

Máquina Recicladora de Botellas PET para un mundo más sustentable

Santiago Alemán-Romero¹, Erick Martín Cuevas-Montealegre¹, Mauro Adrián Martínez-Cerda¹, Bruno Guadarrama-Rincón¹, Zizilia Zamudio-Beltrán²

¹Universidad La Salle México, Facultad de Ingeniería. Ciudad de México, México.

²Universidad La Salle México, Vicerrectoría de Investigación. Ciudad de México, México.

santiago.aleman@lasallistas.org.mx, erick-cuevas@lasallistas.org.mx,
ma.mc@lasallistas.org.mx, b.gr@lasallistas.org.mx,
zizilia.zamudio@lasallistas.org.mx

Resumen. En la actualidad existe una escasez de infraestructura adecuada y accesible para el procesamiento y reciclaje del material conocido como PET, en esta propuesta se plantea una máquina de reciclaje de PET la cual entregue una recompensa física al usuario, incentivando el reciclaje a la población, utilizando un sistema que implementa una estrategia de control clásico PID para la fabricación de dicha máquina, tomando como referencia experiencias previas de reciclaje en el país, los cuales permiten observar los resultados de las máquinas y los problemas existentes alrededor del país, permitiendo el análisis de los factores necesarios para aumentar el porcentaje de reciclaje en todo el país, incluyendo áreas más allá de las zonas urbanas.

Palabras Clave: Reciclaje, innovación, PET.

1 Descripción de la problemática prioritaria abordada

Cada año se produce una cantidad masiva de residuos en todo el mundo, alcanzando millones de toneladas. Esta creciente generación de basura plantea importantes desafíos en términos de gestión de residuos, impacto ambiental y sostenibilidad. Es necesario abordar esta problemática de manera integral para promover prácticas de reducción, reutilización y reciclaje, así como fomentar una conciencia global sobre la importancia de una gestión responsable de los residuos.

En el trabajo de Sánchez Castellanos (2018), se menciona que de acuerdo con estimaciones de National Geographic (Parker, 2017), desde la industrialización de los plásticos hasta ahora, se han producido, aproximadamente 8,300 millones de toneladas métricas, de las cuales 6300 millones de toneladas se han convertido en residuos. Únicamente 9% se ha reciclado, 12% ha sido incinerado y el resto, el 79%, se acumula en vertederos o invade entornos naturales. Además, la Organización de las Naciones Unidas (ONU Medio Ambiente, 2018) ha confirmado que la situación con respecto a los desechos de plástico es alarmante y que la capacidad para gestionarlos está sobrepasada. Se estima que, si no se toman medidas significativas, para el año 2050 habrá aproximadamente 12 millones de toneladas de residuos plásticos acumulados en vertederos y entornos naturales. Esta proyección resalta la urgente necesidad de abordar el problema de los desechos plásticos y adoptar prácticas sostenibles de gestión de residuos a nivel global.

Memorias del Concurso Lasallista de Investigación, Desarrollo e innovación

Vol. 10, Núm. 1, pp. DyT 52-57, 2023, DOI: 10.26457/mclidi.v10i1.3785 Universidad La Salle México

SANTIAGO ALEMÁN, ERICK CUEVAS, MAURO MARTÍNEZ, BRUNO GUADARRAMA pertenece a la carrera INGENIERÍA MECATRÓNICA de la Facultad de INGENIERÍA y ZIZILIA ZAMUDIO pertenece a la VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN, ambos de la Universidad LA SALLE MÉXICO

ZIZILIA ZAMUDIO fue la asesora de este trabajo

El reciclaje de botellas de plástico PET ha adquirido gran relevancia en los últimos años debido a su potencial para promover una sociedad sostenible y reducir la contaminación. En México, se han implementado diversos programas de reciclaje respaldados por empresas como Coca-Cola, como el Modelo de Acopio Inclusivo PetStar (MAIP) y el Centro de Desarrollo Integral Comunitario (CEDIC), así como el proyecto de BIOBOX impulsado por el Gobierno de México. A pesar de la existencia de estos programas, la tasa de reciclaje en México se encuentra en un preocupante 9.6%, según datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Es evidente la necesidad de tomar medidas adicionales para fomentar el reciclaje y aumentar la participación de la población en la gestión adecuada de los residuos plásticos.

Por todo lo anterior es necesario y urgente generar propuestas que beneficien a reducir la estadística presentada. Este proyecto presenta una propuesta para atacar la problemática del reciclaje de botellas de plástico PET, y se relaciona con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2018). Principalmente, se vincula con el ODS 12 (Producción y Consumo Responsables), que busca fomentar prácticas sostenibles de consumo y reducir la generación de residuos. También se relaciona con el ODS 14 (Vida Submarina) al prevenir la contaminación de océanos y mares, y el ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres) al minimizar el impacto en los ecosistemas terrestres. Además, se alinea con el ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles) al promover comunidades más sostenibles a través de la gestión adecuada de los residuos.

2 Objetivo

Desarrollar un prototipo de máquina recicladora de botellas PET que utilice un sistema de recompensas inmediatas, implementando un sistema de control clásico PID, para fomentar y promover de manera efectiva la participación diaria de las personas en el hábito del reciclaje.

3 Propuesta de solución

El tereftalato de polietileno, mejor conocido como PET, es el plástico más utilizado para el reciclaje, encontrándolo en diferentes productos de nuestro día a día, como lo son las botellas de agua, refresco y jugo, distintos tipos de contenedores de comida y demás utensilios del diario.

Este plástico es el más reciclado en comparación con cualquier otro, gracias a las características de dicho plástico, siendo capaz de reutilizarse con una gran diversidad de propósitos, ya sea para volver a fabricar botellas, carcasas de electrónicos o ropa, sin embargo, la fabricación de todos estos productos requieren de un proceso, el cual no es visible para la gente, pues se requiere de la recolección del plástico que se reciclará, su limpieza, y su tratamiento para poder ser moldeado al gusto como se muestra en la Figura 1, por lo que su reciclaje no es algo tangible para cualquiera que decida ayudar al medio ambiente.

La empresa Coca-Cola ha implementado diversos programas para fomentar el reciclaje de las botellas PET. Sin embargo, este proceso no es tangible para todas las personas que generan residuos plásticos. Estos programas se enfocan en recompensar a aquellos encargados de recolectar y separar los residuos que son aptos para el reciclaje, abordando así la gestión de los residuos existentes. Sin embargo, no abordan directamente el problema de la basura generada diariamente. Muchas personas no son conscientes del proceso de reciclaje, ni de los daños que se pueden ocasionar, ni de los beneficios que obtienen al separar los residuos reciclables.

En la actualidad, existen pequeñas máquinas, como la BIOBOX, que ofrecen incentivos a las personas por elegir reciclar. La BIOBOX (Figura 2) es un proyecto que consta de una máquina

donde las personas pueden depositar sus botellas de plástico y recibir puntos de BIOBOX a cambio. Cada punto equivale a 10 centavos, los cuales pueden ser utilizados para recargar el transporte público. Sin embargo, actualmente no es posible obtener una recompensa física inmediata tras depositar las botellas para reciclar.

Además, se han desarrollado varios proyectos de tipo DIY (Hazlo tú mismo) que aprovechan las botellas PET para producir filamento, utilizado en impresoras 3D, como el mostrado en la Figura 3. La facilidad de estos sistemas caseros es lo que ha contribuido a su gran popularidad, ya que permiten a los usuarios de impresoras 3D fabricar su propia materia prima mediante el reciclaje de botellas PET.

Por todo lo expresado anteriormente, se propone el desarrollo de una máquina que pueda realizar el proceso completo de reciclaje en el momento y entregar una recompensa física utilizando los materiales reciclados, para la implementación de este sistema, se utiliza un microcontrolador programado mediante un código en donde se implementa una estrategia de control clásico PID (Proporcional-Integral-Derivativo), dicho controlador es capaz de regular la temperatura de la máquina de reciclaje de forma precisa y eficiente. El PID es uno de los métodos de control más utilizados y se adecua a este sistema, ya que utiliza la temperatura medida por un sensor, en este caso un termistor como entrada y ajusta el voltaje aplicado a la resistencia encargada de derretir el plástico como salida. Esta configuración básica del sistema de control permite generar de manera más sencilla un proceso de reciclaje de plástico en tiempo real.

El sistema de reciclaje de plásticos con control PID permite imprimir de forma autónoma cualquier objeto deseado utilizando el plástico reciclado. Al tener un control preciso sobre la temperatura, se garantiza una calidad de impresión consistente y se prolonga la vida útil del sistema. Además, al contar con la capacidad de autorregularse, el sistema puede ajustarse automáticamente ante cambios en la carga térmica o en las propiedades del plástico, asegurando un funcionamiento óptimo y evitando posibles daños.

El sistema está formado por distintos procesos, en los cuales se ocupará una diversa lista de componentes. Para el tema de traslado de las botellas se utilizarán motores de DC de 12V de \$280 c/u y se utilizarán de 2 a 4 a lo largo del proceso. En la parte de la detección de botellas, se requieren sensores de proximidad capacitivos, ya que estos son de gran precisión y tienen un precio de \$220 c/u. Para poder triturar el PET procesado se necesitan pequeños rotores con cuchillas de aproximadamente \$210 c/u. De igual manera, dos pistones neumáticos de 25x75 se requieren para poder compactar el PET triturado y fundido, estos últimos tienen un precio de \$700 c/u.

El tamaño estimado para el módulo de reciclaje de PET, sería el de un refrigerador, ya que se considera que es el tamaño adecuado para todos los componentes que lo conformarían y también para que tenga buena capacidad de almacenamiento de plástico.

Considerando todos los factores y variables existentes, se propone que la máquina sea hecha de aluminio y plástico, materiales que son excelentes para la estadía en la intemperie, el aluminio siendo una de sus propiedades más destacables toda vez es inoxidable, a su vez es un material bastante práctico y económico que cumpliría perfectamente con las necesidades del proyecto.

4 Discusión de resultados e impactos obtenidos

BIOBOX ha tenido un gran éxito en la Ciudad de México, con más de 300 máquinas en funcionamiento. Su sistema de recompensa de puntos ha demostrado ser eficaz para incentivar el reciclaje. El programa cuenta con el respaldo del gobierno y el patrocinio de empresas privadas. Sin

embargo, su presencia se limita a la Ciudad de México y el Estado de México, dejando a otras regiones del país sin acceso a sistemas de reciclaje similares.

Una parte crucial del éxito de estas máquinas radica en su sistema de recompensas, que las hace atractivas para el público en general. Este sistema de reciclaje efectivo es fundamental para el logro de una campaña exitosa. La presencia de un gran número de ubicaciones o 'boxes' facilita a los usuarios la tarea de reciclar. Esto es especialmente importante ya que muchas personas no están acostumbradas a realizar esta actividad, y la accesibilidad es clave para garantizar una buena acogida por parte del público.

Las máquinas recicladoras de filamento han ganado popularidad entre la comunidad de impresión 3D. Permiten fabricar filamento utilizando botellas PET como materia prima, ofreciendo una alternativa ecológica y económica a los filamentos comerciales. Aunque son proyectos caseros, su utilidad ha sido reconocida. Sin embargo, su escala comercial es limitada debido a la necesidad de conocimientos técnicos y habilidades en electrónica, mecánica, programación e impresión 3D para su fabricación y operación. Además, su uso se restringe a aquellos que poseen una impresora 3D, lo que limita su alcance a una pequeña parte de la población.

La propuesta de este trabajo promete varios resultados e impactos significativos, como, la contribución a la eficiencia del proceso de reciclaje, el ahorro de recursos, la reducción de la contaminación, la creación de nuevos productos, mejorar la conciencia sobre la importancia del reciclaje, proporcionar una autonomía para los usuarios y mejora en la calidad de impresión. Estos resultados e impactos positivos contribuyen a una gestión más sostenible de los residuos plásticos y fomentan la transición hacia una economía circular.

Si se promueve y se desarrolla adecuadamente, esta máquina de reciclaje puede tener un impacto significativo en la reducción de la contaminación por plásticos y en la promoción de prácticas sostenibles. Además, al ser una solución económica y accesible, puede ser implementada en diferentes comunidades, ampliando su alcance y beneficios en la lucha contra la contaminación ambiental.

5 Conclusiones y perspectivas futuras

En conclusión, la máquina de reciclaje propuesta en este trabajo ofrece una solución innovadora y eficiente para abordar el problema de los residuos plásticos. Mediante el uso de un sistema de control PID y la programación de un microcontrolador, la máquina es capaz de regular las temperaturas necesarias para el reciclaje del plástico PET. Esto permite obtener filamento de alta calidad para su uso en impresoras 3D, promoviendo la reutilización de materiales y reduciendo la dependencia de filamentos comerciales.

La máquina de reciclaje propuesta es de fácil construcción y su operación es accesible, lo que la hace adecuada para implementarse tanto a nivel casero como en comunidades o instituciones. Su potencial radica en su capacidad para generar un ciclo de reciclaje cerrado, donde las botellas PET se convierten en filamento reciclado para la fabricación de nuevos objetos. Además, al fomentar la conciencia sobre el reciclaje y la reutilización, esta máquina contribuye a la educación ambiental y a la reducción de residuos plásticos.

6 Agradecimientos

Queremos agradecer a la Universidad La Salle por habernos brindado todos los conocimientos requeridos para poder elaborar esta investigación.

7 Referencias

1. Profesional, R. (2020, 8 junio). Reciclaje de PET para avanzar hacia una economía circular. Residuos Profesional. <https://www.residuosprofesional.com/reciclaje-pet-economia-circular/>
2. Universidad Ean. (2019, 7 junio). La máquina que recompensa por reciclar botellas plásticas [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Cphuc6BC5Nw>
3. Aenel prints. (2023, 11 marzo). Presentación de máquina para reciclar botellas y crear filamento PET [Vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=zNO6PoM_GoY
4. Forbes México. (2021, 27 abril). ¿Sabes cómo funciona una planta recicladora de PET? [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=WOROytnVuB4>
5. Biobox, premia tu bioconciencia. (s. f.). <https://www.biobox.com.mx/>
6. Staff, F. (2022). Biobox, la empresa que te premia por cada envase que reciclas. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/biobox-la-empresa-que-te-premia-por-cada-envase-que-reciclas/>
7. Arratibel, A. J., Arratibel, A. J., & Arratibel, A. J. (2023, 20 enero). El dilema de México y sus siete millones de toneladas de basura plástica. El País América. <https://www.google.com/url?q=https://elpais.com/america-futura/2023-01-20/el-dilema-de-mexico-y-las-siete-millones-de-toneladas-de-plastico-que-aca-ban-en-la-basura-o-en-el-mar.html&usg=AOvVaw1XgE5HxzyW9pIcUf85dc0H&hl=en-US>
8. FEMSA. (2023, 11 abril). Coca-Cola FEMSA - FEMSA. <https://www.femsa.com/es/unidades-de-negocio/coca-cola-femsa/>
9. La Industria Mexicana de Coca-Cola impulsa el reciclaje inclusivo en el País. (s. f.). <https://www.cocacolamexico.com.mx/sala-de-prensa/comunicados/coca-cola-impulsa-reciclaje>
10. Zepeda, C. (2023, 21 abril). Apenas despierta México a economía del reciclaje. La Jornada. <https://www.jornada.com.mx/notas/2023/04/21/reportaje/apenas-despierta-mexico-a-economia-del-reciclaje/>
11. Parker, L. (2018, 5 junio). El 91 por ciento del plástico que se fabrica no se recicla: National Geographic. National Geographic España <https://www.nationalgeographicla.com/planeta-o-plastico/2018/06/el-91-por-ciento-del-plastico-que-se-fabrica-no-se-recicla>
12. ONU Medio Ambiente (2018). El Estado de los Plásticos: Perspectiva del Día Mundial del Medio Ambiente 2018. <https://www.unep.org/es/resources/informe/el-estado-de-los-plasticos-perspectiva-del-dia-mundial-del-medio-ambiente-2018#:~:text=Report-,El%20Estado%20de%20los%20pl%C3%A1sticos%3A%20Perspectiva%20del,Mundial%20del%20Medio%20Ambiente%202018&text=Los%20beneficios%20del%20pl%C3%A1stico%20son,pa-sado%20y%20la%20tendencia%20continuar%C3%A1>
13. Sánchez Castellanos, T. (2020). Propuesta de método para reciclar botellas de PET como alternativa en la fabricación de tabloneros para muebles. <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/12589>
14. Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.

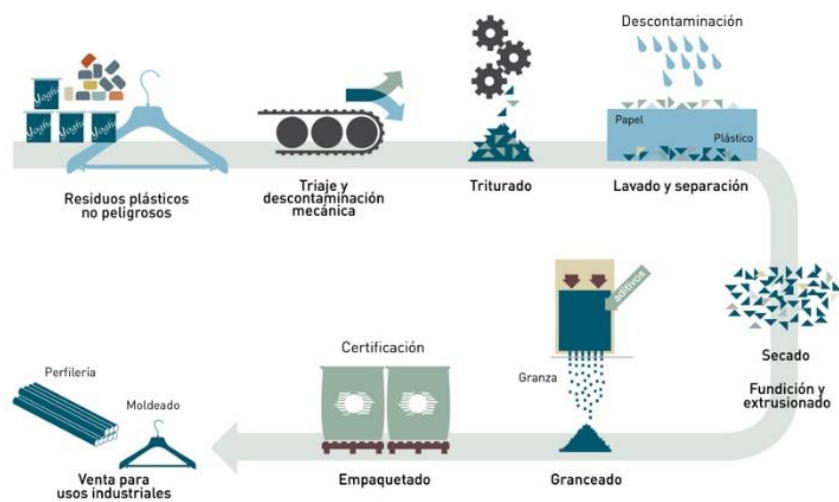


Figura 1. Diagrama ilustrativo del proceso de reciclaje del PET.



Figura 2. Proyecto BIOBOX con campaña gubernamental.

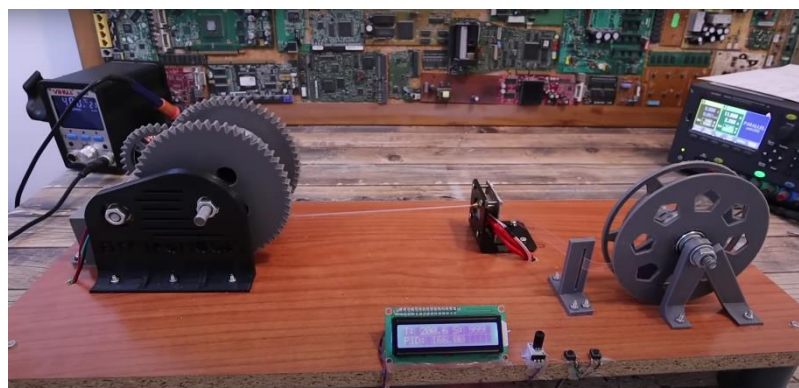


Figura 3. Extrusora de filamento PET realizado por el usuario de YouTube Roman Neskashev.