

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA FABRICADORA DE FILAMENTO PARA IMPRESIÓN 3D, MEDIANTE LA REUTILIZACIÓN DE BOTELLAS DE PLÁSTICO PET

María Valentina Ramírez Díaz¹, Juan Pablo Valencia Ríos², Lina Marcela Muñoz Portilla³, Julia Valentina Moncayo Velasco⁴, Juan Felipe Narváez⁵, Yaraly Valeria Bravo Bolaños⁶, Jesús Alejandro Díaz Toro⁷.

*Aprendices líneas de robótica de Tecnoacademia Itinerante Nariño.
Centro Sur Colombiano de Logística Internacional, SENA Regional Nariño.*

Resumen

Se ha observado en el mundo que la mayor parte de los materiales que son reciclables provienen de las botellas de plástico PET (Tereftalato de Polietileno), y que generan un impacto importante en la naturaleza. El ser humano, para dar solución al impacto generado por las botellas de plástico, idea y propone la implementación de un modelo que intente imitar el funcionamiento de la naturaleza dentro del proceso de reciclaje de plástico conocido como economía circular. Sí, bien el plástico PET es reciclable, este material al no ser tratado de forma correcta genera residuos sólidos que producen efectos adversos en el medioambiente como muerte de animales por ingesta de plástico, inundaciones como por ejemplo las generadas a partir de la obstrucción de las alcantarillas y la contaminación de ríos y mares entre otros. La presente investigación de carácter formativa dará a conocer el proceso de diseño, fabricación, ensamblaje, programación y puesta en funcionamiento de un prototipo de una máquina que se fundamenta en los conceptos de un sistema robótico, puesto que integra sensores, un sistema inteligente y actuadores. El sistema mecánico integra piezas diseñadas en programas CAD (Diseño Asistido por Computador) y fabricadas en una impresora 3D. Con el desarrollo del proyecto de investigación formativa se obtiene un prototipo de una máquina que convierte el plástico PET reciclado en filamento útil para impresión 3D. El proyecto tiene como propósito fomentar y concientizar en los niños y jóvenes de la Tecnoacademia Itinerante Nariño, la importancia del reciclaje, el concepto de economía circular y la aplicación de la ciencia, tecnología y la innovación como solución a una determinada problemática presente actualmente en todo el mundo.

Palabras Claves: reciclaje, economía circular, robótica, PET, Tecnoacademia.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el plástico se ubica como uno de los principales residuos contaminantes del planeta, considerando que su uso ha crecido a lo largo de los años y el uso constante del plástico genera residuos que difícilmente se pueden eliminar, particularmente porque no es un material que se degrade con facilidad [1]. Adicional, en su gran mayoría tampoco cuentan con un índice de reciclabilidad interesante debido a los componentes que se utilizan en su proceso de fabricación [4]. Este material ha generado consecuencias trágicas, ya que el plástico de ser una

ayuda para la humanidad paso a ser una problemática por ser un material poco reciclable y de componentes muy contaminantes para el medioambiente. Además, su difícil descomposición lleva a que se acumule más en la tierra porque puede llegar hasta 8.3 mil millones de toneladas de plástico en el mundo, donde solo el 9 % de todo ese material contaminante se recicla para un bien de la humanidad y el resto llega a zonas como la selva, ríos, y el océano [1].

Entre los plásticos reciclables se encuentra el PET (Tereftalato de Polietileno) que, por sus condiciones

de transparencia y alta resistencia, es empleado, sobre todo, para envasar agua, bebidas/refrescos y otros productos alimenticios. En Colombia los índices de reciclaje de PET son bajos y se estima, según Acolplásticos, que de los 12 millones de botellas que salen al mercado a diario solo 3 millones se reciclan [5].

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, los aprendices de la línea de robótica de Tecnoacademia Itinerante Nariño del municipio de La Cruz, Nariño. Buscan contribuir con una alternativa de solución a la problemática de la contaminación ocasionada por el plástico PET, mediante el diseño, el ensamblaje y programación de un prototipo de una máquina que convierte el plástico PET en filamento para impresión 3D. De esta forma se produce la reutilización del plástico y se realiza un ejercicio enfocado hacia la economía circular, puesto que se reutiliza y se da un valor agregado al plástico que muchas veces se arroja a la basura.

OBJETIVO GENERAL

Construir un prototipo de una máquina que convierta el plástico PET en filamento para impresión 3D, a partir del plástico obtenido de botellas recicladas.

Objetivos específicos

1. Diseñar un sistema electromecánico que sirva para convertir el plástico PET en filamento para impresión 3D.
2. Utilizar un algoritmo de control P.I.D. (Proporcional-Integral-Derivativo) para controlar y establecer la temperatura adecuada para transformar el plástico reciclado en filamento para impresión 3D.
3. Hacer una transferencia de conocimiento a otros aprendices mediante un instructivo educativo en donde se explique de forma detallada el proceso de construcción del prototipo de la máquina fabricadora de filamento PET.

METODOLOGÍA

Los aprendices de Tecnoacademia Itinerante Nariño, realizan un proceso de observación y de investigación de la problemática generada por el plástico que no es reciclado y como esto afecta al medioambiente. Durante el proceso de la revisión del estado del arte se llega a descubrir que el material de las botellas

plásticas PET, se puede reutilizar como insumo principal en productos u objetos que hace el ser humano como, por ejemplo, artículos decorativos, en procesos industriales más avanzados. El PET se utiliza para fabricar calzado, ropa deportiva, entre otros. Para el caso de esta investigación se empleará el PET para convertirlo en filamento para impresión 3D.

Fase I – Diseño y fabricación de la parte electromecánica.

Se hizo la fabricación de las piezas mecánicas usando filamento P.L.A. (Ácido Poliláctico) en una impresora 3D. El diseño de las partes mecánicas de la máquina fue adaptado de diseños que se encontraron en otras investigaciones relacionadas con máquinas diseñadas para fabricar filamento para impresoras 3D, aprovechando plástico reciclado.

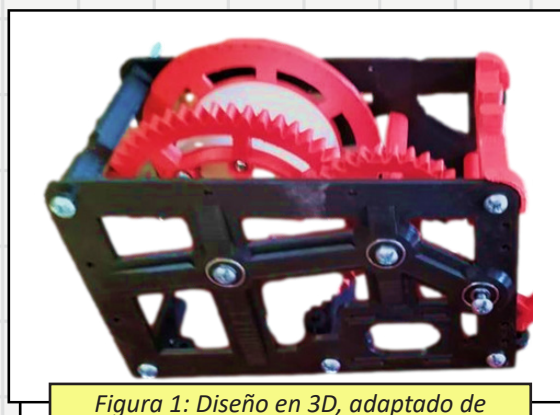


Figura 1: Diseño en 3D, adaptado de Thingiverse. <https://bit.ly/3PuHlcc>.

Las partes del sistema mecánico fueron fabricadas en plástico P.L.A.



Figura 2: Fabricación de las piezas mecánicas con impresión 3D.

Dentro del proceso de ensamblaje de la parte mecánica con la parte electrónica: se integró los elementos mecánicos y los circuitos electrónicos

que están contruidos en tarjetas de prototipado (protopoard) puesto que se realizan pruebas de funcionamiento de los sensores y actuadores por separado. Los dispositivos electrónicos utilizados son los siguientes:

● ● ● Tabla 1. Elementos utilizados en el sistema electrónico.

Cantidad	Dispositivo
1	Termocupla tipo K
1	Encoder rotatorio
2	Pulsadores
1	Pantalla lcd tipo i2c
1	Módulo conversor Max6675
1	Transistor IRFZ44N
1	Transistor S8050
1	Extrusor de impresora 3D
1	Tarjeta Arduino uno
1	Fuente de alimentación 12 V
1	Driver de potencia A4988
1	Motor Paso a Paso bipolar
1	Elevador de Voltaje



Figura 3: Aprendices ejecutando el proceso de ensamblaje de las partes mecánicas fabricadas en una impresora 3D.



Figura 4: Presentación parte mecánica y electrónica de la máquina fabricadora de filamento PET.

Fase II – Electrónica y programación

Se hizo el algoritmo de control de temperatura, junto con su etapa de potencia (Fig.5) y el sistema de movimiento de la máquina.

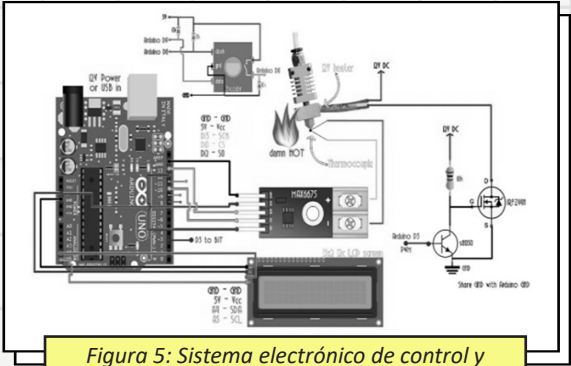


Figura 5: Sistema electrónico de control y visualización de la temperatura. Adaptado de: <https://bit.ly/3pooogV>

Posteriormente, con la adecuación del sistema electrónico en una tarjeta PCB (Printed Circuit Board), se procedió a ejecutar la programación del sistema de control en una tarjeta Arduino uno. La programación hecha incluye un algoritmo de control PID (Proporcional (Kp) – Integral (Ki/s) – Derivativo (Kds)) que tiene como propósito controlar y mantener la temperatura [6] adecuada para convertir el plástico PET en filamento.

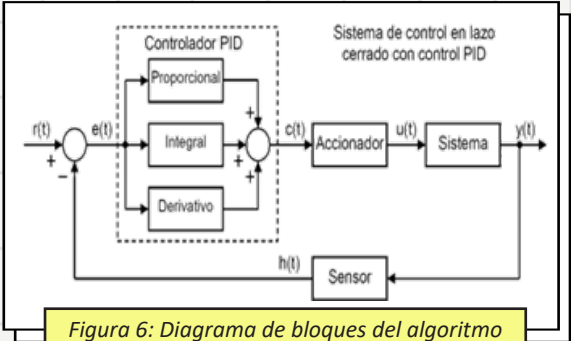


Figura 6: Diagrama de bloques del algoritmo de control PID [7].

En la figura 8, se observa la señal $r(t)$ que se denomina referencia e indica el estado que se desea conseguir en la salida del sistema $y(t)$. En un sistema de control de temperatura, la referencia $r(t)$ será la temperatura deseada y la salida $y(t)$ será la temperatura real del sistema controlado [8].

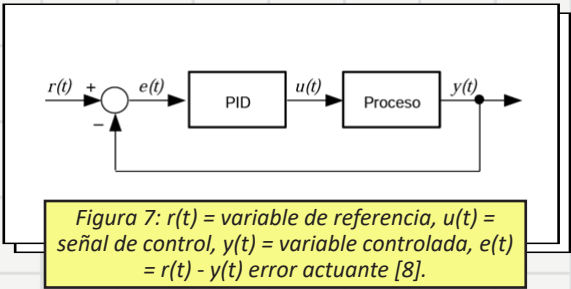


Figura 7: $r(t)$ = variable de referencia, $u(t)$ = señal de control, $y(t)$ = variable controlada, $e(t) = r(t) - y(t)$ error actuante [8].

$$u(t) = K \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \right]$$

Figura 8: Fórmula matemática del algoritmo teórico elemental del controlador PID.

La señal de control resulta entonces igual a la suma de tres términos: el término P (que es proporcional al error), el término I (proporcional a la integral del error) y el término D (que es proporcional a la derivada del error) [8].

Fase III – Pruebas de control y funcionamiento.

En esta fase se realizan las respectivas pruebas de trabajo del prototipo de la máquina fabricadora de filamento PET para impresión 3D.

a. Como primer paso se ingresa la temperatura deseada con un valor de 100 °C. a través del encoder rotativo. Posteriormente, el algoritmo de control PID inicia su funcionamiento en donde la medida esencial es la información que adquiere mediante el sensor de temperatura conocido como termocupla. De esta forma se verificará la temperatura real y el sistema inteligente a través del algoritmo PID, se encargará de controlar la potencia del extrusor, para este caso la potencia se verá reflejada en el sistema en forma de calor. Para este primer ejercicio se ingresaron los siguientes valores correspondientes a las constantes: P = 105, I = 85 y D = 63 del algoritmo PID. Para nuestro caso la forma de sintonizar el PID será manual ingresando el valor de P, I y D.

b. Luego de calibrar el sistema de control de temperatura se procede a ingresar el plástico PET a través del extrusor. El PET comienza a convertirse en filamento de diámetro igual a 1,75 mm y mediante un pulsador se activa el motor paso a paso que se encarga de estirar el filamento que sale del extrusor y que posteriormente mediante un sistema de engranajes se encargará de recoger.



Figura 9: Aprendices presentando el prototipo de la máquina fabricadora de filamento PET a partir del plástico de botellas recicladas.

RESULTADOS

A partir del desarrollo del proyecto de investigación formativa se obtuvieron los siguientes resultados:

a. Se obtuvo un prototipo de una máquina electromecánica que sirve como insumo para dar a conocer el concepto de economía circular y la importancia de reutilizar uno de los elementos que más contaminan en el mundo.

El prototipo obtenido se fundamenta en los principios de robótica: sensores, sistema inteligente y actuadores.

b. Mediante el proceso de experimentación se observó que hay diferentes medidas correspondientes al espesor del plástico PET de las botellas que existen en el mercado. Debido a estas características del PET se debió establecer y calibrar diferentes valores correspondientes a los parámetros del sistema de control de temperatura PID, al momento de fabricar el filamento.

c. El desarrollo del proyecto de investigación formativa obtenido servirá como insumo y ejemplo en donde se da a conocer en eventos de divulgación científica y tecnológica, la importancia de la ciencia, tecnología e innovación. Como estos conceptos pueden ser aplicados a la solución de la problemática relacionada con la contaminación del medioambiente a causa de la no reutilización del plástico.

Conclusiones

Se obtuvo el prototipo de una máquina que integra sensores, sistema inteligente y actuadores. Esta

máquina tiene como finalidad generar filamento para impresión 3D, además de ser un ejercicio de apropiación del conocimiento aplicado para crear una alternativa de solución a una de las problemáticas que hoy en día afecta al mundo.

Se hizo uso de los conceptos de uno de los algoritmos de control más utilizados en el campo de la automatización, puesto que se utilizó un algoritmo para controlar la temperatura del sistema que convierte el plástico de las botellas PET en filamento para impresión 3D.

La realización del proyecto de investigación formativa servirá como insumo para dar a conocer a otros niños y jóvenes del departamento de Nariño, mediante un instructivo educativo, los conceptos de robótica y la importancia de la Ciencia, Tecnología e Innovación como bases fundamentales para generar alternativas de solución a las diferentes problemáticas que existen en la sociedad hoy en día.

AGRADECIMIENTOS

Los aprendices de la línea de robótica que desarrollaron el proyecto, agradecen a la Dra. Libia Mercedes Ramírez Velasco, subdirectora del Centro Sur Colombiano de Logística Internacional – SENA Regional Nariño, al Ing. Jonathan Pérez, Dinamizador de Tecnoacademia Itinerante Nariño y a las directivas y docentes de la Institución Educativa Normal Superior del Mayo – La Cruz (N). El apoyo mostrado a la iniciativa y sobre todo agradecer por la oportunidad brindada para conocer y aplicar los conceptos de ciencia, tecnología e innovación de una forma práctica mediante el desarrollo de un proyecto de investigación formativa desarrollado.

[1]. Bueno, L. C., Cabezas, C. C., Martínez, A. F., & Ospina, D. E. (2021). *Análisis del desarrollo de la economía circular aplicada al uso de envases para alimentos y bebidas en Colombia*. Bogotá.

[2]. Caballero-Ibarra, S. D., Dueñas-Falla, O. A., & Rolón-Rodríguez, B. M. (2019). El plástico y sus dos caras. *Revista Convicciones*, 49 - 52.

[3]. Caldas, B. N. (24 de junio de 2019). *BC Noticias*. Obtenido de BC Noticias: <https://bit.ly/3RBPEo3>

[4]. Geyer, R. (19 de July de 2017). *The Current. Science + Technology. A Plastic Planet*. Obtenido de <https://bit.ly/3QivnmU>

[5]. González Ordaz, Gilberto Israel, & Vargas-Hernández, José G. (2017). La economía circular como factor de la responsabilidad social. *Economía Coyuntural*, 2(3), 105-130. Recuperado en 02 de septiembre de 2022, de <https://bit.ly/3Q9akmh>

[6]. T. K. Palaniyappan, V. Yadav, Ruchira, V. K. Tayal and P. Choudekar, "PID Control Design for a Temperature Control System," 2018 International Conference on Power Energy, Environment and Intelligent Control (PEEIC), 2018, pp. 632-637, doi: 10.1109/PEEIC.2018.8665469.

[7]. Universidad Tecnológica Nacional. (25 de agosto de 2022). *Cátedras, sistemas de control*. Obtenido de <https://bit.ly/3CWcSBo>

[8]. 330 ohms. (1 de septiembre de 2022). Obtenido de <https://bit.ly/3ALyePI>