



APROVECHAMIENTO DEL TRITURADO PET EN EL DESARROLLO DE MOLDES PARA FIGURAS DE LABORATORIO DE LOGÍSTICA EN LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SEDE VILLAVICENCIO

Leidy Fabiana Acosta Mojica, María Fernanda García Lotero, Juan Pablo Zuluaga Huertas

**Universidad Santo Tomás
Villavicencio, Colombia**

Resumen

El presente proyecto tuvo como finalidad diseñar figuras para el laboratorio de logística a partir de moldes tipo Lego utilizando el triturado PET como material base para así reducir el porcentaje de contaminación que se presenta en la ciudad en la ciudad de Villavicencio por medio del aprovechamiento de uno de los materiales más contaminantes como son las botellas de polietileno tereftalato, realizando en primer lugar la identificación de un modelo de logística óptimo para la recolección de botella, con ello, establecer la metodología para la transformación del plástico y desarrollo de las figuras, por último realizar diversas pruebas de resistencia a las figuras obtenidas del plástico reciclado moldeadas tipo Lego.

Con base a lo anteriormente mencionado, se resalta que las botellas PET (tereftalato de polietileno, politereftalato de etileno, polietilenotereftalato o polietileno tereftalato) son envases plásticos que generan gran contaminación e impacta negativamente el medio ambiente dado que son fabricadas mediante productos derivados del petróleo, los cuales ocasionan gases contaminantes al momento su extracción. Estos envases presentan una alta aplicación dentro de la industria para el envasado de bebidas carbonatadas, aguas minerales, aceites comestibles, vinagre, zumos, té, bebidas isotónicas, detergentes y artículos de limpieza, cosméticos y salsas, entre otros productos con gran demanda en el mercado a nivel mundial. Gracias a esta alta demanda, existen muchas botellas PET, de las cuales un gran porcentaje son desechadas a la basura, negándole así la oportunidad de ser reutilizadas, convirtiéndose así en una fuente de problemas que han prevalecido en el tiempo afectando la biodiversidad del país; no obstante, esta situación se desea cambiar por medio del

aprovechamiento del triturado de botellas PET para el desarrollo de moldes tipo lego, los cuales se desean fabricar llevando a cabo una investigación que indique el método más apropiado para la recolección de las botellas de acuerdo a la cantidad de materia prima desechada y a los puntos claves (lugar) donde llegan a dar estas, además de indagar si hay empresas que ya realicen dicho proceso, lo cual sería de gran ayuda pues solamente se tendría que llegar a un acuerdo con estas para el suministro de la materia prima.

Posteriormente se tuvo que proceder a realizar el proceso de selección en donde son separadas las etiquetas, materias férricas entre más con el fin de obtener una mejor calidad óptima. Seguidamente se dispuso a triturar la materia prima con el fin de obtener la granulometría para luego ser lavada y secada eliminando así las impurezas que esta podría presentar, para después finiquitar con el proceso de granceado donde esta toma forma de figuras tipo lego con ayuda de diversos moldes los cuales podrían ser utilizados en el laboratorio de logística de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio , todo esto con el fin de brindar un segundo uso a las botellas PET desechadas en la capital del Meta al mismo tiempo de promover el cuidado al medio ambiente y disminución de la contaminación.

Palabras clave: moldes; PET; triturado

Abstract

The purpose of this project was to design figures for the logistics laboratory from Lego-type molds using shredded PET as a base material in order to reduce the percentage of pollution that occurs in the city of Villavicencio through the use of one of the most polluting materials such as polyethylene terephthalate bottles, firstly, by identifying an optimal logistic model for the collection of the bottle, then, establishing the methodology for the transformation of the plastic and the development of the figures, and finally, carrying out several resistance tests to the figures obtained from the recycled plastic molded in a Lego-type mold.

Based on the above mentioned, it is highlighted that PET bottles (polyethylene terephthalate, polyethylene terephthalate, polyethylene terephthalate or polyethylene terephthalate) are plastic containers that generate great pollution and negatively impact the environment since they are manufactured with petroleum products, which cause polluting gases at the time of extraction. These containers are widely used in the industry for the packaging of carbonated beverages, mineral waters, edible oils, vinegar, juices, tea, isotonic beverages, detergents and cleaning products, cosmetics and sauces, among other products in great demand in the world market. Thanks to this high demand, there are many PET bottles, a large percentage of which are discarded in the trash, denying them the opportunity to be reused, thus becoming a source of problems that have prevailed over time, affecting the country's biodiversity; However, this situation is to be changed through the use of PET bottle crushing for the development of lego-type molds, which are to be manufactured by conducting an investigation to indicate the most appropriate method for the collection of bottles according to the amount of raw material discarded and the key points (place) where they come to give these, in addition to finding out if there are companies that already perform this process, which



would be of great help because it would only have to reach an agreement with them for the supply of raw material.

Subsequently, the selection process had to be carried out, where the labels, ferrous materials and others are separated in order to obtain a better optimum quality. Next, the raw material was crushed in order to obtain the granulometry and then washed and dried, thus eliminating the impurities that could be present, and then finished with the process of granulation where it takes the form of lego-like figures with the help of various molds which could be used in the logistics laboratory of the Universidad Santo Tomás Villavicencio, all this in order to provide a second use for PET bottles discarded in the capital of Meta while promoting environmental care and pollution abatement.

Keywords: molds; PET; shredded

1. Introducción

El plástico PET o polietileno de tereftalato es un material caracterizado por su ligereza, resistencia mecánica a la compresión y a las caídas, alto grado de transparencia y brillo. Esta conserva el sabor y aroma de los alimentos lo cual lo hace apetecible para la fabricación de botellas utilizadas principalmente para gaseosas, agua mineral, cosméticos, aceites, mayonesa, salsas, entre otros. (Hachi & Rodriguez, 2010).

Algo importante a resaltar es la capacidad de reutilización que este posee, puesto que, gracias a sus propiedades lo hace 100% reciclable, lo cual es de gran alivio y beneficio debido a que la mayor problemática de la contaminación hoy en día es producida por las botellas plásticas tipo PET por lo que su proceso de fabricación requiere químicos como el Policloruro de vinilo PVC, el Polietileno Tereftalato (PET) y el Polipropileno (PP), lo cuales son elementos que generan un impacto negativo al medio ambiente; además de que, después de utilizados, los envases PET, en su mayoría no son reciclados lo que ocasionan un gran daño al medio ambiente debido a que la mayoría de las empresas fabricantes no poseen buenas prácticas de reutilización ya que no se hacen responsables de sus envases, por ende estos son desechados irresponsablemente por las personas acabando en los océanos o los vertederos (Ortíz, 2018), no obstante, esta problemática podría ser mejorada con ayuda del reciclaje y transformación de este.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Diseñar figuras para laboratorio de logística a partir de moldes tipo Lego utilizando el triturado PET como material base.

2.1 Objetivos específicos

- Identificar un modelo de logística óptimo para la recolección de botellas PET.
- Establecer los pasos necesarios para la transformación del plástico y desarrollo de las figuras.
- Aplicación de los pasos estipulados para la transformación del plástico y desarrollo de las figuras.



- Realizar diversas pruebas de resistencia a las figuras obtenidas del plástico reciclado moldeadas tipo Lego.

3. Metodología

Fase 1. Búsqueda y recopilación de información. En esta fase se realizará una revisión bibliográfica, con ayuda de fuentes secundarias y terciarias encontradas en los repositorios institucionales, recursos electrónicos del CRAI USTA, SciELO, google scholar, entre otras que permitirán tener un concepto más claro acerca del PET, su clasificación, propiedades, entre otros que ayudarán a definir los pasos necesarios para la transformación del plástico y desarrollo de las figuras.

Fase 2. Diseño del modelo. En esta fase se diseñará el modelo tipo lego a representar con ayuda del software LEGO Digital Designer en donde se podrá escoger las fichas necesarias para el prototipo deseado. Además de esto, se resalta que la fabricación de este modelo se llevará a cabo utilizando el triturado PET como material base, con el fin de darle un segundo uso al plástico.

Fase 3. Diseño de maquinaria necesaria para la transformación del PET. Con ayuda del software Solidworks, se realizará un prototipo en 3D de una trituradora y extrusora en donde se definirá las dimensiones y material de cada una de las partes del prototipo con el fin de obtener el tamaño óptimo para el triturado del PET y así facilite la fabricación de las figuras tipo lego.

Fase 4. Recolección de PET. Por medio de un modelo de logística se llevará a cabo la recolección de botellas PET en la ciudad de Villavicencio Meta, con el fin de obtener la materia prima a transformar de modo más eficiente y eficaz.

Fase 5. Montaje del proceso de transformación. En esta fase se representará de manera real el modelo del prototipo en 3D de la trituradora y extrusora, los cuales fueron diseñados en el software Solidworks, con el fin de poder hacer el proceso de transformación de las botellas PET de acuerdo a los pasos previamente establecidos en la fase 1.

Fase 6. Fabricación de las figuras. Habiendo ya realizado cada una de las fases del proceso de transformación del PET, se procederá a moldear las figuras con ayuda de una impresora 3D con el fin de obtener las figuras tipo LEGO necesarias para una banda transportadora de rodillos.

Fase 7. Prueba de resistencia. Para dar cierre, en esta última fase se realizará diversas pruebas de resistencia a las figuras obtenidas del plástico reciclado moldeadas tipo Lego, con el fin de conocer la calidad del producto realizado.



4. Desarrollo

4.1. Fase 1. Búsqueda y recopilación de información

Para garantizar el buen desarrollo de un proyecto es necesario tener una amplia perspectiva del tema que se está tratando, en este caso, el plástico PET, el cual es un polímero muy usado en envases de bebidas y textiles que se obtiene mediante un proceso de polimerización de ácido tereftálico y monoetilenglicol. (Acoplásticos)

4.1.1 Propiedades del PET

El PET presenta propiedades mecánicas excelentes como la resistente al desgaste y al plegado, aceptable a oxígeno y humedad, alta resistencia química e indeformabilidad térmica, transparente y cristalino, admite algunos colorantes, liviano, 100% reciclable, entre otras que lo hacen un material útil para la fabricación de diversos productos. (Envaselia)

La tabla donde se observa de modo más específico las propiedades térmicas, mecánicas y eléctricas del PET.

PROPIEDADES	Metodos de ensayo ISO/(IEC)	Unidades	Valores
Color		Natural	BL/Ne
Densidad	1183	g/cm ³	1,39
Absorción de agua:			
despues de estar 24/96 h sumergido en agua a 23°C	62	mg	jun-13
	62	%	0,07/0,16
hasta la saturacion en aire a 23°C / 50% HR		%	0,25
hasta la saturacion en aire a 23°C		%	0,5
PROPIEDADES TERMICAS			
Temperatura de Fusion		°C	255
Conductividad termica a 23°C		W/(K-m)	0,29
Coefficiente de dilatacion termica lineal:			
-Valor medio entre 23 y 60 °C		m/(m-K)	60-10 ⁻⁶
-Valor medio entre 23 y 100°C		m/(m-K)	80-10 ⁻⁶
Temperatura por deformacion por carga:			
-por metodo A: 1,8MPa	75	°C	75
Temperatura maxima de servicio en aire:			
-en periodos cortos		°C	160
-en continuo: durante 5.000/20.000 h		°C	115/100
Temperatura minima de servicio			-20
Inflamabilidad			
-Indice de oxigeno	4589	%	25
-con respecto a la clasificacion UL 94 (para 3/6 mm de espeso)			HB/HB



PROPIEDADES MECANICAS A 23°C			
Ensayo de tracción			
-esfuerzo de tension para fluencia	527	MPa	90
-elongacion a la rotura			15
-modulo de elasticidad			3.700
Ensayo de compresion			
-esfuerzo al 1/2/5% de deformación	604	MPa	26/51/103
Ensayo de fluencia a traccion			
-esfuerzo necesario para producir un 1% de deformación las 1.000h	899	Mpa	26
Resistencia al impacto Charpy-sin entalla	179/1eU	kJ/m2	≥50
Resistencia al impacto Charpy-con entalla	179/1eU	kJ/m2	2
Resistencia al impacto Izod- con entalla	180/2A	kJ/m2	2
Dureza con bola	2039-1	N/mm2	170
Dureza Rockwell	2039-2		M96
PROPIEDADES ELECTRICAS A 23°C			
Resistencia dielectrica	60243	KV/mm	22
Resistividad volumetrica	60093	Ω-cm	>10 ¹⁵
Resistividad superficial		Ω	>10 ¹⁵
Permeabilidad relativa	-a 100 Hz	60250	3,4
	-a 1 Hz	60250	3,2
Factor de perdidas dielectricas a	-a 100 Hz	60250	0,001
	-a 1 MHz	60250	0,014
Indice comparativo de la resistencia a la descarga superficial (CTI)	60112		600

Ilustración 1: Propiedades físicas del PET. Obtenido de: <http://www.elaplas.es/wp-content/uploads/pet.pdf>

4.1.2. Procesos requeridos para la transformación del PET

El proceso de transformación de plástico se lleva a cabo por medio de fases que se deben llevar de modo consecutivo para así llegar a la obtención de un producto final óptimo. Cabe destacar que cada una de las fases requeridas para el proceso, necesita una serie de herramientas y máquinas que facilitará y optimizará la transformación del PET.

Las fases requeridas para el proceso de transformación del PET son:

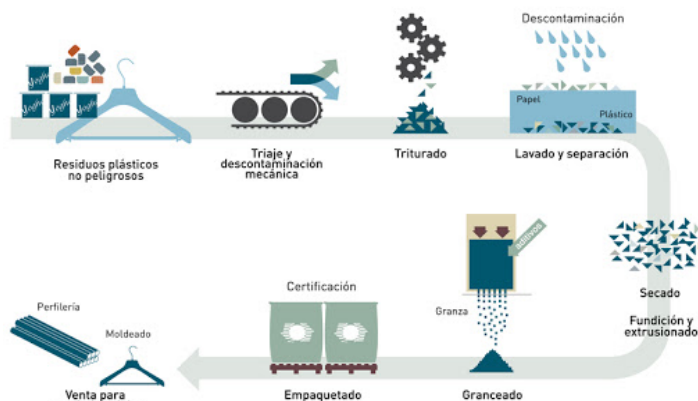


Ilustración 2: Proceso de transformación del plástico PET. Obtenido de: <http://www.recicladoslared.es/proceso-de-reciclaje-de-plasticos/>

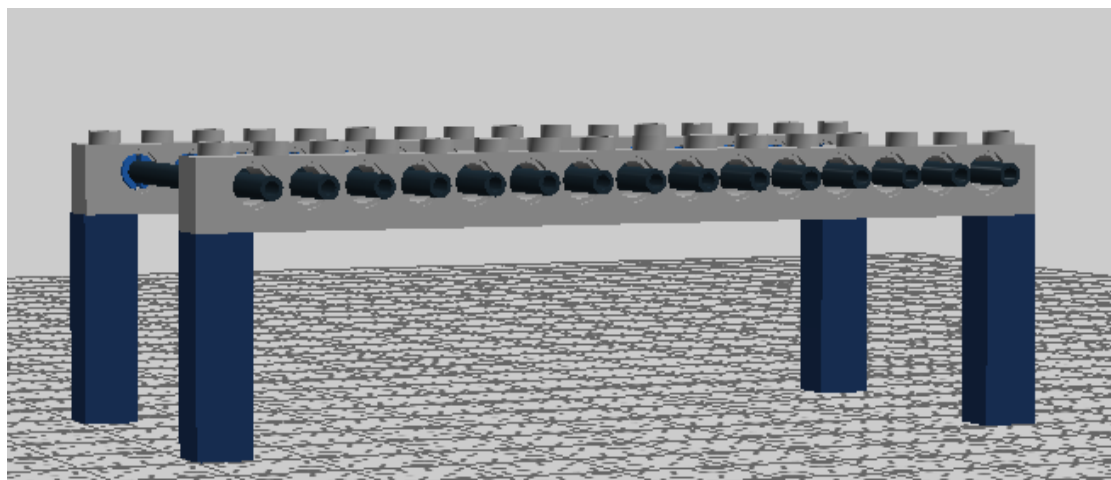
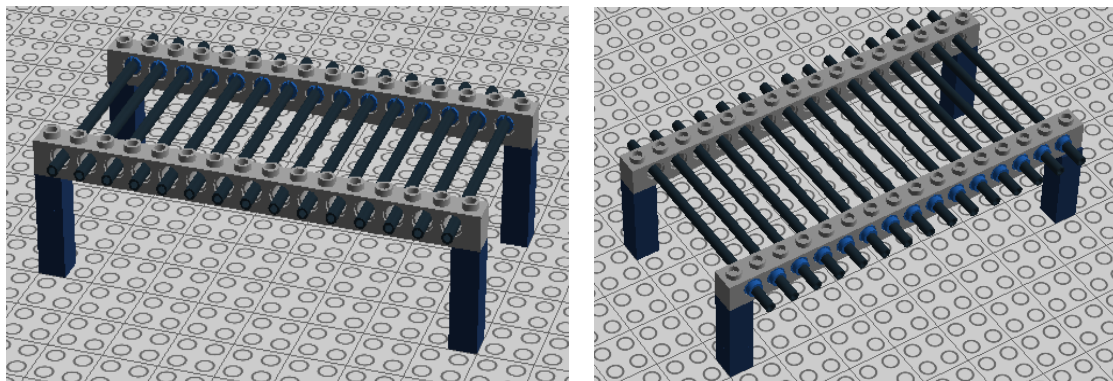


1. *excepción o acopio*: Permite tener un punto específico para la recolección del material, es importante tener preclasificado las botellas PET, para que este sea de calidad y haya un buen suministro de esta materia prima por material, con el fin de no ser rechazado por la industria. (Replasander)
2. *Proceso de selección*: Al tener recepcionada la materia prima es se procede a un proceso de selección, pasa a un proceso de calidad en donde es separado las etiquetas la etiquetas, materias férricas entre más con el fin de obtener una mejor calidad óptima, además se debe hacer la segregación de colores del plástico con el fin de disminuir el consumo de colorantes. (Reciclados plásticos)
3. *Triturado*: En este paso se logra la granulometría del plástico, por medio de unas piezas que rompen y trituran a través de unas cuchillas giratorias, con el fin de reducir los trozos en pequeños pedazos, para posteriormente seguir con el lavado y secado. (Reciclados plásticos)
4. *Lavado*: Se suele hacer sobre el triturado, en donde se utilizan aspas que remueven el agua para eliminar las impurezas como piedras, tierra, arena que estén en la superficie de escama y será más denso que el agua. (Mariano, 2011)
5. *Secado y centrifugado*: El material es extraído de la zona de lavado y pasa al centrifugado para lograr una eliminación de agua y de cualquier impureza que haya quedado de los pasos anteriores. Cabe resaltar que si al llevar a este proceso el nivel de suciedad sigue se puede duplicar o triplicar. (Mariano, 2011)
6. *Extrusión y Granceado*: El granceado es de forma opcional de cada empresa, esto depende del producto al cual se quiere llegar. Costa de una máquina extrusora encargada de la extrusión de polímeros y el resultado obtenido es según su forma y diseño que se desee. Este proceso permite el aprovechamiento de la materia prima. (Jiménez, 2013)

4.2. Fase 2. Diseño del modelo

Haciendo hincapié en el hecho de que LEGO Digital Designer es un software que “permite diseñar cualquier construcción y cuenta con un número ilimitado de piezas de todo tipo incluyendo componentes eléctricos y la mayoría están disponibles en varios colores” (España); se resalta que esté facilitó el diseño del modelo requerido para este proyecto puesto que este cuenta con una interfaz de fácil manejo el cual permite crear modelos 3D en cualquier figura además de poder visualizarlos en cualquier perspectiva gracias a la herramienta que permite rotar la figura y mostrar diversas vista del diseño en construcción.





Prototipo del modelo tipo LEGO a fabricar haciendo uso del Software LEGO Digital Designer. Fuente: Autor

El modelo tipo lego diseñado (prototipo de banda transportadora de rodillos) cuenta con cuatro distintos estilos de piezas.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	UNIDADES REQUERIDAS	ILUSTRACIÓN
Pieza 1 "Brick 1x1"	Es utilizada como soporte de la banda transportadora apilada con 2 unidades más, cabe resaltar que se requieren de cuatro soportes para el prototipo.	12 unidades	
Pieza 2 "Outer Cable 80 mm"	Es utilizada como rodillo para la banda transportadora, esta es insertada con ayuda de la pieza 3 en los orificios de la pieza 4.	15 unidades	

Pieza 3 "Connector Peg W, Knob"	Es utilizada como conector para la pieza 2 con la pieza 4.	15 unidades	
Pieza 4 "Technic Brick 1x16, Ø4,9"	Es utilizada como bastidor en la banda transportadora. Esta pieza cuenta con 15 orificios en los cuales son insertadas la pieza 2.	2 unidades	

5. Conclusiones

De acuerdo a lo estipulado en la fase 1, se obtuvo que para la transformación del plástico PET es necesario contar con seis fases las cuales permitieron llegar a un producto final esperado (Molde tipo LEGO-Banda transportadora de rodillos), para así poder darle un segundo uso a las botellas PET.

Por otro lado, en cuanto a la fase 2, se diseñó una banda transportadora con ayuda de moldes tipo LEGO con el fin de suplir la necesidad del laboratorio de logística de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, puesto que esta es necesaria para las prácticas. Se resalta que el diseño de este prototipo requirió un total de 44 unidades de piezas tipo lego.

6. Referencias

Artículos de revistas

- Hachi, J., & Rodríguez, J. (marzo de 2010). Estudio de factibilidad para reciclar envases plásticos polietileno tereftalato (PET), en la ciudad de Guayaquil. *Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana*.
- Jiménez, U. (octubre de 2013). Análisis de Ciclo de Vida de las botellas de PET que se recolectan como residuo en el Municipio de Ecatepec de Morelos. *Repositorio de la Universidad Nacional Autónoma de México*.
- Mariano. (30 de mayo de 2011). *Tecnologías de los plásticos*. Obtenido de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/proceso-de-reciclaje-del-pet.html>
- Ortiz, J. (septiembre de 2018). Ética en la producción de botellas plásticas y su contaminación al medio ambiente. *Caribeña de Ciencias Sociales*.

Fuentes electrónicas

- Acoplásticos. (s.f.). Obtenido de <https://www.acoplasticos.org/index.php/mnu-pre/opm-bus-pref/36-opc-fag-pre4c>
- Envaselia. (s.f.). Obtenido de <https://www.ensavelia.com/blog/tereftalato-de-polietileno-id12.htm>
- España, L. (s.f.). *EsMindstorms*. Obtenido de <https://www.esmindstorms.com/lego-digital-designer/>



- *Reciclados plásticos*. (s.f.). Obtenido de <http://www.recicladoslared.es/proceso-de-reciclaje-de-plasticos/>
- *Replasander*. (s.f.). Obtenido de <https://replasander.com.co/procesos-del-reciclado/>

Sobre los autores

- **Leidy Fabiana Acosta Mojica**: Estudiante de Ingeniería Industrial. Integrante del Semillero de Investigación Gindeollanos, Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, leidy.acosta@usantotomas.edu.co
- **María Fernanda García Lotero**: Estudiante de Ingeniería Industrial. Integrante del Semillero de Investigación Gindeollanos, Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, mariagarcial@usantotomas.edu.co
- **Juan Pablo Zuluaga Huertas**: Ingeniero Industrial, especialista en contratación pública, especialista en auditoría de servicios de salud, maestría en dirección y gestión de proyectos. Profesor Líder Semillero de Investigación Gindeollanos, Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, juanzuluagah@usantotomas.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

