

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA MANUFACTURA DE EMPUÑADURAS DE PET RECICLADO

FEASIBILITY STUDY FOR THE MANUFACTURING OF GRIPS OF RECYCLED PET

Mariana Juárez N¹, María E. Santiago J², Jesús Vera M³.

mary_jnava@yahoo.com.mx / evelindasantiago@yahoo.com.mx / jesusvem@hotmail.com

Recibido junio 21, 2010 / Aceptado: octubre 30, 2010 / Publicado: enero 20, 2010

RESUMEN. Este artículo, expone los resultados obtenidos de la investigación realizada, para proponer una nueva reutilización viable del plástico, el cual, se usa en las botellas hechas de Polietilentereftalato (PET). Este plástico cuenta con gran potencial de reciclado. Sin embargo, forma parte de las miles de toneladas que son dispuestas a los rellenos sanitarios, generando entre otras problemáticas, la necesidad de generar mayores espacios para la gestión de desechos, además del consumo de materias primas vírgenes. En este sentido, materiales con las cualidades como las del PET pueden ser reaprovechadas por medio del reciclaje, este tiene varias opciones; entre estas destaca el reciclaje mecánico. Este método presenta varias ventajas, una de las más importantes es que tiene un impacto menor en el ambiente. Por lo tanto es necesaria la búsqueda de la continuación del proceso de recuperación, hasta llegar al producto terminado. Uno de los métodos de transformación, que cuentan con un ciclo corto de proceso, es la extrusión, por la cual, es posible convertir las hojuelas de PET, a un artículo de uso común; como pueden ser las empuñaduras para escobas o mechudos. Todo esto mediante un estudio previo del material, es decir, con la revisión bibliográfica de trabajos anteriores y otros medios, se encontró que el PET permite ser utilizado en diversas aplicaciones, siempre y cuando, se lleve a cabo un control minucioso del proceso durante el extruido del PET. Por tanto, este trabajo implica el aprovechamiento del PET reciclado, que contribuye a la conciencia ambiental, además de los beneficios económicos inherentes

PALABRAS CLAVE: desechos, plástico, proceso, extrusión, reutilización.

ABSTRACT. This article shows the results gotten from accomplished researching to propose one attainable reuse of plastic, which is used in Plietilentereftalato bottles. This plastic has a big potential of being recycled although it is part thousands of tones which were disposed into sanitary filling generating besides the necessity of creating more spaces for wastes gestation, also the consumption of virgin raw materials. Hence materials with qualities such as the Pet ones can be reused trough recycling burst out. This method has several advantages; one of the most important ones is that it has less impact on the environment. Therefore it is necessary to seek the continuation of the recovery process, until the product is finished. One of the processing methods, which has a short cycle process, is extrusion, in which it is possible to make PET flakes to an article in common use, such as the broom or map handles. Because of a this previous study of the material, the literature review of previous work and other means, it was found the PET can be used in various applications, provided is conducting a thorough check of the process during the extruded PET. Therefore, this work involves the use of recycled PET, which contributes to environmental awareness, in addition to the inherent economic benefits

KEYWORDS: wastes, plastic, process, extrusion, reuse.

¹ Instituto Tecnológico de Puebla, División de Estudios de Posgrado, Av. Tecnológico 420 ,C.P. 72220, Col. Maravillas, Puebla, México, www.itpuebla.edu.mx/

²Instituto Tecnológico de Puebla, misma dirección.

³ Universidad Tecnológica de Puebla, Departamento de Procesos de Producción, Antiguo Camino a la Resurrección No.1002-A ,CP.72300, Zona Industrial, Puebla, México, www2.utpuebla.edu.mx



En la actualidad, la demanda creciente de bienes y servicios por parte de la población, impulsan el desarrollo de tecnologías innovadoras, las cuales además de satisfacer las necesidades de la sociedad, también sean menos agresivas con el ambiente.

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación mayor, el cual, está encaminado a la generación de alternativas para contribuir en la disminución de las toneladas de botellas de PET que son dispuestas a rellenos sanitarios, así como proponer nuevas formas de ayuda a grupos marginados.

Las botellas de PET son todo un desarrollo ingenieril, cuentan con diseños ergonómicos, y están hechas de un plástico con características que lo han acreditado como uno de los más importantes para la industria de las bebidas carbonatadas. En la Tabla 1 se encuentran enlistados las propiedades del PET virgen y sus valores.

Tabla 1 Propiedades del PET virgen.

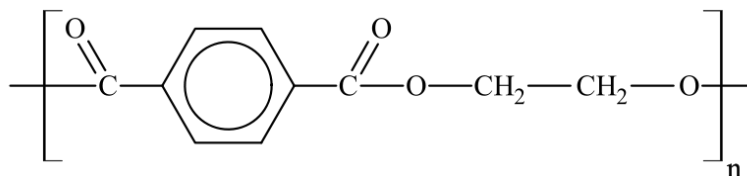
| <i>Propiedades</i> | <i>Unidad</i> | <i>Valor típico</i> |
|--|---------------------|---------------------|
| Viscosidad Intrínseca | dl/g | 0,783 |
| Densidad | g/cm ³ | 1,33 – 1,34 |
| Color | - | Cristal |
| Forma física | N/A | Hojuela (flakes) |
| Tamaño | cm. | 1.25 |
| Origen | N/A | Botellas |
| Temperatura de transición vítrea | °C | 69 – 115 |
| Resistencia a la tracción | kgf/cm ² | 55,89 |
| Módulo de elasticidad | kgf/cm ² | 599,96 |
| Resistencia al impacto | | No rompe. |
| Valor límite de la viscosidad medido en ácido dicloroacético a 25°C | | 1.07 |
| Punto de fusión °C | | aprox. 252/260 |
| Acetaldehído | | ppm < 1 |
| Contenido en grupos carboxílicos | | mval/kg 20 |
| Densidad aparente [g/cm ³] aprox. | | 0.85 |

De la misma manera, el PET ha llamado la atención por su gran número de aplicaciones, en distintas áreas de diseño o fabricación, debido a las ventajas que ofrece como menores costos de producción y logísticos por mencionar algunas, estas se encuentran indicadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Ventajas y desventajas del PET

| <i>VENTAJAS</i> | <i>DESVENTAJAS</i> |
|---|---|
| 1. Bueno como barrera para los gases, como el CO ² , humedad y el O ² | 1. Tiene un número finito de reciclado |
| 2. Es transparente y cristalino, aunque admite algunos colorantes | 2. No se destruye de forma natural |
| 3. Irrompible | 3. Tiene desprendimiento de sustancias tóxicas cuando es sometido a temperaturas por arriba de los 230 °C |
| 4. Liviana | |
| 5. Impermeable | |
| 6. No tóxica | |
| 7. Inerte (al contenido) | |
| 8. Resistencia esfuerzos permanentes y al desgaste, ya que presenta alta rigidez y dureza | |
| 9. Alta resistencia química y buenas propiedades térmicas | |
| 10. Totalmente reciclable | |
| 11. Superficie barnizable | |

Este plástico, que forma parte del grupo de los materiales sintéticos termos formables, tiene varios usos; entre los que destacan: fibras, envases y empaques misceláneos. Este compuesto se obtiene de la combinación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol, para generar el compuesto que se muestra en la Figura 1.

**Figura 1.** Fórmula química desarrollada del PET

Sin embargo el Polietilentereftalato (PET), además de ser una maravilla ingenieril, también representa un problema para los gobiernos y la sociedad, cuando este ha terminado su vida útil como envase, Ramona Guillen en su artículo "Una industria a prueba de crisis" señala que; Actualmente el consumo nacional de plástico alcanza alrededor de 4 mil 500 millones de toneladas anuales, y que el 42% del plástico que se consume en el país es de botellas y envases desechables. [1]. En la Figura 2, se muestra el proceso de producción para este material.

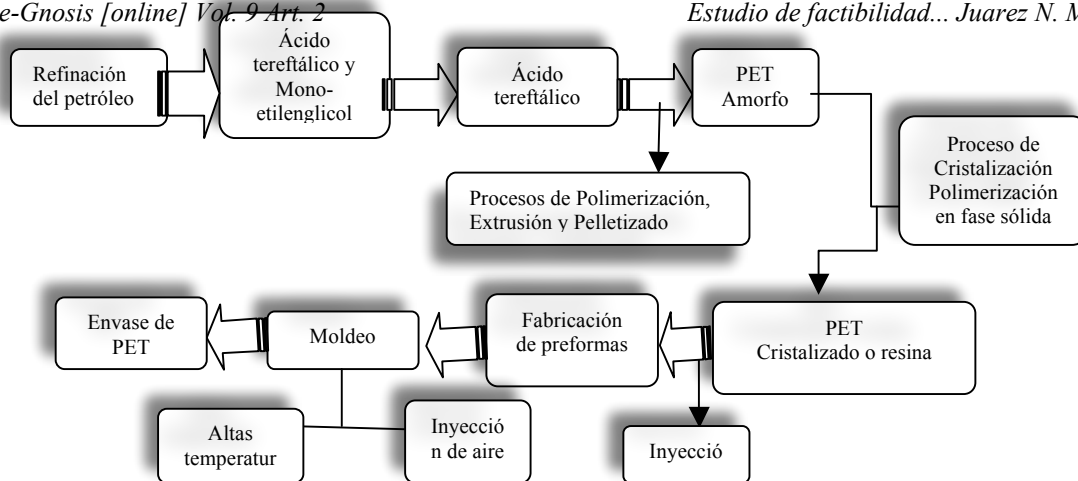


Figura 2.Proceso de Obtención del PET

En este sentido en el documento “Reciclaje del plástico” de los amigos de la tierra se menciona que de los envases manufacturados para bebidas, se recupera aproximadamente el 12 % del total producido. Cabe mencionar que para poder alcanzar el tamaño de producción mencionada, de botellas de primer uso, fueron necesarios recursos como: energía, petróleo, agua, etc. Todo esto para generar preformas y después envases de PET.

Desafortunadamente este plástico, cuenta con características como brillo, impermeabilidad, resistencia al impacto, así como ser inerte, lo que le permiten estar en contacto con alimentos, pero también, entre otras cosas, lo hace un problema ambiental. Debido a que este material no se degrada de forma natural y puede permanecer por largo tiempo en la naturaleza. Datos del Instituto Nacional de Ecología (INE) [3] junto con la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, hacen mención en el documento “Análisis de los Mercados de Diversos Materiales Vírgenes y Reciclados, mencionan que para la Producción de Envases” [3], estiman que aproximadamente el 6% de las 85,000 toneladas de residuos por día del país es reciclada o reutilizada, principalmente en las grandes ciudades. Entre el 30 y 40% de los residuos sólidos de México de acuerdo al INE [4] proviene de paquetería con un 10 a 30% adicional (15% en la Ciudad de México) de residuos industriales. Mientras que no hay una definición uniforme de que constituye a los residuos industriales, estudios dirigidos por la Oficina General de Servicios Urbanos del Gobierno del Distrito Federal (DDF) mencionan en el estudio “Situación de los residuos sólidos en México” que, [4] ha encontrado que el 90% de los residuos industriales en la Ciudad de México consisten en concreto, bloques de cemento o ladrillos y material de excavación y plásticos.

Sin embargo, la reutilización de los plásticos en empresas mexicanas, como materia prima, es mínima. De hecho, el proceso de transformación de botellas de PET a materia prima nueva se lleva sólo hasta el triturado de las botellas, como declara Santiago García, Gerente General del APREPET en el documento “Los precios del PET en el mercado internacional” [10]. En este sentido, el proceso del reciclado del PET sólo está constituido por el acopio, la limpieza, selección y triturado de este, para la obtención de hojuelas, aclarando en particular, los plásticos, comparados con otros productos, no tiene un valor significativo en el mercado. Mientras el aluminio, el fierro, el papel y el vidrio se compran en las empresas recicladoras; el PET usado, tiene un bajo valor de compra. Una característica positiva, para el fabricante y el consumidor de bebidas, es que una botella de plástico pesa poco y ocupa mucho volumen; por ejemplo, una botella de refresco de 600 ml. sólo pesa 30 gramos. Esto,

reduce el costo de transporte de manera significativa; pero, para el recolector, implica tener que juntar 33 botellas para hacer un kilogramo. Algunas empresas están resolviendo esta situación, instalando centros de acopio donde se prensa o muele el material, lo que facilita su traslado, pero aun, el mercado del PET es fluctuante, la tecnología de transformación pertenece a los países de primer mundo en general, mencionan en el documento generado por la Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental [3].

Desafortunadamente, en México se cuenta con poca infraestructura en las empresas recicladoras de plástico. Existen muchas empresas dedicadas al reciclaje de plásticos a pequeña escala que realizan esta actividad de manera improvisada, sin contar con una infraestructura adecuada, por lo que no logran producir materiales con estándares de precio y calidad competitivos. De esta manera el recuperar un material de los residuos sólidos y ponerlo en circulación nuevamente como un producto útil suele ser no rentable.

Es por eso que las universidades y centros de investigación trabajan en el desarrollo de diversos usos y tecnologías para la recuperación y reutilización del PET. Usos como la elaboración de la manufactura de fleje plástico, lamina plana, fibras poliéster para ropa, madera plástica, tarimas o fibra para alfombras, por mencionar algunos. Todos estos artículos, son producidos mediante diversos sistemas y tecnologías de recuperación, como: los mecánicos y los químicos.

Dentro de la tecnología de reciclado mecánico, existen diversos desarrollos y estudios sobre el PET como el realizado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en la que convierte el PET en escobas, láminas translúcidas, canales para irrigación, tuberías para drenaje y otros productos, La revista electrónica "Reciclar para ganar: el mejor negocio" refiere que científicos de la UNAM, del Instituto de Investigaciones en Materiales, utilizan las nanopartículas y un cabezal mezclador para exfoliar las arcillas por medio de la incorporación química de partículas, que son de dimensiones nanoscópicas (más pequeñas que las microscópicas), que le confieren al PET propiedades excepcionales. [5].

Demostrando que el uso de insumos producidos a partir de artículos reciclables es una opción que da una segunda oportunidad a aquellos, que han perdido su función útil y son vistos como residuos indeseables.

Al margen de esto se puede mencionar que dentro de los beneficios económicos, de importancia para un país en desarrollo como México, el reciclaje crea un número significativo de empleos, particularmente en el sector manufacturero. El reciclaje también puede dar como resultado algunos empleos perdidos, en disposición de desperdicios, extracción y procesamiento de material virgen.

En este sentido, este trabajo tuvo como objetivo, crear una alternativa de aplicación del Polietilentereftalato como insumo para la manufactura de empuñaduras de escobas y mechudos, ampliando el uso del reciclado y contribuir a la conservación de un recurso renovable como lo es la madera y los hidrocarburos, así como ayudando a disminuir a las toneladas de botellas plásticas que son dispuestas a los vertederos municipales, dando una razón menos para la explotación de nuestros bosques, además de generar una alternativa de negocio sustentable.

Materiales y métodos experimentales.

Para llevar a cabo esta investigación, después de elaborar el estado del arte, se realizó una selección de métodos para la recuperación y transformación de las botellas de PET, y convertirlo en un producto terminado, estos fueron:

Método de reciclaje, las tecnologías para este método, dependen del material y el proceso a realizar. En general, estos se dividen en; mecánicos. Este proceso se caracteriza por que no realiza cambios en la estructura química del material; químicos, en este, si es afectada la composición química del PET; es decir transforma las estructuras moleculares de este material. En la incineración, se realiza el cambio de composición interna del plástico, en la que por medio de incineración, se recupera energía, esto lo menciona, Matias Behero en su documento, "Recomendaciones para Reciclar". [6].

Método de transformación, en este es aplicada energía para obtener una forma o diseño requerido, tomando en cuenta factores como, tipo de material, resistencia, corrosión, equipos etc.

Materiales.

En la parte del reciclado de hojuelas se utilizaron los materiales que se enlistan a continuación:

- Botellas transparentes de diversas marcas
- Molino para plásticos

En el caso de la extrusión se llevó a cabo con los materiales que se enlistan:

- Hojuelas de PET de 5mm
- Extrusor marca
- Equipo de seguridad

El uso y la aplicación de estos materiales, métodos y equipos se describen en la sección de Determinación de la factibilidad técnica.

Selección del proceso de recuperación del PET

En lo que respecta al procesamiento de los envases y botellas de PET reciclado, se prefirió el método de reciclaje mecánico basándose en los siguientes criterios:

Técnico. Desde este punto de vista, podemos decir que la tecnología de reciclado mecánico es la más accesible en nuestro país, en comparación con otros métodos como el químico, que requiere de infraestructura y equipo más sofisticados.

Hoy es posible acceder a una tecnología más madura para el reaprovechamiento de este polímero. De hecho, ya existen varias compañías que están ofreciendo tecnología, maquinaria, capacitación y líneas completas para la transformación de este material

Ambiental. En este punto, el proceso de reciclado mecánico del PET, implica un impacto menor en el ambiente, debido a que los polvos generados son fácilmente reutilizables. Es importante destacar que el reciclaje mecánico es preferible al químico o a la incineración, debido a que supone un ciclo más corto y más positivo para el ambiente. Además, este método de recuperación presenta la ventaja de que las sustancias tóxicas, que están contenidas en este plástico, no se liberan sino que permanecen ligadas al PET, menciona Chalita Fajel [7].

Selección del proceso de transformación

Una vez seleccionado el método para la recuperación o reciclaje de las botellas de PET, se prosiguió con la selección del proceso de transformación a utilizar, esta elección se elaboró con base en los criterios técnico y ambiental, los que a continuación se describen.

- **Técnico.** En comparación con otros procesos, como la inyección, el método de extrusión requiere de infraestructura y equipo menos sofisticados. Además cuenta con ventajas como las que se enlistan en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Ventajas y Desventajas del proceso de Extrusión

| <i>VENTAJAS</i> | <i>DESVENTAJAS</i> |
|--|--|
| 1. Presenta menor problemática en el manejo de materiales reciclados | 1. No se recomienda para la manufactura de piezas detalladas |
| 2. No se limita por altura de un molde | 2. Puede retener material en el cañón, por exceso en la temperatura. |
| 3. El mantenimiento del equipo es menor | |
| 4. Las boquillas para el extrusor sufren menos 5. Obstrucciones que el de las inyectoras | |

Adicionalmente, el extruido no requiere de pelletización. Es decir, las hojuelas se pueden utilizar directamente en el proceso. De esta manera, se genera un ciclo de transformación más corto y de menor costo.

- **Ambiental.** El proceso de extrusión del PET, tiene ventajas ambientales comparadas con otros procesos como la pelletización (producción de glóbulos de PET). En este sentido, los residuos que se generan durante la extrusión, en este proceso, son tan sólo el 0.5% del material degradado, y otro 0.5% en el corte del perfil. Es decir al disminuir la producción de residuos, el proceso resulta ser más eficiente.

Resultados y Discusiones.

Determinación de la factibilidad técnica de la manufactura de perfiles de PET reciclado

a).-Realización de pruebas de extrusión

Una vez seleccionado el proceso de extrusión, como el ideal para la transformación de las botellas de PET, se realizaron pruebas para conocer el comportamiento del material en el proceso.

Primero se tomaron las tres muestras de hojuela especificadas en la tabla1, las cuáles fueron procesadas en un extrusor mono husillo, marca OXXO² en condiciones que se especifican en la Tabla 4

Tabla 4. Condiciones de operación del extruido de hojuela

| <i>Mezcla</i> | <i>Tamaño de hojuela</i> | <i>Revoluciones por minuto(Rpm)</i> | <i>Temperatura de cabezal</i> |
|---------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| M1 | 5mm | 30 | 260 |
| M2 | 5mm | 30 | 270 |
| M3 | 5mm | 30 | 260 |

Para estas pruebas, se llevo a cabo el balance de materia, en esta se determinan los porcentajes de perdida y aprovechamiento del material, así como la eficiencia del proceso. En la Tabla 5 se muestran los resultados de este balance.

Tabla 5. Balance de materia de extrusión

| MEZCLAS | PESOS (Kg) | | |
|---------------------------|------------|-------------|------------|
| | Tubo | prueba | Diferencia |
| M1 | 0,8 | 3,2 | 2,40 |
| M2 | 0,8 | 3,6 | 2,80 |
| M3 | 0,6 | 2,5 | 1,90 |
| Otro | 0,0 | 2,5 | 2,50 |
| Total | | 11,80 | 9,60 |
| Masa inicial | 10,0 | Masa final | 9,60 |
| Subproducto | 0,4 | | |
| porcentaje de subproducto | 4% | Rendimiento | 96% |

Nota: Por razones de balance de materiales, se incluyo una mezcla denominada "otro".

Las condiciones de operación llevadas a cabo durante el extruido del plástico y el comportamiento de la pieza post-solidificación, se observan en la Tabla 6. Cabe mencionar que debido a condiciones de operación, no se determinaron algunas propiedades específicas de los plásticos obtenidos.

Tabla 6. Condiciones de operación para la extrusión.

| MEZCLAS | EXTRUSORA | | | RPM | PIEZA | | | |
|---------|-------------|-------|-----|-----|---------------------|-------------------------|-----------------|-------|
| | TEMPERATURA | | °C | | TMPO DE SOLID (MIN) | TMPO DE OPERACIÓN (Hrs) | FRACTURAS SOLID | |
| | BOQUILLA | CAÑON | | | | | CAMARA | SOLID |
| M1 | 240 | 260 | 250 | 25 | 15 | 1 | X | |
| M2 | 250 | 270 | 250 | 30 | 12 | 0,5 | X | |
| M3 | 260 | 270 | 240 | 30 | 10 | 0,5 | | X |


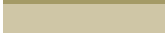
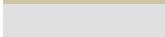
Es importante hacer hincapié que el color del producto acabado, está relacionado directamente con la temperatura y marca de hojuela utilizada, así como el grado de Cristalinidad del PET. Es decir, la temperatura de la masa durante el proceso de extrusión tiene un efecto significativo en la transparencia del producto obtenido.

Cuanto más elevada sea la temperatura, se tendrá una mayor cantidad de cristales fundidos. Sin embargo, aumentar la temperatura de forma variable puede tener repercusiones generando acetaldehído e incluso se podría degradar térmicamente el polímero.

Además, al tratarse de un material reciclado hay probabilidades de encontrar contaminantes de otros plásticos. En este sentido el PVC, se presenta constantemente como contaminante del PET, el cual, al tener un punto de fusión más bajo que el del PET sufren

una degradación más temprana, es por eso, que en el procesamiento del PET reciclado, suele encontrarse saturación de puntos negros en piezas hechas de este material. En la Tabla 7 están establecidos los colores, la consistencia y fragilidad presentada por el PET extruido según la mezcla utilizada.

Tabla 7. Características del material terminado.

| <i>Mezcla</i> | <i>Color</i> | <i>Consistencia</i> | <i>Rompimiento 1.5m</i> |
|---------------|---|---------------------|-------------------------|
| M1 |  | Pastosa | Si |
| M2 |  | Semi-pastosa | Solo presenta fractura |
| M3 |  | Parecida a la miel | Sin daño. |

Estos resultados, muestran que el PET reciclado, en las condiciones específicas mencionadas con anterioridad no es factible para el soporte de cargas, por lo tanto no se podría utilizar como insumo para la manufactura de empuñaduras, al presentar fracturas desde una altura de 1,5 m. Sin embargo es posible aplicarse este material para la elaboración de artículos que no estén expuestos a cargas. Es decir, con base en lo anterior se decidió buscar, algún producto en el que se pudiese utilizar este material, el cuál cumpliera con la característica de no estar expuesto a estas condiciones. En este sentido, se optó por probar con la manufactura de perfiles que se utilizan para marcos de documentos, estos presentaron un mejor desarrollo, pues a diferencia de la madera, este material no se prende con facilidad, lo que muestra ventajas de seguridad para hogares u oficinas. Además al ser un material inerte, puede ser usado en exteriores, ya que no sufre degradación por acción de agentes naturales; es decir, bacterias, polilla o humedad.

b).- Realización del diseño, de la boquilla de PET reciclado

Debido a las ventajas presentadas por el PET reciclado, se propuso el diseño de una boquilla para extruir estos perfiles plásticos. Este diseño está basado en las características físicas del PET reciclado, así como en las condiciones de operación ya establecidas por fabricantes de perfiles. En la tabla 8 se enlistan algunas características consideradas.

Tabla 8. Características importantes para el diseño de boquillas

| <i>Características</i> | <i>Unidades</i> |
|---------------------------|-----------------|
| Índice de contracción | .09% |
| Fluidez | 100 gr/min |
| Tiempo de solidificación. | 5 min |

Con base en las pruebas descritas con anterioridad se determina que:

- 1) El Pet, que no es seleccionado correctamente, cuenta con un mayor número de ppm de PVC. Esto por lo tanto disminuye sus propiedades de elasticidad, resistencia mecánica y térmica.
- 2) El Pet reciclado (RPet) para la aplicación de una escoba o un cuerpo cilíndrico con diámetro menor a 10 cm, tiene una resistencia de 2 kg al esfuerzo generado por 2 fuerzas contrarias.
- 3) El RPet, después de haber pasado de un termo estable a un termofijo, pierde una de sus propiedades más importantes, la cual es la resistencia al impacto. Debido a que

su fragilidad se incrementa.

- 4) El RPET, para ser aplicado como un palo de escoba, con un diámetro de 2.90 cm, de cuerpo sólido; serían necesarios 3 kg de RPET aproximadamente. Por lo tanto este, sería muy pesado en comparación con el promedio de los palos utilizados comúnmente por las amas de casa que no rebasa el kg. Por lo tanto el costo de fabricación no es viable.

Para el caso del análisis del mercado del PET se pudo observar que: los envases de PET recuperados post-consumo no son sustitutos de la materia prima utilizada para fabricar envases para productos de consumo humano (refrescos, bebidas varias y productos líquidos alimenticios), por cuestiones de regulaciones internacionales de calidad e higiene.

Se cree que esto limita las posibilidades de utilizar información, de precios de materias primas vírgenes para fabricar envases, para determinar políticas de gestión de residuos sólidos por el lado del fabricante de los envases (de manera exclusiva). Por lo tanto, la opción alternativa que propone esta tesis; es viable. En este sentido por cada marco de aproximadamente 20 x 10 cm, se estaría reutilizando un total de 700gr de RPET.

Este indicador nos señala que por cada 10 botellas de 1lt de agua se estaría elaborando 1.3 marcos aprox.

También se estaría ahorrando madera, por la sustitución de este material.

Conclusiones y perspectivas

Es este artículo se presentaron los resultados obtenidos de la selección de hojuelas de cuerdo a marcas y usos, las cuales determinaron el color, texturas y fragilidad del producto terminado

Dentro de las aportaciones de la investigación se pueden mencionar: el planteamiento y construcción prototípica del proceso de extrusión perfiles de PET reciclado. Así también que el PET reciclado no es un material que se pueda usar para fabricar empuñaduras de escobas o mechudos; al presentar fracturas ante la aplicación de cargas no es apto para soportar los esfuerzos que generara la acción de barrer o limpiar.

El trabajo al futuro inmediato será; la caracterización del material para verificar la posibilidad de utilizarlo en otras aplicaciones como: chalupas para enchufes, canaletas u otro tipo de perfiles.

Además, por medio del reciclaje mecánico, también se generan fuentes de trabajo a lo largo de la cadena de reciclado. En este sentido, nos referimos a los recolectores (pepenadores), recicladores, distribuidores y transformadores. En otras palabras, el reciclaje del PET fomenta beneficios sociales; pues las prácticas ligadas a éste, han favorecido a grupos humanos marginados.

Es por todo lo anterior, que el reciclado mecánico fue elegido como el método más conveniente, usando los criterios ya definidos.

Agradecimientos.

Realizamos un agradecimiento especial a la Universidad Tecnológica de Puebla, por las facilidades recibidas por parte del Departamento de proceso de esa institución, todas las pruebas de extrusión de éste trabajo se realizaron en el laboratorio de manufactura bajo asesoría del Ing. José Hilario Figueroa y Ortega.

Referencias

1. Ramona Guillen (2003), Una industria a prueba de crisis, Ambiente plástico, <<http://www.ambienteplastico.com>>, Consultado: 12 de junio de 2009.
2. Instituto Nacional de Ecología (20 de octubre 2004). Deforestación en México y cambio climático, *Fines informativos*, [on line], Vol. 5, Art.7. < <http://www.ambiental.net/noticias/htm>> Consultado: 20 de diciembre de 2008
3. Thesis Consultores S. C (2002) Análisis de los mercados de diversos materiales vírgenes y reciclados para la producción de envases, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, < <http://www.ambiental.net/noticias/htm>>, Consultado: 20 de mayo 2008.
4. Arturo Cristán Frías , Irina Ize Lema y Arturo Gavilán García, Situación de los residuos en México, <www.ine.gob.mx/publicaciones>, Consultado: 10 de octubre 2009.
5. Sánchez Antonio, (12 de febrero 2007). La UNAM convierte plásticos PET en escobas, láminas y tuberías, *La crónica de hoy*, [on line], S/ Vol, Art 1, < <http://www.cronica.com.mx/nota> .>, Consultado: 10 agosto 2008
6. Matias Berho-Matias Pisoni (2007), Recomendaciones para reciclar, *Diseño Industrial FADU-UBA*, <www.catedragalan.investigacionaccion.com.>, Consultado: 20 de julio 2008
7. Chalita Fajel, Roberto. Reciclaje de los plásticos. Barranquilla: *Corporación Educativa Mayor del Desarrollo Simón Bolívar*, 2005.
8. Universidad Metropolitana,(4 de enero 2006).Tómalo en serio, *Universidad Autónoma Metropolitana*, [on line], <<http://www.concienciaambiental.com.mx/cca/pet.htm>> ,Consultado :4 de febrero de 2009
9. Pérez Escobar Milton, Tesis de maestría en Ingeniería civil (2008),*Elaboración de Matrices de polímeros reciclados con fibra de la estopa de coco*, Universidad de San Carlos de Guatemala, sitio web, <<http://www.uniguatemala.com>>. Consultado 15 de marzo de 2009.
10. García Santiago, (10 de marzo 2007). Los precios del PET en el mercado internacional, *Manufactura*,[on line],Vol. 10, Art. 4. < <http://www.aprepet> .>, Consultado: 8 de febrero de 2008
11. 4. BIOAX RECICLA A.C. (10 de Febrero 2009) Datos estadísticos del PET en México, *Olor a mi tierra* [on line],Vol. 6, Art.3. <<http://www.oloramitierra.com.mx>> Consultado: 16 de Marzo 2009
12. KIE Maquinas e Plásticos Ltda. Línea de PET – Intermedia [online]. Brasil.: <<http://www.kie.com.br/esp/linpeti.htm>.> Consultado 17 de diciembre de 2008
13. M. Arandes José (Marzo 2004).El reciclado de residuos plásticos, *Revista Iberoamericana de Polímeros*,[on line],Vol.5, Art.1, <<http://www.revista.iberamericana.de.polimeros>>. Consultado; 14 de abril 2008