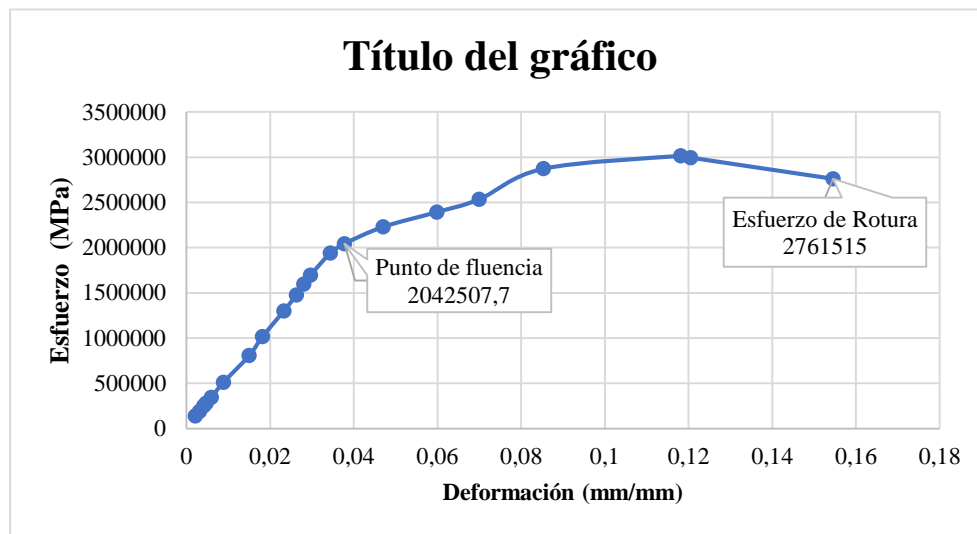


Figura 35. Punto de fluencia y esfuerzo de rotura hallados en la gráfica Esfuerzo-Deformación probeta 1

Punto de Fluencia: 2042507,7 (Pa)

Esfuerzo de Rotura: 2761515 (Pa)

Tabla 11.

Datos correspondientes al total de las probetas del ensayo de compresión.

Probeta No	Punto de Fluencia	Esfuerzo de Rotura
1	2042507,7	2761515
2	2063857,2	2820192
3	2043987,4	2734917
4	2089384,5	27982761
5	2100242,1	28192637
6	2059873,9	2750025

Teniendo los anteriores datos podemos hallar el promedio del punto de fluencia el cual nos servirá para determinar la resistencia del material por medio del proceso mecánico moldeado por calor.

$$\text{PROMEDIO}_{\text{Lim Flu}} = \frac{2042507,7+2063857,2+2043987,4+2089384,5+2100242,1+2059873,9}{6}$$

6

$$\text{PROMEDIO}_{\text{Lim Flu}} = 2066642,133 \text{ (MPa)}$$

5.1.4. Costos

5.1.4.1 Costos reciclado mecánico: moldeo por calor. Para realizar este proceso, es necesario tener en cuenta el valor del molde y el valor del consumo de gas que necesita el horno para darle calor al material y que este adopte su forma. Para una muestra de 10 gr de material reciclado los costos serían los siguientes:

- **Consumo de gas**

Consumo de gas para horno

Consumo Horno m3/h	Valor m3
0,32	\$1.307,53

Para moldear una pieza es necesario precalentar el horno ½ hora antes y 1 ½ para que el material se funda, en total serian 2 horas para completar el proceso.

Consumo gas mensual= ((2h) (0,32 m³/h) (1.307,53)) = \$836,8

- **Valor del molde en silicona**

Dependiendo del tamaño del molde y su complejidad se determina el valor del mismo, en este caso se asumirá un valor promedio de \$150.000

Teniendo en cuenta que este molde tiene una vida útil de un año, por día este tendría un valor \$416,6

5.1.4.2. Costos reciclado mecánico:

Disolvente. Para realizar este proceso, es necesario tener en cuenta el valor del disolvente:

1 galón Cloruro de Metileno
\$ 45.000

Para saber cuánto disolvente se necesita para una muestra de 10 gr de material reciclado se realizó la siguiente prueba:

Disolvente: cloruro de Metileno

Los pasos a seguir fueron:

4. En un frasco de vidrio con 10 ml de disolvente agregar 10 gr de poliestireno triturado
5. Mezclar continuamente y dejar reposar 1 hora

6. Observar los resultados



Figura 36. Prueba disolvente cloruro de metileno.

En esta imagen se observa el material triturado mas el disolvente sin ser agitado.



Figura 37. Poliestireno disuelto en cloruro de metileno

Después de realizar la prueba en menos de 1 hora el material se disuelve totalmente.

De esta manera los cálculos son los siguientes:

Tabla 12.

Relación cantidad de disolvente por gramo de poliestireno

Poliestireno	Disolvente
10 gr	10 cm ³

Para 10 gr son necesario 10 cm³ de disolvente

$$1 \text{ GALÓN (3785,41 cm}^3\text{)} / 10 \text{ cm}^3 = 378,5$$

Por lo tanto, el costo del galón se divide en el resultado obtenido permitiéndonos saber el valor de 10 cm³ de disolvente

$$45.000 / 378,5 = \$118,8$$

Este sería el costo para disolver 10 gr de poliestireno

5.1.5 Tiempo

5.1.5.1. Tiempo reciclado mecánico:

Moldeo por calor. Para este proceso el tiempo está determinado por los minutos correspondientes al material dentro del horno mientras este se funde y toma la forma del molde más el precalentamiento que tiene que tener el horno antes de introducir el molde.

Precalentamiento del horno (min)	fundición del material dentro del horno (min)	Total
30	90	120 min

5.1.5.2. Tiempo reciclado mecánico:

Disolvente

Para este proceso el tiempo está determinado por los minutos que tarda en actuar el disolvente cuando se mezcla con el poliestireno.

En la prueba realizada por medio de proceso químico: Disolvente se obtuvo un tiempo aproximado de 60 (min)

5.1.6. Matriz de selección

Tabla 13

Matriz de selección para el proceso de reutilización del material.

	Resistencia	Costos (\$)	Tiempo (min)	TOTAL
Proceso 1 (Moldeo por calor)	2221670,33(MPa) +	\$1253,4	120min	+ + + +
	+	+	+	
Proceso 2 (Disolvente)	2066642,133(MPa) +	118,8 ++	60 min +	+ + + + +
			+	

La anterior tabla muestra la evolución de los dos procesos, en donde se califica por medio del símbolo +, así si un proceso tiene mejor rendimiento ya sea en resistencia, costos o tiempo se le calificará con dos símbolos Ej.: + + mientras que al otro solo se le calificara con un símbolo Ej. +.

Al terminar la calificación el proceso que tenga más símbolos + será el seleccionado.

Según lo anterior el proceso 2 (Disolvente) obtuvo 5 símbolos +, mientras que el proceso 1 (Moldeo por calor) solo 4, de esta manera el proceso seleccionado es el No 2 Disolvente.

5.2 Diseño de productos elaborados a partir de la reutilización de residuos laminares de poliestireno

El proceso elegido anteriormente, por el cual se desarrollará la línea de producto será por medio de proceso mecánico: Disolvente

Una línea de producto se refiere a aquellos productos que se relacionan entre sí, ya sea por su diseño, funcionalidad, uso o segmento de mercado específico.

En la siguiente tabla se analizarán los usos más frecuentes del material, y se podrá analizar qué posibilidad hay para el desarrollo de estos.

Tabla 14

Análisis para el desarrollo de la línea de producto

Línea	Productos	Análisis viabilidad
Automotriz *	Partes del Automóvil	NO: Debido a su baja resistencia mecánica
	Grandes estructuras del automóvil	NO: Debido a su baja resistencia mecánica
Medicina*	Instrumental Medico	NO: El material puede contener impurezas y puede tener residuos de disolventes
		NO: El material puede contener impurezas y puede tener residuos de disolventes
Domestico*	Menaje doméstico	NO: El material puede contener impurezas y puede tener residuos de disolventes
	Contenedores	NO: El material puede contener impurezas y puede tener residuos de disolventes
	Juguetes	NO: El material puede contener impurezas y puede tener residuos de disolventes
Construcción *	Cubiertas de construcción	NO: Debido a su baja resistencia mecánica
	Perfiles	NO: Debido a su baja resistencia mecánica
Alimentos*	Embalajes alimentarios	NO: El material puede contener impurezas y puede tener residuos de disolventes
	Servicios Desechables	NO: El material puede contener impurezas y puede tener residuos de disolventes

Tabla 14. *Continuación*

Línea	Productos	Análisis viabilidad
Alimentos*	Embalajes alimentarios	NO: El material puede contener impurezas y puede tener residuos de disolventes
	Servicios Desechables	NO: El material puede contener impurezas y puede tener residuos de disolventes
Otros*	Decoración	SI: Ya que no necesita una alta resistencia mecánica ni estará en contacto directo con las personas afectando su salud
	reflectores de luz	SI: Ya que no necesita una alta resistencia mecánica ni estará en contacto directo con las personas afectando su salud

Fuente: Tecnología de los Plásticos. (3 de junio de 2011) Poliestireno. Disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2011/06/poliestireno.html>

De acuerdo al análisis anterior la línea de producto puede enfocarse en productos decorativos y debido a ser un material traslucido puede plantearse opciones donde esta característica se resalte.

Por tal motivo se escogieron lámparas decorativas para el desarrollo de la línea de productos.

5.2.1 Alternativas de diseño

Propuesta 1

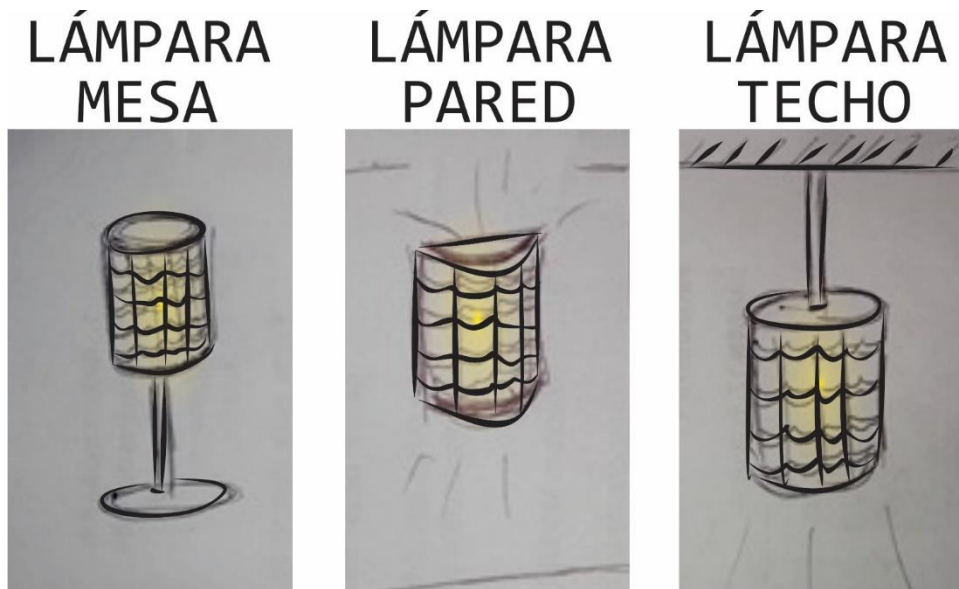


Figura 38. Propuesta 1 para tres tipos de lámpara

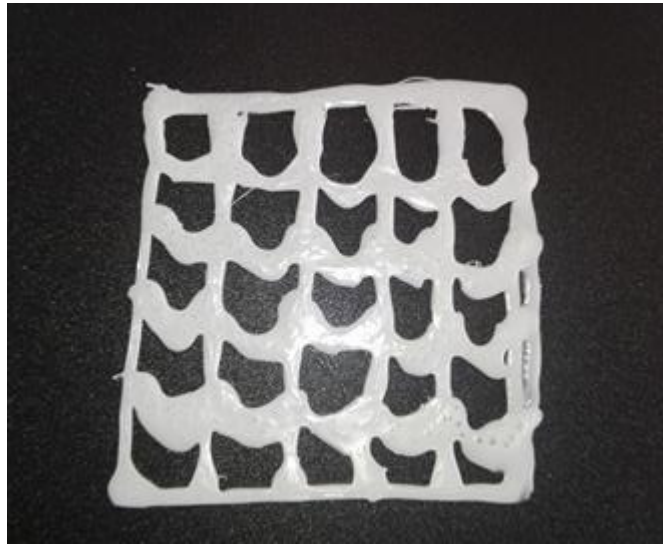


Figura 39. Retícula para propuesta 1

Propuesta 2

LÁMPARA
MESA



LÁMPARA
PARED



LÁMPARA
TECHO



Figura 40. Propuesta 2 para tres tipos de lámpara



Figura 41. Retícula para propuesta 2

Propuesta 3

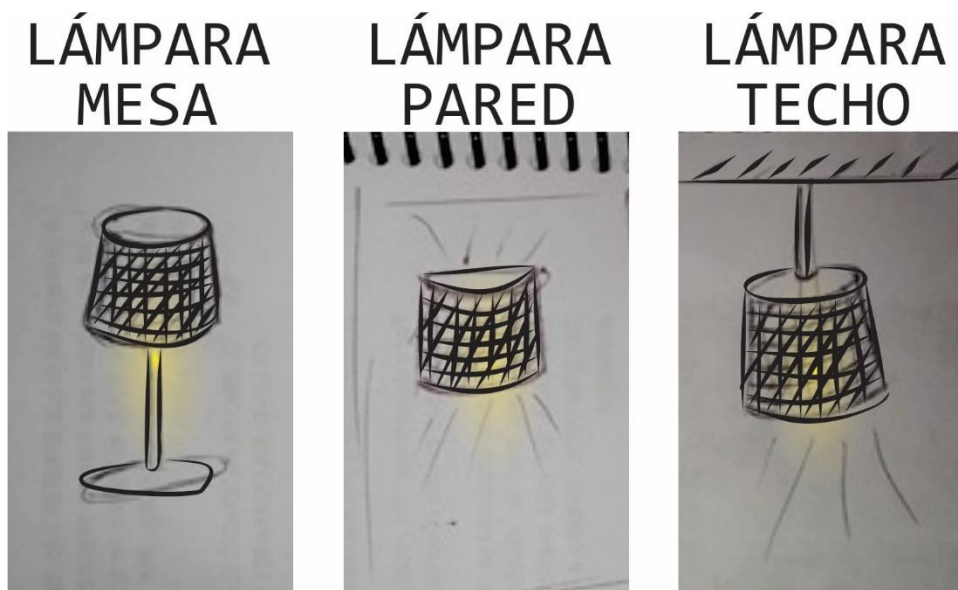


Figura 42. Propuesta 3 para tres tipos de lámpara

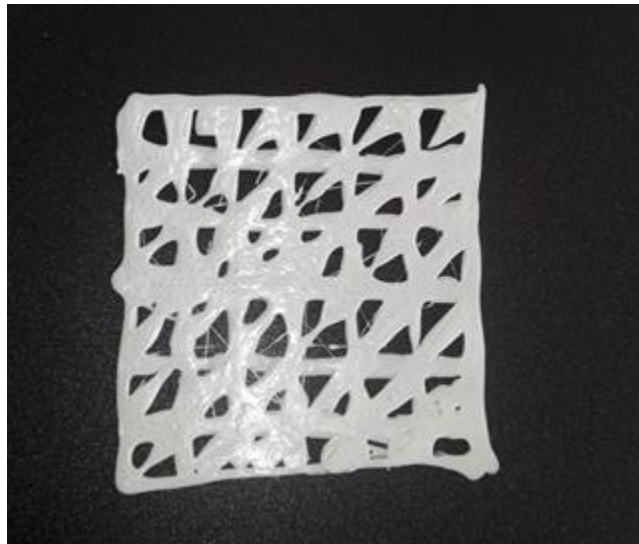


Figura 43. Retícula para propuesta 3

5.2.2 Matriz de selección

Tabla 15

Matriz de selección para diseño de la línea de producto

	Tiempo proceso (h)	Cantidad material	Relación entre los tres elementos	Difusor de luz	Total
Propuesta 1	2h +++	50 cm3 +++	SI +++	++	11
Propuesta 2	2h +++	50 cm3 +++	SI +++	+	10
Propuesta 3	2h +++	50 cm3 +++	SI +++	+++	12

Según el análisis anterior observamos que el factor para determinar la selección viene dado por la cantidad de luz que el diseño pueda difuminar, para este caso la propuesta No 3 al tener una retícula más compacta hace que la luz no pase directamente, sino que se difumine en el

material, al contrario de la propuesta 1 y 2 las cuales tiene una retícula más amplia y esta hace que la luz pase directamente por entre las celdas.

De esta forma la propuesta a trabajar es la No 3

5.2.3 Proceso. El poliestireno disuelto en cloruro de metileno forma una mezcla homogénea, esta se vierte de forma artesanal sobre una superficie lisa mediante chorros formando la retícula deseada, la cual al solidificar permite ser manipulada como lamina. Esta se adapta a la estructura metálica la que se adhiere con la misma mezcla ya que sirve como adhesivo entre los dos materiales.



Figura 44. Disolución del cloruro de metileno



Figura 45. Creación manual de la retícula

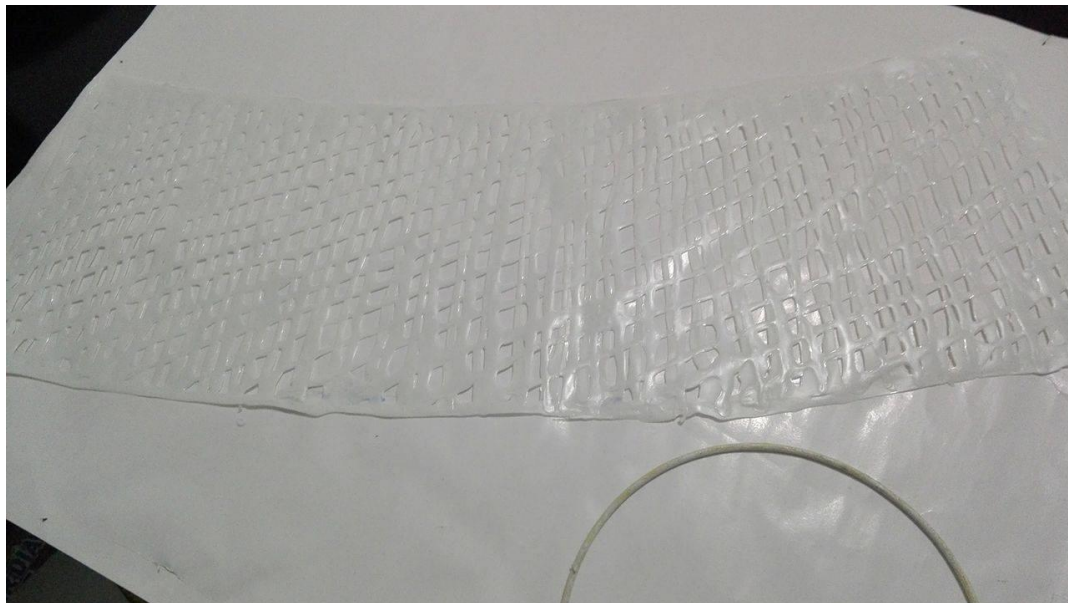


Figura 46. Pieza final del panel de la lámpara



Figura 47. Montaje del panel sobre la estructura metálica

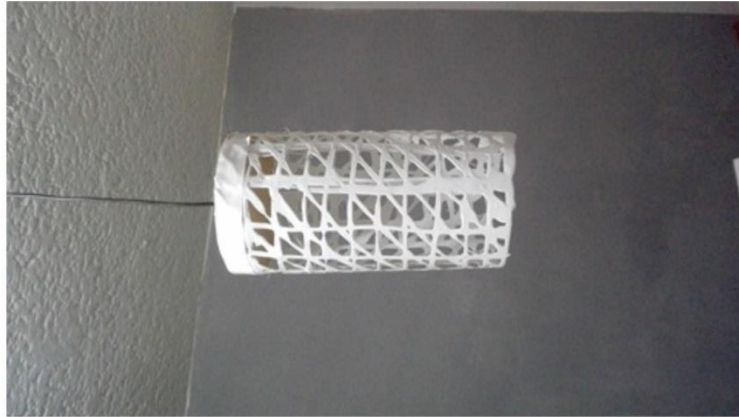


Figura 48. Resultado Lámpara de mesa

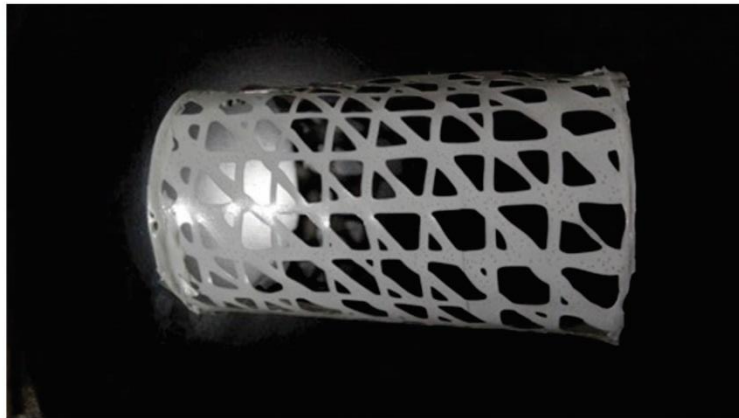
De la imagen 44 a la 47 permiten observar el proceso para la realización de las lámparas, las cuales son productos artesanales que aparte de servir como decoración tienen una función.

5.2.4. Productos

LÁMPARA
TECHO



LÁMPARA
PARED



LÁMPARA
MESA



Figura 49. Línea de productos

5.3 Determinación de los beneficios económicos

5.3.1 Costos totales de producción. Para determinar los costos se tendrán en cuenta:

1. Costos de recolección
2. Mano de obra.
3. Tiempo.
4. Estructuras de soportes

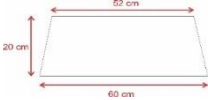


- **Costo de recolección.**

Transporte para recolección al mes

	EMPRESA 1	EMPRESA 2	TALLER
RUTA	Bucaramanga	Floridablanca	Floridablanca
	10.000	5.000	5.000

Transporte x Mes: \$20.000

• **Datos de producción**

Lámparas	Dimensiones	Cantidad material ps	Cantidad material (disolvente)	Tiempo producción	Soportes Metálicos
Lámpara Mesa		18 cm ³	18 cm ³	20min	\$ 10.000
Lámpara Techo		20 cm ³	20 cm ³	25min	\$ 8.000
Lámpara pared		12 cm ³	12 cm ³	15min	\$ 5.000

Según la anterior tabla podemos determinar que al día se pueden realizar 4 líneas de producto, por lo tanto, al mes serian 112.

Los costos al mes de producción serian

• **Disolvente**

	Cantidad material (disolvente)	x 4 (al día)	x 28 días al mes
Lámpara Mesa	18 cm ³	32 cm ³	896 cm ³
Lámpara Techo	20 cm ³	80 cm ³	2240 cm ³
Lámpara Pared	12 cm ³	48 cm ³	1344 cm ³
			4480 cm ³

$$\frac{1 \text{ GALÓN} = 3785,41 \text{ cm}^3}{X} = 4480 \text{ cm}^3$$

$$X = 1,18 \text{ Galones al mes}$$

$X = 1,18$ Galones al mes

1 galón tiene un valor de \$45.000 pesos

Por lo tanto, si al mes se necesitan 1,18 galones, este tendría un valor de \$53.100 pesos.

- **Mano de obra**

El costo de mano de obra viene dado al SMLV en Colombia que corresponde a \$781.242.

- **Estructuras metálicas**

Soportes Metálicos	Cantidad necesarias X mes	VALOR
\$ 10.000	112	1'120.000
\$ 8.000	112	896.000,00
\$ 5.000	112	560.000,00
		2'576.000

Costos de producción mensuales

Línea de Productos	Galones Disolvente	Soportes Metálicos	Mano de Obra	Total Costos Mensuales
Lámpara Mesa		\$ 1.120.000,00		
Lámpara Techo	\$ 53.100	\$ 896.000,00	\$ 781.242,00	\$ 3.410.242,00
Lámpara Pared		\$ 560.000,00		

A este valor se le suma el transporte de recolección lo cual da un total de: **\$3.430.242 pesos**

5.3.2 Costo total de producción una línea de producto. El siguiente análisis determinara el costo que tiene realizar una línea de productos:

(Lámpara de Mesa, Lámpara de techo y Lámpara de pared)

Línea de Productos	Disolvente (\$)	Soportes Metálicos (\$)	Mano de Obra* (2Horas)(\$)	TOTAL
Lámpara Mesa		\$ 10.000,00		
Lámpara Techo	\$ 594,00	\$ 8.000,00	6.750	\$ 30.344,00
Lámpara Pared		\$ 5.000,00		

*Tomado del SMLV en Colombia

5.3.3. Costos aproximados línea de producto elaborada con lámina de poliestireno calibre 60

Lamina de poliestireno calibre 60= \$ 35.100

Medidas: 1mt x 2mt

De una lámina salen 4 líneas de productos por lo tanto el costo de material sería de **\$8.775 pesos**

Para este caso, lograr la retícula seleccionada se haría un corte laser el cual se ve reflejado en la siguiente tabla valor por minuto: (\$1.500)

Línea de Productos	Tiempo corte	Valor (\$ 1.500 min)
Lámpara Mesa	8 min	\$ 12.000
Lámpara Techo	10 min	\$ 15.000
Lámpara Pared	5 min	\$ 7.500
		34.500

5.3.4 Comparación: Línea de productos elaborada por material reutilizable vs línea de producto elaborada con lámina de poliestireno calibre 60

Línea de Productos	Disolvente (\$)	Soportes Metálicos (\$)	Mano de Obra (2Horas)(\$)	TOTAL
Lámpara Mesa		\$ 10.000,00		\$ 30.344,00
Lámpara Techo	\$ 594,00	\$ 8.000,00	6.750	
Lámpara Pared		\$ 5.000,00		
Línea de Productos	Lamina PS 60	Soportes Metálicos (\$)	Corte Laser	TOTAL
Lámpara Mesa		\$ 10.000,00		\$ 66.275,00
Lámpara Techo	\$ 8.775,00	\$ 8.000,00	34.500	
Lámpara Pared		\$ 5.000,00		

Según las anteriores tablas se puede concluir que, al realizar la línea de productos por medio de material NO reutilizado, es decir una lámina nueva de Ps Calibre 60 se genera un aumento en los costos de aproximadamente el doble.

Línea de Productos con material reutilizado	Línea de Productos en lámina de PS calibre 60
\$ 30.344,00	\$ 66.275,00

Teniendo en cuenta el valor comercial aproximado de un juego de lámparas podríamos determinar que el valor de nuestra línea de producto sería de \$ 200.000.

De este modo tendríamos una ganancia aproximada de:

Valor comercial	Costos	TOTAL
200.000	30.344	169.656

Como conclusión el beneficio económico es considerable y puede ser un buen proyecto de emprendimiento que permita reutilizar desechos industriales como modelo de negocio.

5.4 Alternativa para obtención y recuperación de residuos laminares de poliestireno

Para saber si existe un suministro constante de material se analizó la entrada de materia por mes de las dos empresas donantes y se hacen los cálculos de acuerdo a la cantidad que se necesita para la realización de los tres productos que conforman la línea de producto.

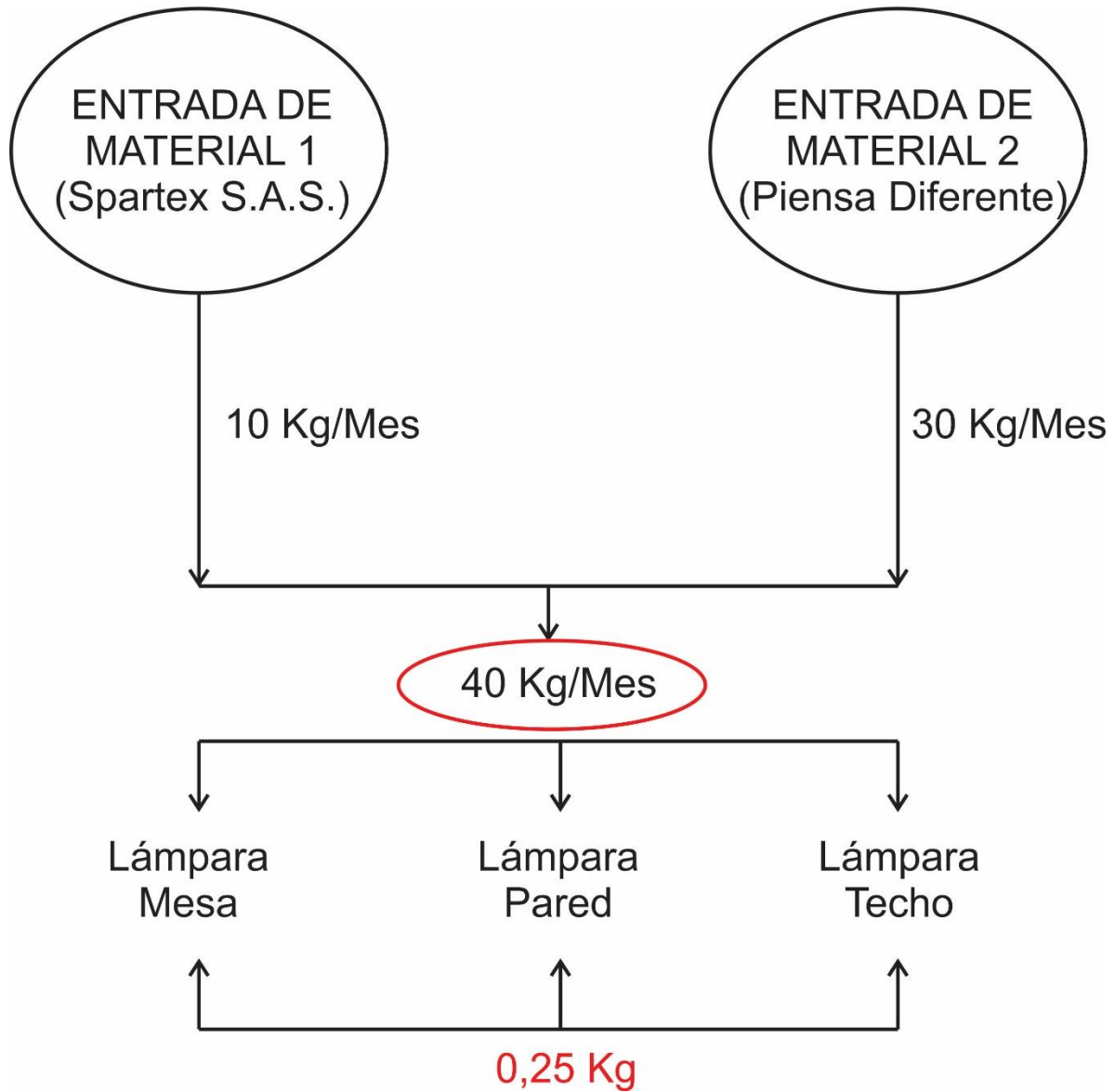


Figura 50. Alternativa para suministro de material

Tabla 16

Datos para suministro de material

Tiempo	Producción línea producto por día	Línea de producto (Kg)	kg usados por día
2 h	4	0,25	1

Según la tabla anterior podemos determinar que diariamente son necesarios un kg de material para la producción de la línea de productos compuesta por tres elementos, por lo tanto, al mes son necesarios 30 kg, dándonos un resultado favorable ya que el ingreso mensual es de 40 kg, lo que nos permite tener una reserva de 10 kg mensualmente.

6. Conclusiones

- Mediante el desarrollo del proyecto se pudo observar la gran variedad de procesos por los cuales los residuos pueden ser convertidos en objetos funcionales o productos.
- Por cada proceso analizado se pudo llegar a la elaboración de un producto funcional.
- Mediante las pruebas técnicas se pudo observar el diferente compartimiento que tiene cada proceso por el que el material fue tratado. Dando los parámetros para escoger la manera adecuada para el desarrollo de la línea de productos.
- El suministro del material es constante debido a que el material requerido para la elaboración de los productos por mes se encuentra por debajo del material recolectado mensualmente
- Los procesos industriales utilizados para la elaboración de productos mediante residuos laminares de poliestireno pueden también ser usados para otros tipos polímeros como el PVC, EPS, PL, PET.
- Existe un beneficio económico por el cual el proyecto puede elaborarse y ser productivo.

- El material escogido es versátil y pueden proponerse más alternativas de productos debido a sus características físicas y mecánicas.

Referencias bibliográficas

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (06 de mayo de 2016).
Resúmenes de Salud Pública - Cloruro de metileno (Methylene Chloride). Obtenido de
https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs14.html
- Beltrán, M., & Marcilla, A. (s.f.). Tecnología de polímeros.
- Chow Pangtay, S. (s.f.). Petroquímica y sociedad.
- Eco Joven. (s.f.). El reciclado de plásticos. Obtenido de
<http://www.ecojoven.com/cuatro/12/plasticos.html>
- Ecured. (s.f.). Disolventes. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Disolvente>
- Groover, M. P. (s.f.). Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas.
- Interempresas. (Enero 11 de 1997). El reciclado químico, otra alternativa menos conocida.
Obtenido de <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/5628-El-reciclado-quimico-otra-alternativa-menos-conocida.html>
- Laplex. (s.f.). Tabla relación de calibres de poliestireno. Obtenido de
<http://www.laplex.mx/productos/presentaciones/poliestireno-en-lamina/>
- López, W. (26 de mayo de 2011). Resistencia de materiales - deformación simple. Obtenido de
<https://es.slideshare.net/wlopezaltarza/resistencia-de-materiales-deformacion-simple>
- Mecánica de materiales. (27 de noviembre de 2011). Diagrama esfuerzo - Deformación unitaria.
Obtenido de <http://mcatronica4b.blogspot.com.co/2011/11/diagrama-esfuerzo-deformacion-unitaria.html>
- Patente. (2 Oct 1997). Método para la aromatización de plásticos WO 1997035909 A1. Obtenido de
<https://www.google.com/patents/WO1997035909A1?cl=es>

Patente. (9 de Nov 2000). Proceso para el craqueo catalítico de residuos plástico.

Plásticos. (s.f.). Extrusión y soplado. Obtenido de <https://sites.google.com/site/materialesplasticos4/5-fabricacion-de-los-plasticos/extrusion-y-soplado>

Rodríguez, E. J. (Mayo del 2011). Laboratorio de ingeniería Mecánica. Instituto tecnológico de Tlalnepantla. Departamento de Metal Mecánica.

Seymour, R. B., & Charles E., C. (s.f.). Introducción a la química de los polímeros.

Tecnología de los Plásticos. (s.f.). Blog dedicado a los materiales plásticos, características, usos, fabricación, procesos de transformación y reciclado. Obtenido de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2011/06/inyeccion-de-materiales-plasticos-i.htm>

Universidad del país vasco. (s.f.). Pirólisis y gasificación. Obtenido de <https://www.ehu.eus/es/web/supren/pirolisi-eta-gasifikazioa>

Apéndices

Apéndice A. Visita a Dysap empresa productora y recuperadora de poliestireno laminar.

Lugar: Kr 19 a No 5 -07 El progreso – Bogotá



Imagen 50. Facha empresa

Esta empresa está dedicada a la producción de láminas de poliestireno como actividad principal, y recupera sobrantes y desechos de poliestireno para hacer nuevas láminas de poliestireno o en un nuevo proceso que están desarrollando por medio del soplado.

Todos los sobrantes de lámina que ellos mismos producen al momento de refilar cada lamina es nuevamente usado para generar nuevo poliestireno laminar, este material sobrante no tiene que ser limpiado ni separado, sino que va directamente a la maquina extrusora.

Igualmente, la empresa recibe de diferentes medios, desechos de láminas de poliestireno de cualquier color y en cualquier estado, estos al no estar en un nivel de pureza adecuado, se trituran y pasan por otro tipo de proceso el cual los convierte por medio de soplado en un nuevo producto, en este caso la empresa crea y comercializa maniquís, tanto de adulto como niño.

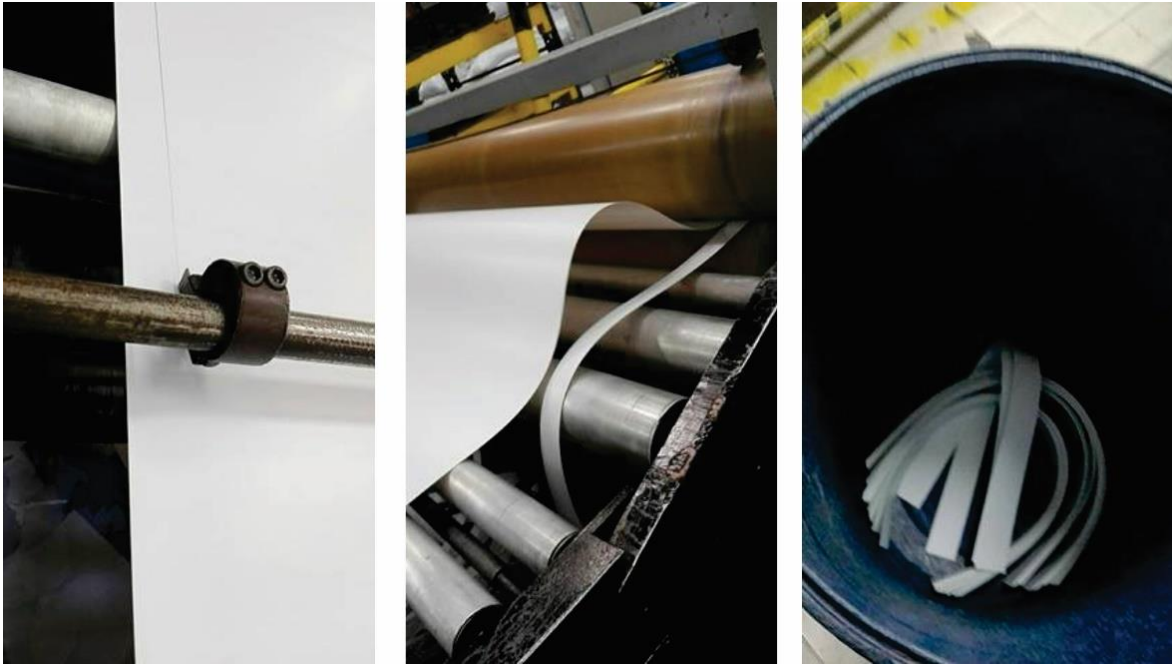


Imagen 51. Sobrantes de lámina de poliestireno

Fuente: Fotografía tomada en la visita.



Imagen 52. Resultado de la recuperación de residuos laminares de poliestireno.

Fuente: Fotografía tomada en la visita.



Imagen 53. Producto creado por la empresa para reutilizar desechos de lámina de poliestireno con impurezas.

Fuente: Fotografía tomada en la visita.

La visita a la empresa fue el primer acercamiento que se tuvo para el inicio del proyecto, se pudo analizar la tecnología y los procesos que usan