

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MÁQUINA PARA FILAMENTO A PARTIR DE MATERIAL RECICLADO

DESIGN AND MANUFACTURING OF A FILAMENT MACHINE FROM RECYCLED MATERIALS

Enrique Barroso López

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
enrique.barroso@itcelaya.edu.mx

Israel De La Cruz Madrigal

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
israel.delacruz@itcelaya.edu.mx

Manuel Darío Hernández Ripalda

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
dario.hernandez@itcelaya.edu.mx

José Alfredo Jiménez García

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
josealfredo.jimenez@itcelaya.edu.mx

Recepción: 20/noviembre/2025

Aceptación: 21/octubre/2026

Resumen

El incremento de residuos plásticos, en particular de tereftalato de polietileno (PET), plantea la necesidad de estrategias de reutilización que contribuyan a la sostenibilidad. Este trabajo presenta el diseño y construcción de un sistema de extrusión por tracción directa (fileteadora/pultrusión) de filamento a partir de PET reciclado con el propósito de generar material para impresión 3D a bajo costo y con potencial de replicación académica. El sistema se desarrolló mediante la integración de componentes comerciales y piezas fabricadas con modelado CAD e impresión 3D, incluyendo un motor eléctrico, un bloque extrusor, ventiladores de enfriamiento, una fuente de alimentación y un sistema de control. Las pruebas preliminares mostraron la producción de filamento continuo y con un diámetro de 1.79 mm como máximo, características adecuadas como un diámetro circular con una capacidad de producir de hasta 40 g/h con un sistema por tracción con bloque térmico, esto para realizar ensayos de impresión. Los resultados confirman la viabilidad de

transformar residuos plásticos en insumos de manufactura aditiva, aportando tanto a la reducción del impacto ambiental como a la formación práctica en contextos universitarios.

Palabras Clave: Manufactura aditiva, máquina de reciclado, material reciclado, Polímeros.

Abstract

The increase in plastic waste, particularly polyethylene terephthalate (PET), creates a need for reuse strategies that contribute to sustainability. This paper presents the design and construction of a direct-pull filament extrusion system (pultrusion-style) using recycled PET, aimed at producing low-cost 3D printing material with potential for academic replication. The system was developed by integrating off-the-shelf components with parts created via CAD modeling and 3D printing, including an electric motor, an extrusion block, cooling fans, a power supply, and a control system. Preliminary tests demonstrated the production of continuous filaments with a maximum diameter of 1.79 mm featuring a suitable circular profile and an output capacity of up to 40 g/h using the thermal block and pulling mechanism, enabling subsequent printing trials. The results confirm the feasibility of transforming plastic waste into additive manufacturing feedstock, thereby contributing to both environmental impact reduction and practical training within university settings.

Keywords: Additive manufacturing, recycling machine, recycled material, polymers.

1. Introducción

El incremento sostenido en el consumo de plásticos y la consecuente acumulación de residuos representan uno de los principales retos ambientales de la actualidad. Entre estos materiales, el tereftalato de polietileno (PET) destaca por su elevada producción y por la corta vida útil de los productos en los que se emplea, principalmente envases desechables. La gestión inadecuada de estos residuos conlleva efectos negativos en los ecosistemas y en la salud humana, lo que impulsa la búsqueda de alternativas sostenibles orientadas a su reutilización y valorización.

Los modelos de utilidad similares tales como máquina de pultrusión doméstica de botellas de PET, extrusoras de escritorio basada en tornillo sin fin (Pellets y triturado), sistema periférico integrado (Modulo combinado o Post-Procesado).

En paralelo, la manufactura aditiva mediante impresión 3D se ha consolidado como una tecnología emergente con aplicaciones en sectores industriales, académicos y de investigación. Su dependencia del filamento termoplástico abre la posibilidad de incorporar materiales reciclados en el proceso, contribuyendo tanto a la economía circular como a la reducción del impacto ambiental. En este sentido, el reciclaje de botellas de PET para transformarlas en filamento constituye una estrategia prometedora al conjugar sostenibilidad, innovación tecnológica y accesibilidad.

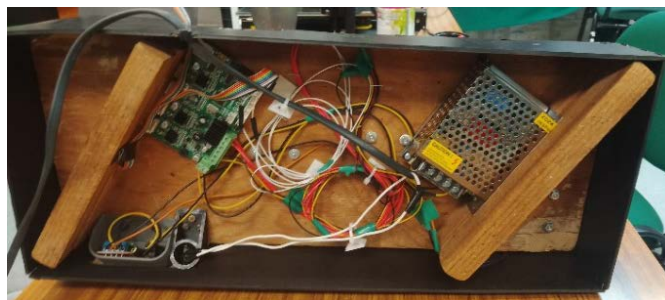
El presente trabajo tiene como objetivo el diseño y construcción de una extrusora de filamento a partir de PET reciclado, concebida como un prototipo de bajo costo y replicable en entornos universitarios. Con ello, se busca demostrar la viabilidad técnica de reutilizar residuos plásticos en aplicaciones de impresión 3D, así como fomentar prácticas educativas que integren sostenibilidad y tecnología en el ámbito académico.

2. Métodos

Diseño y selección de componentes

Para el desarrollo de la extrusora de filamento de PET reciclado se adoptó un enfoque de bajo costo y alta replicabilidad. Inicialmente se realizó una revisión de prototipos disponibles en línea, a fin de seleccionar un modelo base funcional y accesible. Con base en este análisis, se identificaron los componentes principales del sistema, los cuales incluyeron: motor eléctrico Gener JGB3/-520 de 24 *v*, un bloque extrusor comercial, ventiladores DC de 24 *v* para enfriamiento, regulador de velocidad tipo PWM, fuente de poder, interruptor de encendido y una interfaz de control mediante pantalla táctil proveniente de una impresora 3D Ender 3 PRO como se muestra en la Figura 1 (la cual incluye la placa de control Creality 3D v1.1.4 que regula la velocidad del rodillo, la temperatura del extrusor y se controla por medio de la pantalla táctil).

De manera complementaria, se diseñaron y fabricaron piezas específicas, incluyendo soportes para motor, sujetadores de navajas, rodillos de arrastre y un sistema de carrete para el embobinado de filamento como se muestra en la Figura 2. Estas piezas fueron posteriormente impresas en 3D en el laboratorio de manufactura del departamento de Ingeniería Industrial del TecNM en Celaya.



Fuente: elaboración propia.

Figura 1 Ensamble del sistema por la parte inferior.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2 Rodillo para embobinar el filamento.

Preparación del material

El material principal consistió en botellas de PET recicladas, las cuales fueron sometidas a limpieza y cortadas uniformemente con una cuchilla de cúter con arandelas metálicas sobre dos tornillos fijados a una base. La altura de las arandelas define el grosor de la tira en este caso de 8 mm de ancho, adecuadas para ser introducidas en el bloque extrusor. Este paso resultó fundamental para garantizar la calidad del filamento extruido.

Ensamble del sistema

El proceso de integración incluyó la instalación del motor y su soporte en la base de la estructura, seguido de la fijación del bloque extrusor y del ventilador en

posición estratégica para favorecer el enfriamiento del filamento. La interfaz de control y los interruptores fueron montados en la superficie de la base como se muestra en la Figura 3, procurando una disposición ergonómica tomando en cuenta su frecuencia de uso y nivel de riesgo (fácil alcance, ajustes y monitoreo y funciones auxiliares) . El cableado eléctrico se organizó por la parte inferior de la plataforma, con el fin de mantener el área de trabajo despejada.

Asimismo, se ensambló un sistema de rodillos, conectado al motor, para mantener la tensión y alineación del filamento durante el proceso de extrusión con un sistema por tracción con bloque térmico (*hotend* abierto) como se muestra en la Figura 4.



Fuente: elaboración propia.

Figura 3 Disposición de los botones de control

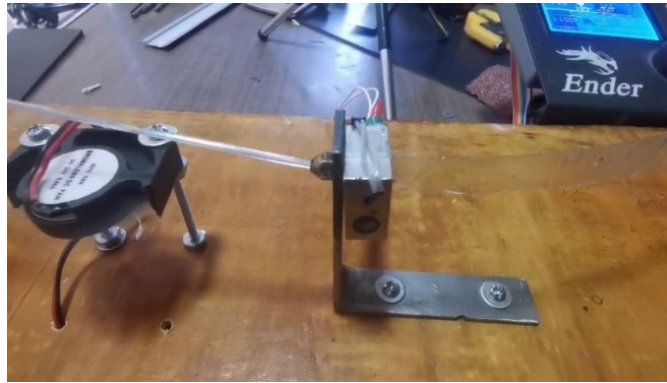


Fuente: elaboración propia.

Figura 4 Vista superior del sistema.

Pruebas de funcionamiento

Una vez completado el ensamble, se procedió a realizar pruebas preliminares de extrusión como se muestra en la Figura 5, evaluando la continuidad, diámetro y regularidad del filamento obtenido. Estos parámetros se verificaron de forma cualitativa, considerando su idoneidad para la impresión 3D.



Fuente: elaboración propia.

Figura 5 Extrusora en funcionamiento.

3. Resultados

El prototipo de un sistema de extrusión por tracción directa (fileteadora/pultrusión) de filamento a partir de tiras de PET reciclado fue ensamblado exitosamente, integrando tanto los componentes comerciales como las piezas diseñadas en CAD e impresas en 3D. El sistema respondió de manera estable durante las pruebas de funcionamiento, permitiendo la transformación de tiras de PET en filamento utilizable para impresión 3D.

En las primeras pruebas se observó la formación de un filamento continuo, con un diámetro aproximado de 1.79 mm realizando la medición con un vernier como se muestra en la Figura 6, tomando un total de 10 réplicas para calcular una desviación estándar para garantizar un diámetro adecuado para boquillas de uso común en impresoras 3D. La velocidad de extrusión y el enfriamiento proporcionado por los ventiladores favorecieron la homogeneidad del material, aunque se registraron variaciones puntuales en el grosor que sugieren la necesidad de ajustes en el control de temperatura y en la tensión del sistema de embobinado.

El carrete diseñado permitió mantener la alineación y evitar enredos, asegurando la recolección ordenada del filamento como se muestra en la Figura 7. Asimismo, la disposición ergonómica tomando en cuenta su frecuencia de uso y nivel de riesgo de la interfaz de control facilitó la operación del dispositivo en un entorno de laboratorio.

Para modificar y controlar con precisión el diámetro del filamento de PET se debe jugar con el equilibrio entre fluidez del plástico y la fuerza de tracción:

- Velocidad de tracción (arrastre o bobinado): si el filamento sale muy grueso, se debe aumentar la velocidad, si el filamento sale muy delgado se debe disminuir la velocidad.
- Temperatura de extrusión: a mayor temperatura sale más delgado y a menor temperatura sale más grueso. El rango ideal suele estar entre 245 °C y 265 °C.
- Velocidad de enfriamiento (ventilación): un enfriamiento rápido (más flujo de aire), produce filamento más grueso, mientras que un enfriamiento lento (menos flujo de aire) produce un filamento más delgado.



Fuente: elaboración propia.

Figura 6 Medición del filamento con dimensión de 1.79 mm.



Fuente: elaboración propia.

Figura 7 Vista superior del filamento saliendo de la boquilla.

4. Discusión

Los resultados obtenidos demuestran la viabilidad de transformar residuos de PET en filamento continuo mediante un sistema de extrusión por tracción directa (fileteadora/pultrusión) de filamento a partir de tiras de PET reciclado de bajo costo (en la Figura 8 se muestra una comparación de tira de PET y filamento), esto coincide con investigaciones previas que han señalado el potencial del PET reciclado como insumo para manufactura aditiva [Cruz Sánchez et al., 2017 ; Zander et al., 2018]. Diversos autores han reportado que, pese a presentar una temperatura de fusión más elevada que otros polímeros como PLA o ABS, el PET reciclado puede procesarse de forma adecuada siempre que se controle la extrusión y el enfriamiento [Woern, 2018].



Fuente: elaboración propia.

Figura 8 Material transformado en tiras de PET a filamento.

A diferencia de sistemas comerciales de reciclaje, que incorporan etapas automatizadas de corte, trituración y calibración de diámetro [Tymrak et al., 2014], el presente dispositivo simplifica el proceso al emplear tiras previamente cortadas de botellas. Esta característica lo hace más accesible en términos de diseño y costo, pero también introduce limitaciones en cuanto a la homogeneidad y precisión dimensional del filamento. Estudios anteriores han señalado que estas variaciones afectan la calidad de la impresión 3D final [Zander, 2018], lo cual constituye un aspecto a mejorar en desarrollos futuros mediante la inclusión de sensores de control de diámetro o mecanismos de retroalimentación.

Asimismo, mientras que otros trabajos priorizan la optimización de propiedades mecánicas del filamento reciclado [Cruz Sánchez et al., 2017; Hopewell et al., 2009], este proyecto se centró en la factibilidad técnica de construcción de la extrusora y en la validación inicial de su funcionamiento. En este sentido, se cumple con el objetivo de diseñar un sistema replicable y aplicable en entornos académicos, que puede servir como base para investigaciones posteriores sobre caracterización mecánica, térmica y reológica del filamento obtenido.

En conjunto, los resultados refuerzan la pertinencia de iniciativas que promueven la economía circular a través de la reutilización de residuos plásticos [Singh, 2017], a la vez que ofrecen una herramienta pedagógica para la formación en ingeniería y tecnologías de fabricación digital.

5. Conclusiones

El desarrollo del prototipo de un sistema de extrusión por tracción directa (fileteadora/pultrusión) de filamento a partir de tiras de PET reciclado permitió demostrar la factibilidad técnica de transformar residuos plásticos en insumos funcionales para impresión 3D, mediante un sistema de bajo costo y replicable en entornos académicos. Si bien el filamento obtenido presentó variaciones dimensionales que limitan su uso en aplicaciones de alta precisión, los resultados iniciales validan el potencial de esta tecnología como herramienta educativa y como estrategia para fomentar la economía circular. Futuros trabajos deberán orientarse a la optimización del control de extrusión y a la caracterización integral del material reciclado, con el fin de ampliar su aplicabilidad en la manufactura aditiva.

6. Referencias y Bibliografía

- [1] Cruz Sánchez, F. A., Boudaoud, H., Hoppe, S., & Camargo, M. (2017). Polymer recycling in an open-source additive manufacturing context: Mechanical issues. *Additive Manufacturing*, 17, 87–105. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2017.05.013>.
- [2] Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (2009). Plastics recycling: Challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B:*

- Biological Sciences*, 364(1526), 2115–2126.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0311>.
- [3] Singh, N., Hui, D., Singh, R., Ahuja, I. P. S., Feo, L., & Fraternali, F. (2017). Recycling of plastic solid waste: A state of art review and future applications. *Composites Part B: Engineering*, 115, 409–422.
<https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.09.013>.
- [4] Tymrak, B. M., Kreiger, M., & Pearce, J. M. (2014). Mechanical properties of components fabricated with open-source 3-D printers under realistic environmental conditions. *Materials & Design*, 58, 242–246.
<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.02.038>.
- [5] Woern, A. L., Byard, D. J., Oakley, R. B., Fiedler, M. J., Snabes, S. L., & Pearce, J. M. (2018). Fused particle fabrication 3-D printing: Recycled materials' optimization and mechanical properties. *Materials*, 11(8), 1413.
<https://doi.org/10.3390/ma11081413>.
- [6] Zander, N. E., Gillan, M., & Burckhard, Z. (2018). Recycled polyethylene terephthalate as a new FFF feedstock material. *Additive Manufacturing*, 21, 174–182. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.02.016>.