

Construcción de una máquina trituradora de plástico

Implementation of a plastic shredding machine

Ricardo Prado¹
Angaspilco Saez²
Jauregi Rojas³
Rodriguez Hurtado⁴
Sosa Macuyama⁵
Yepez Ventura⁶

Recibido: 20 de abril de 2019
Aceptado: 04 de mayo de 2019

RESUMEN

En este trabajo se presenta el diseño e implementación de un prototipo de máquina trituradora de plástico PET (tereftalato de polietileno), como una alternativa de solución tecnológica al gran problema de la contaminación ambiental por el excesivo consumo de materiales poco degradables como es el plástico.

Este proyecto se enmarca en una solución de innovación tecnológica local dado que en la región La Libertad-Perú a pesar del alto consumo de materiales plásticos no existe una estrategia formal de reciclaje o eliminación de este tipo de desechos ni tampoco desarrollos tecnológicos para ese fin. Por lo que la propuesta que se implementa en este trabajo tiene un aporte de innovación tecnológica para el reciclaje de plásticos y así contribuir en la transformación o eliminación de residuos plásticos.

Por otro lado, los plásticos tipo PET son fácilmente triturables a dimensiones minúsculas para posteriormente ser utilizados en diferentes procesos que determinan productos útiles al hombre o con menos efectos negativos al medio ambiente. Y en ese sentido, el trabajo presentado aquí desarrolla un prototipo de máquina trituradora cuyas partes y componentes son de fácil construcción o adquiribles en el entorno local.

1 Docente de la Universidad Privada Antenor Orrego y de la Universidad César Vallejo.

2 Estudiante de la Universidad César Vallejo.

3 Estudiante de la Universidad César Vallejo. milton8jr@gmail.com

4 Estudiante de la Universidad César Vallejo. Jorgesm.28.10.97@gmail.com

5 Estudiante de la Universidad César Vallejo. leas_escorpio_912@hotmail.com

6 Estudiante de la Universidad César Vallejo. ventura.2@gmail.com

La máquina trituradora de plástico desarrollado aquí se compone de tres partes fundamentales: (1) Sistema eléctrico con lógica de mando y arranque directo de un motor trifásico, (2) estructura mecánica o cuerpo del equipo, que permite sostener o soportar a las diferentes partes de la máquina, (3) sistema de trituración, que convierte el plástico reciclado en pequeñas virutas, las que son luego almacenadas en un depósito que es parte de la máquina desarrollada.

Los conocimientos adquiridos en el curso de electromagnetismo, de la carrera Ingeniería Mecánica-eléctrica permiten realizar el diseño y construcción de una máquina trituradora de residuos plásticos que garantice su funcionamiento adecuado, facilidad de operación, seguridad laboral y una adecuada selección de los diferentes elementos y materiales requeridos para la implementación del equipo.

Palabras clave: plástico, máquina trituradora, trifásico, sistema eléctrico.

ABSTRACT

This paper presents the design and implementation of a prototype of PET plastic crushing machine (polyethylene terephthalate), as an alternative technological solution to the great problem of environmental pollution due to the excessive consumption of materials that are not degradable, such as plastic.

This project is part of a local technological innovation solution given that in the La Libertad-Peru region, despite the high consumption of plastic materials, there is no formal recycling or disposal strategy for this type of waste, nor technological developments for that purpose. So the proposal that is implemented in this work has a contribution of technological innovation for the recycling of plastics and thus contribute to the transformation or elimination of plastic waste in a few words, turning trash into something useful. This article shows the results obtained from a research carried out on the impact of PET, as well as the prototype and design of a PET-type plastic crushing machine.

On the other hand, PET-type plastics are easily crushable to tiny dimensions to be subsequently used in different processes that determine products useful to man or with less negative effects on the environment. And in that sense, the work presented here develops a prototype crusher machine whose parts and components are easily constructed or acquirable in the local environment.

The plastic crushing machine developed here consists of 3 main parts: (1) Electric system with control logic and direct starting of a three-phase motor. (2) mechanical structure or body of the equipment, which allows to support or support the different parts of the machine. (3) crushing system, which converts the recycled plastic into small chips, which are then stored in a deposit that is part of the machine developed.

The knowledge acquired in the course of electromagnetism, from the Mechanical-Electrical Engineer career, allows the design and construction of a plastic waste crusher that guarantees its proper functioning, ease of operation, job security and an adequate selection of the different elements and materials required for the implementation of the equipment.

Keywords: plastic, crushing machine, three-phase, electrical system.

INTRODUCCIÓN

El plástico tereftalato de polietileno (PET) fue creado en la década de los 40 en busca de una fibra que reemplace al algodón, pero fue hasta los años 70 cuando se desarrollaron envases de PET, y por su fácil manejo y maleabilidad permitió una producción en masa de los diversos productos basados en PET. Con el tiempo esta supuesta ventaja se convirtió en un verdadero problema ambiental puesto que a un plástico en promedio le toma entre 200 a 1000 años para degradarse [1]. Al estar compuestos por derivados de petróleo y otros químicos, este material demora años en desaparecer del planeta, y mientras eso sucede pueden generar graves daños ecológicos, por ejemplo cada año, más de un millón de aves y animales marinos mueren debido a que digieren plástico desechado. En Perú, en el 2014, cerca de 320 mil residuos de plástico fueron recogidos de 66 playas del litoral, y según el Ministerio del Ambiente (MINAM), el 46% de los residuos que hay en las playas peruanas son PET [2]. La convicción de que hay que actuar para reducir la contaminación del plástico es cada vez mayor en el mundo y en particular en nuestra sociedad. Sin embargo, no todo es negativo en los materiales PET pues presentan propiedades térmicas, mecánicas, resistencia química, buena capacidad de formar fibras, baja permeabilidad de O₂ y CO₂, bajo coste y tiene una excelente reciclabilidad [3].

Es por ello que aquí se presenta una propuesta para ayudar al medioambiente en la reducción de desechos plásticos y consiste en el desarrollo e implementación de una novedosa máquina trituradora de plástico que presenta tres partes fundamentales: (1) Sistema eléctrico con lógica de mando y arranque directo de un motor trifásico, (2) estructura mecánica o cuerpo del equipo, que permite sostener o soportar a las diferentes partes de la máquina, (3) sistema de trituración, que convierte el plástico reciclado en pequeñas virutas, las que son luego almacenadas en un depósito que es parte de la máquina desarrollada.

MATERIAL Y MÉTODO

Como ya se ha descrito previamente la meta del proyecto es un prototipo de máquina trituradora de material de plástico tipo PET. El prototipo se implementa por etapas bien diferenciadas pero que al integrarlas permiten obtener un producto eficiente y robusto.

2.1 ESTRUCTURA MECÁNICA-ELÉCTRICA

El elemento fundamental de la máquina trituradora es el motor que debe generar la fuerza y torque necesario para que permita un trabajo estable y robusto en la trituración sobre cuerpos en rotación, proporcionando la fuerza necesaria en las cuchillas trituradoras como los objetos PET a triturar. Aquí se utiliza para tal fin un motor trifásico en configuración estrella [4].

Elemento cortador o triturador

Después de realizar un análisis sobre que material es el más indicado para triturar material PET de objetos altamente consumibles en nuestro entorno regional (por ejemplo, tapas y botellas de plástico, pomos, etc.), se determina que las cuchillas (Fig. 1) que cortaran o trituraran los objetos PET serán de acero inoxidable tipo A304 que presenta las propiedades de alta tenacidad y resistencia al desgaste.

La herramienta trituradora formada por cuchillas se simula en solidworks. (Fig. 2) considerando las dimensiones reales así como el material a utilizar previamente mencionado, obteniéndose su peso aproximado, que es un dato importante para el dimensionamiento del Motor trifásico a seleccionar. Cada cuchilla pesa de 0.81Kg y la herramienta presenta 14 cuchillas por lo que su peso aproximado total es de 12.11 kg. Se realiza el análisis de fuerzas que actuarán sobre la herramienta y el eje que la contiene a través del simulador obteniéndose una distribución de fuerzas como se expresa en la fig. 3.

En el eje irán ensambladas las cuchillas y acopladas a 2 rodajes para permitir el movimiento giratorio.

Otra pieza importante de la máquina trituradora de PET es un filtro para que solo deje pasar hojuelas o virutas trituradas de aproximadamente 1/2". Las hojuelas que no logren pasar seguirán arrastradas por la herramienta trituradora hasta lograr pasar por el filtro. (Fig. 4). El filtro se coloca debajo del sistema de cuchillas. Se colocara una mesa soporte para los cortadores, filtro, motor, engranes. Adicionalmente se pondrá una tolva que servirá como seguridad para el sistema de cuchillas.

Para transmitir la potencia y el movimiento circular a las cuchillas se usa un sistema de dos engranajes con 30 dentados cada uno,

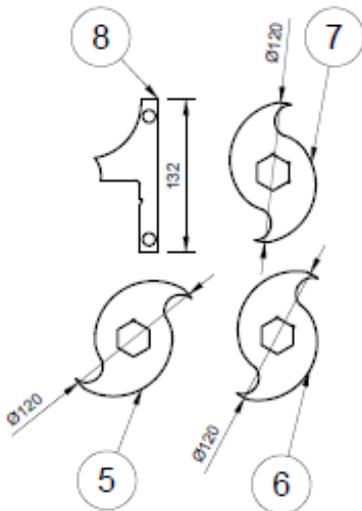


Figura 1. Dimensiones de las cuchillas a usar para triturar plásticos PET.

Property	Value	Units
Elastic Modulus	2.03e+011	N/m ²
Poisson's Ratio	0.285	N/A
Shear Modulus	7.8e+010	N/m ²
Mass Density	7860	kg/m ³
Tensile Strength		N/m ²
Compressive Strength		N/m ²
Yield Strength		N/m ²
Thermal Expansion Coefficient	1.1e-005	/K
Thermal Conductivity		W/(m-K)
Specific Heat		J/(kg-K)
Material Damping Ratio		N/A

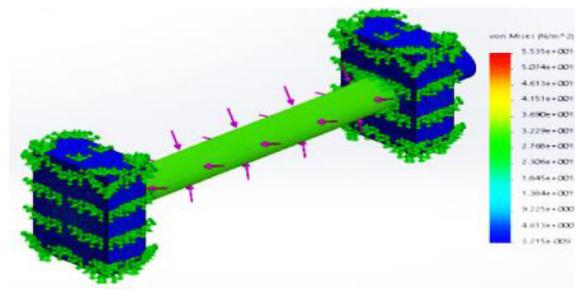


Figura 3. Fuerzas aplicadas al eje que contendrá a la herramienta trituradora de material PET.

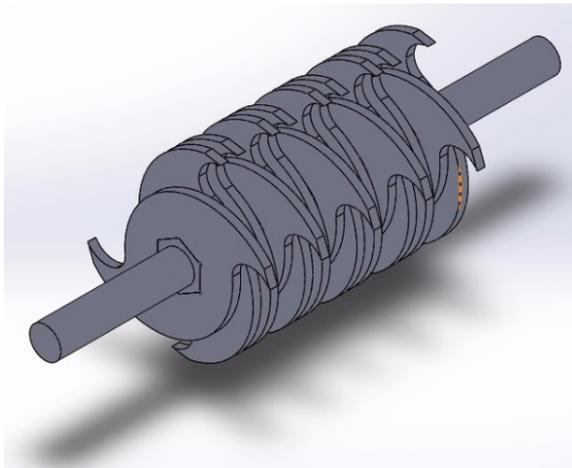


Figura 2. Simulación mediante Solidworks de la herramienta a usar por el prototipo para triturar PET.

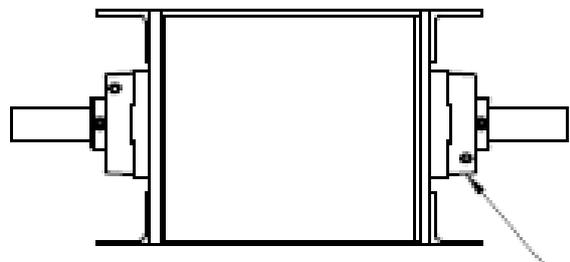
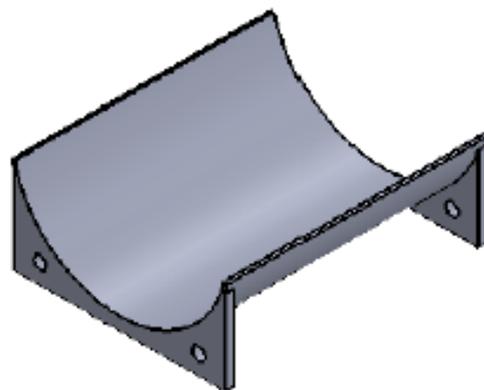


Figura 4. Filtro y caja que contiene al filtro y la herramienta de triturar.

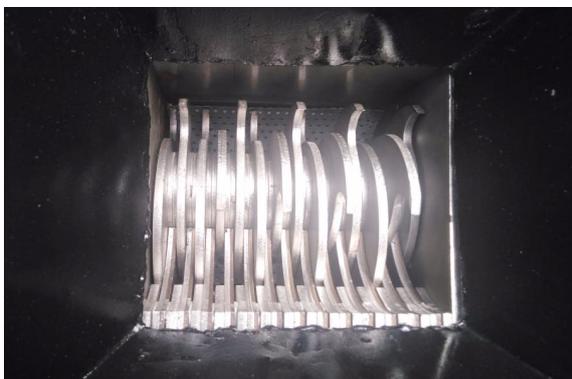


Figura 5. Vista real hacia el interior de la tolva que contiene a la herramienta para triturar PET.

conectados al eje que contiene a la herramienta de trituración, con ello se obtiene una adecuada relación fuerza-velocidad según la relación de transmisión de los engranajes. Los engranajes están conectados uno en sentido horario y el otro en sentido anti horario logrando con ello el movimiento de extracción de la herramienta trituradora hacia el material PET hasta que este se reduzca a un tamaño que pueda pasar el filtro. El material de los engranajes también es de acero sisa A2 con un peso total de 0.13 kg. (Fig. 5).

El motor seleccionado es uno trifásico de 0.75hp, por lo que con un arranque directo es posible trabajar adecuadamente, 1680 RPM y motoreductor 116 RPM.

Cada cuchilla está diseñada de manera que al momento de introducir una botella sea atrapada por las cuchillas salientes, evitando tiempo muerto o que no sea necesario introducir peso en esa botella para que sea atrapada por el sistema, Las cuchillas contarán con suficiente filo para que inmediatamente empiece la trituración.

2.2 ARRANQUE Y LÓGICA DE MANDO

El motoreductor trifásico [5] tiene un arranque directo que consta de:

Contactor:

Es un elemento electromecánico que permite o no el paso de corriente hacia el motor trifásico. Es accionado por una bobina de mando que a su vez puede ser energizada de forma manual o automática [6]. Si el motor trifásico tiene cambio de giro entonces debe haber dos conjuntos de contactores tripolares uno para cada giro y son excluyentes entre sí. Es decir cuando un conjunto de contactores funciona el otro debe estar inhabilitado y viceversa, de lo contrario pueden generar un corto en el receptor o motor. (Fig. 6).

Pulsador.

Elemento eléctrico accionado manualmente por el operario y que en un arranque de motor actúa generalmente en la lógica de mando como elemento de inicio del arranque o de paro del motor. Pueden ser normalmente abierto, cuando se pulsa sobre el se cierra (deja pasar corriente); normalmente cerrado, cuando se pulsa sobre el se abre (no deja pasar corriente); o tener ambos estados, normalmente abierto y normalmente cerrado.

Interruptor magnetotérmico.

Es un dispositivo eléctrico de seguridad que interrumpe el paso de corriente en los siguientes dos casos: (1) cuando hay un cortocircuito en el sistema eléctrico que puede afectar al motor (actúa la parte magnética); (2) cuando hay una temperatura elevada en el motor producto de una sobre intensidad entonces el interruptor evalúa el tiempo de permanencia de esta sobre intensidad si persiste entonces interrumpe la alimentación eléctrica [7]. No necesitan ser configurados o calibrados dado que el proyecto trabaja con niveles estándares o comerciales de voltaje e intensidad por lo tanto los interruptores de seguridad ya vienen desde fabrica calibrados y configurados para esos valores. (Fig. 7).

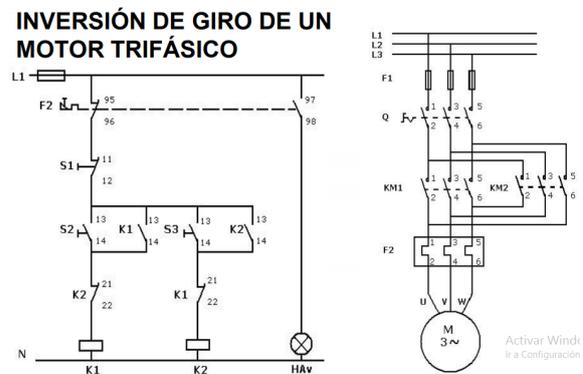


Figura 6. Lógica de inversión de giro del motor trifásico utilizada e implementada en el proyecto.



Figura 7. Caja eléctrica de mando de la máquina trituradora de PET

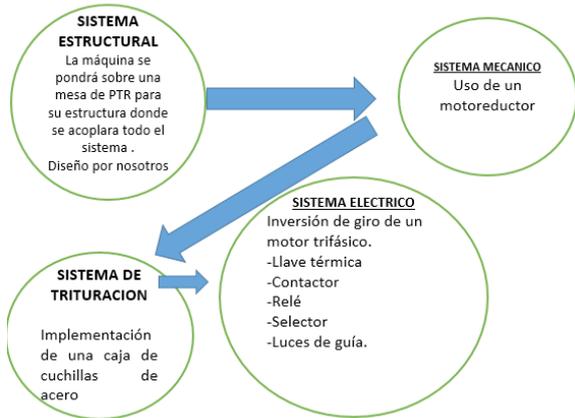


Figura 8. Lógica de implementación de la máquina trituradora de PET desarrollada en el proyecto.

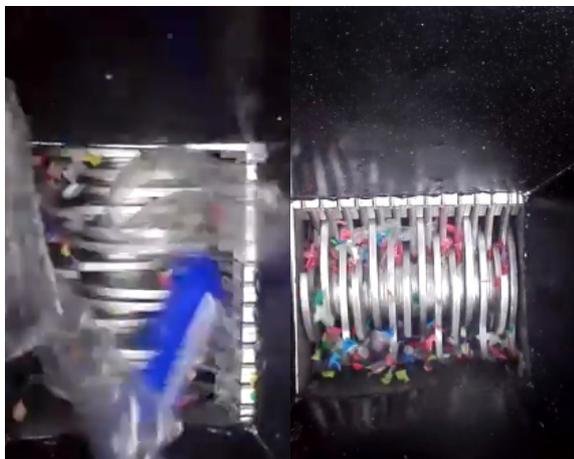


Figura 9. Ingreso de plástico PET y trituration del mismo.



Figura 11. Máquina trituradora de PET desarrollado en este trabajo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la fig.8 se muestra la secuencia de trabajo usada para construir e implementar el prototipo desarrollado en el proyecto. Se han realizado las pruebas correspondientes de arranque del motor y cambio de giro logrando la meta deseada en cuanto a resultados de trituración de material PET manteniendo un trabajo continuo y estable. Para las pruebas se han usado tapas de bebidas gaseosas así como diversos envases comerciales de plástico reduciéndoles a niveles que pueden pasar por el filtro y quedar almacenados en el depósito de desechos.

El equipo presenta un panel frontal eléctrico para la lógica de mando en una posición segura para el operario. El accionamiento es manual (recuérdese que este es un trabajo desarrollado para el curso de electromagnetismo III ciclo y tiene como meta implementar una aplicación práctica donde determinados fenómenos físicos se explican con la teoría desarrollada en el curso).

Una vez realizada el diseño y simulación del correcto funcionamiento de la máquina trituradora se pasa a la elaboración de los planos de las diferentes partes para su fabricación o construcción en taller, otras piezas de mayor complejidad de manufactura simplemente se adquieren en establecimientos especializados. Posteriormente se pasa a la implementación de cada pieza física acoplándolas entre ellas adecuadamente a fin de evitar juegos, huelgas y ruidos mecánicos que hacen ineficiente el movimiento del equipo. (Fig. 9). Se han realizado diferentes pruebas para calibrar la velocidad y torque del motorreductor hasta llegar al comportamiento deseado. En la fig. 10 se muestra diferentes enfoques del equipo desarrollado.

Trabajo futuros implica la automatización del arranque y paro del motor, por ejemplo cuando se llegue a un nivel adecuado de llenado del depósito de material PET a triturar un mejor control de velocidad-fuerza del motorreductor. La máquina será continuamente trabajada según los conocimientos adquiridos en los diferentes cursos por desarrollar.

Se considera un resultado importante obtener la metodología clara y precisa para las fases de creación de la maquina: diseño, simulación y fabricación del equipo. Esta metodología, junto con el diagrama de funcionamiento de la maquina hace que el sistema opere adecuadamente y sea altamente replicable.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se diseñó, construyó y automatizo una máquina trituradora de plásticos PET mediante el uso de un simulador, elementos mecánicos-eléctricos, motorreductores trifásicos y lógica de mando en un contexto de explicar su funcionamiento mediante los conocimientos teóricos adquiridos en el curso de electromagnetismo III ciclo.

El prototipo desarrollado en el trabajo descrito es de actual aplicación dado que se presenta como una innovación tecnológica local para resolver o apoyar en el reciclado de desperdicios y así apoyar en la conservación del medio ambiente.

El trabajo presentado aquí ha tenido también como propósito incentivar y promover la innovación tecnológica en un entorno de formación profesional universitaria. La meta no solo fue obtener un producto tecnológico, sino uno de las primeras máquinas trituradora desarrolladas en el ámbito local. Finalmente, el proyecto está abierto a nuevas mejoras y optimizaciones.

REFERENCIAS

1. Doulache, N., Khemici, M. W., Gourari, A., & Bendaoud, M. (2010, July). DSC study of polyethylene terephthalate's physical ageing. In *Solid Dielectrics (ICSD), 2010 10th IEEE International Conference on* (pp. 1-4).
2. http://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/1021/Mario_Tesis_maestria_2014.pdf?sequence=1. 2014.
3. Márquez, P. *Negocios inclusivos: Iniciativas de mercado con los pobres de Iberoamérica*. 2010.
4. http://prof.usb.ve/jaller/Guia_Maq_pdf/cat_motores_ind.pdf. 2015.
5. https://www.festodidactic.com/ov3/media/customers/1100/571801_leseprobe_es.pdf. 2013.
6. <http://www.frt.utn.edu.ar/tecnoweb/imagenes/file/Apunte%20del%20Dpto%20Electrica/PR%C3%81CTICAS%20DE%20AUTOMATISMOS%20EL%C3%89CTRICOS.pdf>. 2015.
7. <https://library.e.abb.com/public/7c6874a53fa81fd58325722800341ab5/7922340-IV%20Instrucciones%20interruptores%20magnetotermicos%20y%20diferenciales1.pdf>.