

Diseño ecológico 3D

(ECO 3D)

Yiby Escobar Quimbayo¹

Juan Sebastian Motta²

Resumen

La industria de la impresión 3D ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, impulsada por sus diversas aplicaciones en sectores como la manufactura, la medicina, la arquitectura y el diseño. Sin embargo, esta tecnología también ha generado preocupaciones en cuanto a su impacto ambiental, debido al uso de materiales plásticos derivados del petróleo. En este contexto, surge la necesidad de desarrollar alternativas sostenibles para la fabricación de filamentos de impresión 3D.

Las botellas de plástico PET (tereftalato de polietileno) representan una fuente significativa de residuos sólidos urbanos. Su reciclaje y reutilización para la producción de filamentos de impresión 3D ofrece una oportunidad para reducir el impacto ambiental de esta industria y promover la economía circular.

¹ Artículo de revisión, producto de investigación. Presentado para optar el grado al Título de Técnica Profesional en procesos gráficos. Asesorado por el docente Rodolfo Andrés Villareal Pazos. CUN Huila

² Estudiantes de cuarto semestre del programa de Diseño Gráfico. Corporación Unificada Nacional de Educación Superior CUN, Regional Huila. yiby.escobar@cun.edu.co juan.mottappo@cun.edu.co

Este proyecto de investigación tiene como objetivo principal desarrollar un filamento para impresión 3D a partir de botellas de plástico PET recicladas. Se busca evaluar la viabilidad técnica y ambiental de este proceso, así como analizar las propiedades del filamento obtenido y su potencial aplicación en el ámbito del diseño 3D. El proyecto se enmarca en la perspectiva de la economía circular y la fabricación sostenible, promoviendo la reutilización de materiales y la reducción de residuos plásticos.

Palabras Claves: Filamento, impresión 3D, botellas, PET, sostenibilidad, economía circular

Abstract

The 3D printing industry has seen exponential growth in recent years, driven by its diverse applications in sectors such as manufacturing, medicine, architecture and design. However, this technology has also raised concerns regarding its environmental impact, due to the use of plastic materials derived from petroleum. In this context, the need arises to develop sustainable alternatives for the manufacture of 3D printing filaments.

PET (polyethylene terephthalate) plastic bottles represent a significant source of municipal solid waste. Its recycling and reuse for the production of 3D printing filaments offers an opportunity to reduce the environmental impact of this industry and promote the circular economy.

This research project's main objective is to develop a filament for 3D printing from recycled PET plastic bottles. The aim is to evaluate the technical and environmental viability of this process, as well as analyze the properties of the filament obtained and its potential

application in the field of 3D design. The project is framed in the perspective of the circular economy and sustainable manufacturing, promoting the reuse of materials and the reduction of plastic waste.

Key words: Filament, 3D printing, bottles, PET, sustainability, circular economy.

Introducción

La impresión 3D ha revolucionado los procesos de fabricación, permitiendo la creación de objetos complejos y personalizados con una flexibilidad de diseño sin precedentes. Sin embargo, el uso extensivo de plásticos derivados del petróleo en esta tecnología genera preocupación por su impacto ambiental. La producción de estos plásticos consume recursos no renovables y genera emisiones de gases de efecto invernadero, mientras que su desecho inadecuado contribuye a la contaminación ambiental y a la acumulación de residuos sólidos urbanos.

En este contexto, la búsqueda de alternativas sostenibles para la fabricación de filamentos de impresión 3D se vuelve cada vez más relevante. Las botellas de plástico PET, uno de los tipos de plástico más utilizados en el mundo, representan una fuente significativa de residuos con potencial para ser reutilizados. Su reciclaje y conversión en filamento de impresión 3D ofrece una oportunidad para reducir el consumo de recursos vírgenes, disminuir la generación de residuos plásticos y promover la economía circular. Para lograr este cometido, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Identificar y seleccionar los métodos adecuados para la limpieza, triturado y extrusión del material PET reciclado.
- Optimizar las condiciones de procesamiento para obtener un filamento de alta calidad con las propiedades deseadas.
- Aportar en la disminución del impacto ambiental de la contaminación con plásticos.

Revisión Bibliográfica

En total esta revisión se basa en 50 documentos relacionados directa e indirectamente con el tema de investigación. Estos documentos pueden ser agrupados con base a sus características. En ese sentido, se han definido tres (3) categorías de documento: la Categoría A, que contiene los artículos, documentos investigativos o tesis, la Categoría B que contiene los referentes, empresas o entidades y la Categoría C que condensa las noticias, reportajes y documentales. A su vez, los documentos pueden clasificarse por su temática. De esta manera, se definen 2 categorías temáticas:

- Conversión del plástico a filamento
- Desarrollo de maquina para producción de filamento 3D

Definidas las temáticas, los textos de la temática Diseño ecológico 3D centran su atención en presentar de forma cualitativa y cuantitativa los efectos, impactos y problemáticas generadas por el sector productor de envases plásticos en el medio ambiente. Por ejemplo, según el informe elaborado por la Clínica Jurídica de Medio Ambiente y Salud Pública (MASP) de la Facultad de Derecho de la Universidad de los Andes y Greenpeace Colombia, se estima que la producción de plásticos en Colombia es aproximadamente 30.081 Ton/día lo que nos lleva a

evaluar el gran impacto que están generando estos materiales inorgánicos al medio ambiente por consiguiente como idea central de este trabajo se cree que los plásticos desechados pueden llegar a tener una segunda vida y en vista de la creciente moda de impresión 3D, se cree que el reciclaje de estos productos pueden llevarse a implementar en la creación de filamento para la impresión 3D contribuyendo positivamente en el cuidado del medio ambiente y en la economía circular (Clínica Jurídica de Medio Ambiente Salud Pública (MASP) de la Facultad de Derecho de la Universidad y Greenpeace, 2019).

En un proceso mejor descrito por Ans Al Rashid y Muammer Koc sobre la creación de filamento 3D a partir de botellas, más específico de botellas de leche, señalando que la preparación de las botellas sería de retirar las etiquetas, a continuación, se limpia con agua a presión caliente donde son vigiladas con cuidado de retirar todas las impurezas que pueden llegar a ser potencialmente perjudiciales para la producción del filamento.

Se puede encontrar también un pequeño kit con todas las partes electrónicas para la creación de un sistema capaz de convertir las botellas PET en filamento para la imprenta 3D y las partes plásticas pueden ser encontradas en planos para realizarlas con la impresora 3D, incluyéndose un cortador de mano para poder definir el grosor del filamento, después de pasar por este proceso se deja secar las tiras por 12 horas a 80°C, volviendo a introducirse en un sistema de extrusión con una salida caliente del filamento, con un sistema extracción automático y de ventilación del filamento.

En la creación de estos filamentos se pueden agregar diferentes productos para crear productos híbridos con fibra de carbono para crear una mayor resistencia y durabilidad de estos, en todo este proceso se mantiene una constante observación de la longitud mientras está a 210°C, con el resultado de obtener un filamento de 2.85 mm, esta temperatura es óptimo tanto para los

filamentos netamente basados en PET como para los que contienen combinaciones (Rashid & Koç, 2024).

Por otra parte, y en base a lo mencionado anteriormente la categoría conversión de plástico a filamento, nos lleva a la transformación de botellas PET recicladas; se estima que en Bogotá tan solo entre el 14% y el 15% de las 6.300 toneladas de desechos que se producen diarios, son aprovechados, por esto el eje central en reutilizar las botellas PET teniendo una categorización de dichos envases para la fabricación de los filamentos 3D, de este modo se produce un impacto positivo para el medio ambiente (Holguín & Montes, 2024).

Del mismo modo, a diario se generan miles de toneladas de desechos en todo el mundo, la mayoría de los cuales terminan en los vertederos como rellenos sanitarios o contaminan cuerpos de agua, afectando la vida marina y el planeta en su conjunto. Entre los desechos más comunes se encuentran los plásticos en sus diversas formas, dada la prevalencia de este material en el embalaje de alimentos en la vida cotidiana, por esto la creciente necesidad de generar un uso de reutilización para los plásticos. El PET es un poliéster obtenido a partir de una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico (TA) y el etilenglicol, el mismo es un material flexible, ligero, fuerte e irrompible también reciclable, está aprobado para estar en contacto con las bebidas y alimentos por el reglamento (CE) n.º 1935/2004, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de octubre de 2004, por lo que su aporte para la tecnología resulta interesante. El proceso de extrusión de las botellas PET y conversión en filamentos se pretende utilizar a un sistema similar de la impresora 3D (Bernal & Ibarrola, 2023).

Uno de los métodos es la reutilización y reciclaje que también podemos utilizar sería el diseño de prendas textiles con filamentos 3D reciclados, los que nos lleva a la gran brecha que podemos desencadenar para el uso de estos plásticos y darle una gran vida útil, la diversidad de

productos que podemos crear, nos facilita la llegada todo tipo de público, con la diversificación que se requiere a través de los filamentos, personalizando los insumos creados, (Restrepo, Cortés, & Arbeláez, 2021).

Enfatizando, la impresión en tercera dimensión (3D) es una de las tendencias tecnológicas con mayor proyección de impacto económico y productivo. Su funcionamiento se basa en el depósito de varias capas de material, hasta obtener la creación de un objeto tridimensional. Existe una gran variedad de insumos, denominado “filamentos”, que pueden ser utilizados en la impresión 3D. Los que más se destacan son el ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) y PLA (Ácido Poliláctico); sin embargo, existen otros filamentos menos populares tales como el PET (Tereftalato de Polietileno) que igualmente brindan soluciones a aplicaciones específicas, por ello la gran importancia también en que las personas tengan conocimiento de ello y puedan realizar una mejor segregación de los residuos, el cual facilite el alcancé de ellos, y por consiguiente la producción de filamentos, consiguiendo la mejora que deseamos para nuestro planeta (Galán & Ojeda, 2020).

La impresión 3D, ha traído un creciente interés de la industria, así como de la investigación y las comunidades académicas. Recientemente, se han desarrollado técnicas de impresión 3D más económicas y rápidas que pueden producir altas calidades de impresión. Actualmente, se están produciendo materiales poliméricos para impresión 3D con una gama más amplia de propiedades. Estos avances cambian continuamente la forma en que se diseñan, en que se fabrican los productos y cómo los consumidores los utilizan.

Las personas innovadoras e inventores ahora pueden producir fácilmente prototipos de sus ideas, ya que la impresión 3D facilita enormemente la producción de los mismos, es aquí donde se recalca la flexibilidad que se llega a tener con lo filamentos, considerando esto también

el trabajo de titulación de Chamba y Ronald, se observa como el material fundido también creando termoplásticos, que estaría funcional para otro nicho de mercado (Jumbo, Patricio, 2020).

La impresión 3D se encuentra en constante evolución, con nuevas tecnologías y materiales que amplían aún más sus posibilidades. A medida que la tecnología madure y los costos disminuyan, se espera que la impresión 3D se convierta en una herramienta accesible para todos, democratizando la innovación y transformando la forma en que vivimos, trabajamos y creamos, por ello es importante la materialización del filamento, además, apoyar a la reducción del plástico en el medio ambiente, impactar en la vida de los clientes y usuarios, en la reducción del tiempo entrega de filamento y costos (Vesga, Céspedes, Correa, & Calvo, 2023). De hecho “El mercado de impresión 3D crecerá un 14% anual hasta 2027” (Centro de recursos IT-USER, 2021).

Como consecuencia, la contaminación por plástico es un problema global que requiere soluciones urgentes. El reciclaje de plástico para impresión 3D surge como una alternativa viable para reducir el consumo de plástico virgen y crear productos sostenibles, se busca diseñar un sistema integrado de trituración y extrusión de plástico para obtener filamento de calidad comercial a partir de plástico reciclado, aprovechando el crecimiento del mercado de impresión 3D y la necesidad de impulsar la economía circular (Moncada & Velasquez, 2021).

Ahora, la manufactura aditiva, especialmente la FDM, está en auge gracias a su versatilidad y potencial para crear piezas de calidad. La fabricación de filamentos a partir de materiales reciclados, bajo el marco de la economía circular, es un área de investigación con gran potencial para la sostenibilidad y la reducción de costos (Lazo, 2021).

En ese mismo sentido y con la categoría del desarrollo de una maquina para producción de filamento 3D, se tiene que la construcción y creación de desarrollo de la misma, se puede realizar a través 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 se crea a partir de diseños que se encontraron en otras investigaciones relacionadas con máquinas diseñadas para fabricar filamento para impresoras 3D, aprovechando plástico reciclado, lo que la convierte en un prototipo fácil de adquirir gracias a su material y su costo (Ramírez, y otros, 2022).

Del mismo modo, Edwin Vera nos da el planteamiento para la fabricación de la máquina de filamentos 3D, presenta un sistema integrado para el corte de las botellas, además, cuenta con un sensor que detecta cuando la botella ha terminado de cortarse. su principal ventaja radica en el reducido número de sus elementos, ocupando menos espacio y el hecho de no necesitar de un dispositivo adicional eh independiente de la máquina para el corte de las botellas. La desventaja más notable reside en la complejidad de la electrónica, puesto que usara un solo dispositivo para el control de la temperatura y la velocidad del motor. Un dispositivo con tales características presenta las desventajas de ser caro y de necesitar mayores conocimientos para configurar su software (Vera, 2023). De igual forma; según los datos de almacenaje de relleno de ANTANAS en el año 2017 la producción de residuos sólidos plásticos de la ciudad de Pasto pasó en ese año a 630 toneladas mensuales aproximadamente, Comprender como una de las mayores organizaciones de reciclaje existentes recupera al año 1270 toneladas de material reciclable, pero de esa cantidad solo un 7% corresponde al material plástico, equivalente aproximadamente a 90 toneladas recuperadas de ese material por año. Por eso es tan importante la impresión 3D que se ha dado en auge en los últimos años la cual puede realizar diversidad de trabajos complejos de

piezas en polímeros, esta herramienta ha ayudado a la fabricación de fracciones con gran precisión. Por tanto se busca desarrollar un prototipo de maquina para la impresión 3D a partir de PET, nos explican que el motor eléctrico conectado directamente con el husillo transmite el movimiento de giro por medio de un sistema reductor el cual se encuentra conectado al eje por medio de piñones permite obtener las revoluciones necesarias para el tornillo, el cual se encarga de recoger material de la tolva en forma de escamas o pellets y lo mezcla, lo comprime y lo desplaza por el canal helicoidal a lo largo del cilindro el cual se encuentra a una temperatura de fundición del material por medio de resistencias y finalmente permitir la salida del material de la boquilla el cual dará la forma deseada. El husillo es la parte principal de toda máquina extrusora, es por esto que su diseño es muy importante para la producción, algunos factores a tener en cuenta son el diámetro, la longitud, la velocidad de giro, diseño del canal helicoidal entre otros (Coral & Izquierdo, 2021).

Discusión

La siguiente discusión se tiene en cuenta gracias a los presentes avances que se presentan en el campo de la impresión 3D y como esta puede llegar a ser de fácil acceso para mas individuos, llevándonos a verla mas aplicada en muchos aspectos de nuestra vida diaria en diferentes sectores desde la industria de creación de pequeños implementos para juegos, cosmético, hasta puntos de mayor peso y mayor relevancia como en la industria biomédica o en la misma creación de mecanismos para la fabricación de la producción de filamento 3D reciclado, También en la industria textil se puede llegar a ver una futura aplicación de este tecnología.

En contraparte de la gran innovación de la impresión 3D se ve afectado el medio ambiente al momento de la creación de filamento para estas máquinas, llevándonos a considerar si de verdad esta nueva tecnología es un beneficio para nuestro día a día. Acelerando nuestro problema medio ambiental en el cual vivimos.

El punto de nuestro trabajo es explorar una posible solución o una manera de mitigar los problemas que presenta esta tecnología, llevándonos al punto del desarrollo de maquinaria sostenible de filamento 3D con base en el reciclaje de las botellas plásticas PET (tereftalato de polietileno), comprendiendo diferentes artículos o investigaciones para poder desarrollar la capacidad que tienen estos filamentos reciclados y conocer la viabilidad de remplazar los filamentos tradicionales por estos reciclados, gracias al fácil acceso del materias de las botellas y del proceso para poder llegar a crear el filamento reciclado creemos que la viabilidad de este nuevo material es un punto considerable para tomar en cuenta en disminuir la creación de filamento tradicional. Un punto más en consideración sería el costo de obtener maquinaria para la transformación de la materia prima (botellas plásticas) en nuestro producto final (filamento reciclado), llevándonos a encontrar prototipos pre ensamblados con costos accesibles para la mayor parte de la población o la venta de solo los componentes electrónicos con los planos para la creación de las partes plásticas con las mismas impresoras 3D abaratando los costos para un fácil acceso de la población.

Otro punto en consideración sería la complejidad de utilizar estas maquinarias para las personas del común o para entusiastas llevándonos a encontrar varios documentos señalando la sencillas para llegar a procesar la materia prima (botellas plásticas) mostrando los pasos que se requieren para la creación de los filamentos reciclados llevándonos a aun mas prototipos de fácil ensamblaje y operación de las maquinarias.

Podemos llegar a ver este concepto como impulsador de la economía circular ayudando a mitigar los impactos de la contaminación de plásticos que vivimos en estos días, siendo así mismo las botellas plásticas una gran fuente para la creación de filamento para la impresión 3D.

Se encuentra una convergencia en todos los trabajos que nos llevan a comprender que un punto importante para el desarrollo de estos escritos es la contaminación que estamos viviendo en la época moderna y como nuestro gran crecimiento presenta problemas para el medio ambiente saliendo esta posibilidad de ayudar al medio ambiente.

Conclusiones

El mundo actual enfrenta grandes desafíos, entre ellos, la contaminación ambiental y el agotamiento de recursos. En este contexto, la reutilización del material PET para la fabricación de filamentos 3D surge como una alternativa innovadora y sostenible que ofrece múltiples beneficios para el medio ambiente, la economía y el acceso a la tecnología.

De la información consultada, se comprende que para iniciar este proyecto se tuvo presente y como principal eje el alto índice de producción de envases plásticos y la consecuencia e impacto al medio ambiente de una forma negativa, podemos analizar en el orden jerárquico que iniciamos con la primera categoría en nuestras referencias bibliográficas las cuales son el proceso de PET a filamento, podemos describir el método que se necesita para llegar a este, todo a través de una investigación y ejecución adecuada.

A lo que desea llegar el proyecto ECO 3D es a darle utilidad a los residuos sólidos, con el fin de disminuir la contaminación ambiental y aumentar la economía circular, ya que se puede mitigar el impacto de efecto invernadero, y se puede diversificar la utilidad de los prototipos

creadas con filamentos mediante las máquinas 3D, el cual hace que sea más fácil llegar al público. El filamento 3D fabricado con PET reciclado puede ser significativamente más barato que los filamentos tradicionales derivados del petróleo, lo que lo convierte en una opción más accesible para usuarios individuales, empresas e instituciones educativas.

Por otra parte, algunos autores dan protagonismo a la creación de un prototipo de máquina para la realización de filamentos, la cual se puede construir con el mismo material reciclable, lo que hace más fácil su obtención y fabricación, llegando así al punto en el que el filamento pueda llevarse a cabo con el material PET, por consiguiente es importante que la comunidad adquiera conocimiento de estos conceptos para concientizarlos y de tal forma hacer una mejor segregación de los residuos inorgánicos, facilitando así la recolección del material PET.

Para finalizar, es necesario mencionar que, si bien existe un gran número de investigaciones en los temas elegidos para esta investigación. Se considera pertinente seguir en el desarrollo del proyecto para disminuir los daños causados por la contaminación ambiental, de forma que se logre una oportunidad única que aborde los desafíos ambientales, económicos y sociales de nuestro tiempo. Al adoptar esta práctica, podemos construir un futuro más sostenible, próspero e inclusivo para todos.

Referencias bibliográficas:

- Bernal, N. C., & Ibarrola, C. R. (2023). Transformación de Residuos en Recursos: Filamentos Recicladados de PET y su Contribución a una Economía Circular. 4.
- Bolaños, J. J. (2019). *Reciclado de plástico PET*.
- Chamba, R. P. (2020). *Valoración en el uso de termoplásticos reciclados como una alternativa ambiental en la impresión 3D*.
- Chuquilin, A. (2021). *Diseño de una máquina trituradora extrusora de botellas de plástico para la obtención de filamento pet a bajo costo*.
- Clínica Jurídica de Medio Ambiente Salud Pública (MASP) de la Facultad de Derecho de la Universidad y Greenpeace. (2019). *SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PLÁSTICOS EN COLOMBIA Y SU IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE*.
- Coral, N., & Izquierdo, D. (2021). *EXTRUSORA DE FILAMENTOS PARA IMPRESIÓN 3D CON RECICLADO DE BOTELLAS PET-G PARA PRÁCTICAS DE PROTOTIPADO EN LABORATORIOS AUNAR*.
- Dogliotti, M. G., Rodríguez, R. A., & Vera, P. M. (2023). *Dimensión Ambiental en las Ciudades Inteligentes. Uso de insumos reciclados para la impresión 3D*.
- Exconde, M. K., Julie, C., Manapat, J. Z., & Magdaluyo, E. R. (2019). *Materials Selection of 3D Printing Filament and Utilization of Recycled Polyethylene Terephthalate (PET) in a Redesigned Breadboard*.

- Fernández, S. (2021). *Diseño de un dispositivo para fabricar nuevo filamento a partir del reciclado de residuos 3D.* .
- Galán, J., & Ojeda, O. (2020). *DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO PARA LA PRODUCCIÓN DE FILAMENTOS, INTEGRADO EN LA REUTILIZACIÓN DE PET (POLIETILENO TEREFALATO), ÚTIL PARA LA IMPRESORA 3D. BARRANCABERMEJA.*
- Gustavo, S. D., & Macías, C. M. (2021). *Diseño y construcción de un equipo triturador-extrusor de material plástico reutilizable tipo tereftalato de polietileno (pet) para la elaboración de filamento para impresoras 3d.* .
- Haijun, H., & Kolos, M. (2021). *Fabrication of 3D printed nanocomposites with electrospun nanofiber interleaves.* .
- Hernández, A. (2022). *Diseño de la automatización del proceso de extrusión de filamento para impresoras 3D.* .
- Herrarte, I., & Marmolejo, J. S. (2024). *PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE FILAMENTO PARA IMPRESIÓN 3D A PARTIR DEL RECICLADO DE BOTELLAS PET.*
- Holguín, J. S., & Montes, Y. N. (22 de 1 de 2024). *Producción sostenible de filamento PET con botellas reciclables en la Universidad de América para impresoras 3D.* pág. 68.
- Kautilya, P., Dhaval, S., Shashikant, J., & Kaushik, P. (2023). *Developments in 3D printing of carbon fiber reinforced polymer containing recycled plastic waste: A review.*

- Lazo, J. (2021). *Mejoramiento de la procesabilidad del PET reciclado: evaluación de mezclas poliméricas para mitigar degradación y mejorar estabilidad en la extrusión de filamento de impresión* .
- López, J. A., & Gómez, C. I. (2023). *Polyformer, la máquina open source que convierte las botellas de pet en filamento para impresoras 3d* .
- Maldonado, B., Pal, A. K., Misra, M., Gregori, S., & Mohanty, A. K. (2021). *Sustainable 3D printed composites from recycled ocean plastics and pyrolyzed soy-hulls: Optimization of printing parameters, performance studies and prototypes development*.
- Mendez, A. F., & Marin, J. D. (2023). *Diseño y Simulación de una Máquina Extrusora para la Reutilización de Material Pet en Forma de Filamento para Impresoras 3D* .
- Méndez, E., Fonseca, Gómez, & Sedano. (2020). *Prefactibilidad para la implementación de una empresa encargada de diseñar, elaborar y comercializar productos personalizados en 3d en la ciudad de Bogotá* .
- Mi, D., Zhang, J., Zhou, X., Zhang, X., Jia, S., & Bai. (2023). *Impresión 3D directa de gránulos de PET/PP reciclados mediante extrusión de tornillo de corte* .
- Miño, R. J., & Molina, R. A. (2019). *Estudio de mercado para determinar la producción y comercialización de filamentos para impresión 3D a base de Polietileno Tereftalato (PET) en la ciudad de Guayaquil* .
- Moncada, J., & Velasquez, M. (2021). *Diseño de un Sistema Integrado para la producción de filamento para impresora 3D de calidad comercial a partir de plástico reciclado* .
Trujillo, Perú .

- Montenegro, K. (2021). *Elaboración y comercialización de carcasas para celulares a base de filamentos eco amigables.*
- Narváez, A., Alonso, M., Rodríguez, J. A., Otero, M., & Pastor, A. (2022). *Propuesta de línea móvil de reciclaje selectivo de plásticos para impresión 3D con modelado por deposición fundida.*
- Navarro, J. D., & Torres, Y. A. (2022). *Desarrollo de un prototipo de máquina recicladora de polímeros para la elaboración de filamento para impresión 3D.*
- Nikam, M., Pawar, P., Patil, A., Patil, A., Mokal, K., & Jadhav, S. (2023). *Sustainable fabrication of 3D printing filament from recycled PET plastic.*
- O'Driscoll, C., Owodunni, O., & Asghar, U. (2024). *Optimization of 3D printer settings for recycled PET filament using analysis of variance (ANOVA).*
- Pulecio, G. S. (2019). *Estudio de factibilidad de la producción de filamento para la impresión 3D, a partir .*
- Ramírez, M., Valencia, J., Muñoz, L., Moncayo, J., Narváez, J., Bravo, V., & Diaz, J. (2022). *Desarrollo de un prototipo de máquina fabricadora de filamento para impresión 3d, mediante la reutilización de botellas de plástico PET.:. Nariño.*
- Ramón, M. R., & Vivanco, R. I. (2023). *Diseño e implementación de una máquina extrusora de filamento de uso general usando como materia prima botellas de plástico PET en la ciudad de Loja para el periodo abril. .*

Ramos, G., & Lombarda, G. A. (2019). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE EXTRUSIÓN DE FILAMENTO PARA IMPRESIÓN 3D A PARTIR DE BOTELLAS RECICLADAS.*

Ramos, S. (2019). *Bavaria, una empresa comprometida con el ambiente: propuesta para disminuir el impacto ambiental del uso de botellas plástico PET.*

Rashid, A. A., & Koç, M. (2024). Additive manufacturing for sustainability, circularity and zero-waste: 3DP. 10.

Restrepo, M., Cortés, D., & Arbeláez, S. (2021). Metodología de Diseño de Prendas Usando Textiles Impresos en 3D con Filamento PET Reciclado .

Rios, Y. J. (2021). *Diseño de una máquina extrusora de pellets de pet para obtener filamento de impresoras 3d de 1.75mm en la Universidad Señor de Sipán .*

Robalino, A. F. (2024). *Máquina Productora de Filamento Reciclado de Botellas Plásticas a Pequeña Escala con Sistema de Trituración y Extrusión .*

Rodríguez, E., Herrero, M., Valentín, M., & Guerrero, J. (2021). *Economía circular y fabricación aditiva: reciclaje y reintroducción de PET en dispositivos biomédicos .*

Sandoya, D. G., & Macías, C. M. (2021). *Diseño y construcción de un equipo triturador-extrusor de material plástico reutilizable tipo tereftalato de polietileno (pet) para la elaboración de filamento para impresoras 3d. .*

Siva, P. T., Shanmuka, S. M., & Ravi, S. M. (2024). *Sustainability aspects of composite filament fabrication for 3D printing applications.*

Toth, L., Slezák, E., Bocz, K., & Ronkay, F. (2024). *Progress in 3D printing of recycled PET.*

- Trullo, A. (2023). *Extrusor de botellas plásticas tipo PET reciclables para filamentos de impresoras 3D* .
- Vargas, N. (2023). *Diseño de sistema embebido para máquina de reciclaje de PET* .
- Vega, B. G. (2023). *Diseño de una máquina orientada a la producción de pellets de PET reciclado* .
- Vera, E. (2023). *Diseño y construcción de una máquina para obtener filamento 3D de bajo costo reciclando botellas PET* .
- Vesga, N., Céspedes, D., Correa, J., & Calvo, S. (2023). *Eco Fiber* . Magdalena.
- Vichique, M., Hernández, J. L., & Castillo, A. (2023). *Sistemas Hidropónicos Sustentables Basados en el Reciclaje de Botellas de PET e Impresión 3D* .
- Villegas, E. S. (2021). *Proceso tecnológico para la fabricación de materiales compuestos con matriz polimérica y refuerzo de fibra de vidrio para su uso en filamento de impresión 3D* .