



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MAQUINA PARA EL TRITURADO DE POLIMEROS Y METALES BLANDOS

DESIGN AND CONSTRUCTION OF MACHINE FOR CRUSHING OF POLYMERS AND WHITE METALS

MSc. Juan Rodrigo Salamanca Sarmiento¹, MSc (C) Fabián Leonardo Higuera Sánchez², MSc (C) Luis Fernando Acosta Joya³, Flaminio Andrés Medina Saravia⁴ (E), Neider Favian Camacho Cruz⁵ (E)

* Universidad Santo Tomás, 1 Ingeniería Mecánica, GIDINT.CII. 19 N° 11 - 64
Tunja– Boyacá, Colombia.
57 (8) 7440404.

juan.salamanca@usantoto.edu.co, fabian.higuera@usantoto.edu.co,
luis.acosta@usantoto.edu.co, flaminio.medina@usantoto.edu.co,
Neider.fabian@usantoto.edu.co

Resumen

Para el desarrollo de este proyecto presenta el diseño y construcción de una máquina para el triturado de polímeros, metales blandos como laminas delgadas de aluminio, y materiales como la madera. La metodología se inicia con la absorción de información de trabajos similares, el diseño de una máquina que cumpla los requisitos establecidos, por otra parte, se inicia con los cálculos y diseño 3D de las partes, y continúa con la búsqueda de materiales de los cuales buena parte son reciclados. Por resultado del trabajo se obtiene una trituradora que cumple satisfactoriamente las metas propuestas superando expectativas en cuanto a funcionamiento y costo, con entrega material en tamaños de un centímetro o menos de sección, cuenta con una producción cercana a los 20 kilos por hora, y un tamaño y peso que facilita su transporte.

Palabras clave: Análisis, cuchillas, diseño, medio ambiente, trituradora.

Abstract

For the development of this project, it presents the design and construction of a machine for crushing polymers, soft metals such as thin sheets of aluminum, and materials such as wood. The methodology begins with the absorption of information from similar works, the design of a machine that covers the established requirements, on the other hand it begins with the calculations and 3D design of the parts, and continues with the search for materials of which Good part are recycled.As a result of the work, a crusher is obtained that satisfactorily meets the proposed goals, exceeding expectations in terms of operation and cost, with delivery material in dimensions of one centimeter or less in section, has a production close to 20 kilos per hour, and a size and weight that facilitates its transport..

Keywords: Analysis, blades, design, environment, crusher.





1. INTRODUCCIÓN

La reutilización envases o envolturas de polímero es bastante común, al punto que se desarrollan diversos equipos para beneficiar estos materiales, como máquinas que producen hilos y cintas de plástico mediante un mecanismo automatizado de corte (Hidalgo et al, 2017), también es necesario hacer estudios de aspectos técnicos y mecánicos en el proceso de triturado y su afectación en el tratamiento de polímeros.(Vásquez, U. 2009) o el estudio matemático y mecánico para optimizar una trituradora y la calidad del grano obtenido.(Mayorga, J. 2016; Montalvo et al, 2018), lo anterior ya sea para empresas o nuevos negocios, siempre buscan generar facilidades en el tratamiento de los polímeros de reciclaje. Permanentemente se realizan estudios, ya sea para el montaje de una planta de producción, reciclaje, triturado, etc., o para evaluar el impacto de un mecanismo en la producción o las propiedades de un material, algunos de los estudios buscan además de la construcción de equipos, obtener información previa del proceso o las ventajas que este pueda ofrecer como el caso del estudio de mercadeo e impacto ambiental del PET como elemento de entrada para el diseño y construcción de una trituradora. (García et al, 2016; Salamanca et al, 2018), estudio como la evaluación de requerimientos para el diseño y construcción de un molino para polímeros, mediante elementos finitos, considerando los diversos esfuerzos mecánicos de cada uno de los componentes.(Gaitan, D. 2018), otro estudio más aplicado es la simulación de una máquina trituradora de plástico, con dos ejes, cada uno con 8 cuchillas (Vasconez, A. 2013), un estudio específico es el Análisis de parámetros del para diseñar y construir una trituradora de cuchillas circulares de eje vertical (Arroba, Cepeda, J. 2016). Con los antecedentes mencionados, se establece el desarrollo

de equipos para aprovechamiento de polímeros reciclados, generando oportunidades de negocio como la construcción de una planta de tratamiento de polímeros de carácter móvil, compuesta por módulos específicos según su función. (Limitada, E. Antofagasta. 2012). También la evaluación de partes, equipos y plantas de procesado da luces al desarrollo de alternativas de aprovechamiento como el estudio de los sistemas mecánicos, de flujo y eléctricos necesarios para producir una máquina trituradora de polímeros (Sandoval, C. 2016) y el diseño técnico y mecánico para establecer un proceso integral de tratamiento de polímeros. (Llive, B. Mejía, D. 2016), también al hacer cambios en las maquinas o partes de ellas se logran variaciones como el diseño de una trituradora de cuchillas rotatorias para hacer planchas conformadas de material termoplástico y aluminio (Vargas, M. 2018) o el diseño de los sistemas mecánicos, de flujo y eléctricos necesarios para producir una máquina trituradora de polímeros (Sandoval, C., 2016). Finalmente, para realizar un desarrollo en este campo se encuentran diferentes experiencias que ayudan a los desarrollos como la máquina trituradora accionada por tracción humana. (Rincón, A. Rondón, W. 2019), o a nivel de emprendimiento el estudio mecánico, técnico, productivo y económico para la implementación del proceso de triturado en la empresa MG Gestores Ambientales de Ecuador. (Sánchez, J. 2015), y un trabajo más específico como el desarrollo de una trituradora de plásticos de diversas calidades, que produce 40 kg a la hora con un tamaño de partículas de 8 mm. (Bonilla, W. Pilatasig, I. 2018), incluso se piensa en los residuos de los mismos procesos haciendo el estudio técnico mecánico para el diseño de una trituradora de polímeros de diferente dureza y consistencia que triture los sobrantes del proceso de extrusión e inyección. (López et al, 2015, Sempere, O. 2018). En este trabajo se logra desarrollar un diseño y se





implementa reutilizando partes metálicas transformándolas o reparándolas, para lograr una maquina con características técnicas y mecánicas en cada una de las piezas de la trituradora de doble eje, con el objetivo final de tener un equipo autónomo y de fácil manejo.

2. MATERIALES

Para la construcción del equipo se tuvo en cuenta los elementos y materiales que se indican en la tabla 1.

Tabla 1. Materiales empleados.

Nº	PERFIL	MEDIDAS	MARCA	PARTE
1	Lámina	Calibre 12	DIACO	Tolva y caja corte
2	Angulo	1,1/4"x1/8"	DIACO	Estructura
3	Redondo 1045	1/2"	DIACO	Ejes cuchillas
4	Platina 5160	1/2"	DIACO	Cuchillas
5	Lamina 1020	1/2"	DIACO	Chavetas
6	Pilones	32 dientes	-----	Transmisión
7	Poles aluminio	(6.45-18.95°)	DAYCO	Transmisión
8	Chumaceras	1/2"		Ejes
9	Correas 3V			Transmisión
10	Motor Trifásico	1HP, 1750 rpm		

Fuente: Los autores.

La composición química de los aceros empleados se presenta en las tablas 2, 3 y 4.

Tabla 2. Composición Química de acero AISISAE1020.

COMP.QUÍMICA	% C	%Mn	%P.max.	%S.max.	%Si.max.
Análisis en %	0,18-0,32	0,3-0,6	0,04	0,05	0,15-0,3

Fuente: Los autores.

Tabla 3. Composición Química de acero AISISAE1045.

COMP.QUÍMICA	% C	%Mn	%P.max.	%S.max.	%Si.max.
Análisis en %	0,43-0,50	0,6-0,9	0,04	0,05	0,2-0,4

Fuente: Los autores

Tabla 4. Composición Química de acero AISISAE 5160.

COMP.QUÍMICA	% C	%Mn	%P.max.	%S.max.	%Si.max.	Cr	Otro
Análisis en %	0,56-0,64	0,75-1	0,005	0,04	0,15-0,3	0,7-0,8	Variado

Fuente: Los autores

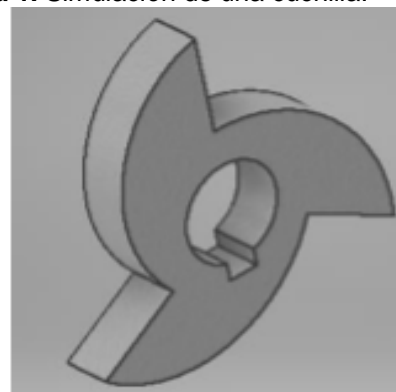
Aspectos de diseño.

Los polímeros a tratar con este equipo, son principalmente Polietilenos, de alta y baja densidad, polipropilenos duros, Pet, también se considera el trabajo con materiales más duros, como el tetra pack, aluminio, y metales blandos. Los tamaños finales de diseño son partículas trituradas de 10 mm (Gómez et al, 2017).

3. METODOLOGÍA.

Aspectos a tener en cuenta en la construcción de la trituradora son: la elección del motor que determina el torque y el diseño y materiales de las cuchillas trituradoras. Especificaciones de las cuchillas. Los materiales trabajados fueron escogidos de partes mecánicas que se reutilizaron y transformaron, como el caso del material para las cuchillas cortadoras, que es un acero AISI 5160 el cual es el comúnmente usado en las ballestas de los camiones y combina características de resistencia mecánica y composición química (Espinel et al, 2016; Higuera et al, 2018). Las cuchillas se simularon en Autodesk Inventor con las medidas reales y material previamente establecido, con el fin de hallar variables necesarias para la selección del motor, tal como el peso y otros aspectos (Figura. 1).

Figura 1. Simulación de una cuchilla.



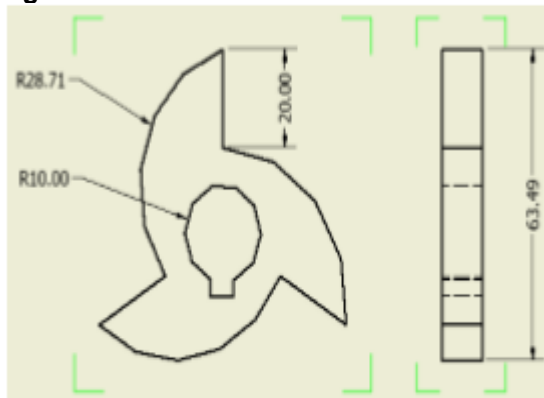
Fuente: Los autores.

**Tabla 5.** Datos de simulación de una cuchilla.

Material		Acero AISI 5160 434 RT	
Densidad	7,850 g/cm ³	Precisión solicitada	Baja
Propiedades generales			
Masa		Centro de gravedad	
0,143 kg (Error rel)		X	5,200 mm (Error rel)
Área	6600,406 mm ² (E)	Y	0,626 mm (Error rel)
Volumen	18175,390 mm ³ (E)	Z	1,095 mm (Error rel)
Propiedades de inercia			
Principal		Global	
Centro de gravedad			
Momentos máximos			
Ixx	68,513 kg mm ⁴	Cálculo realizado mediante integral negativa.	
Ixy	-4,000 kg mm ⁴	Iyy	34,544 kg mm ⁴
Ixz	-4,000 kg mm ⁴	Iyz	-1,398 kg mm ⁴
		Izz	36,541 kg mm ⁴

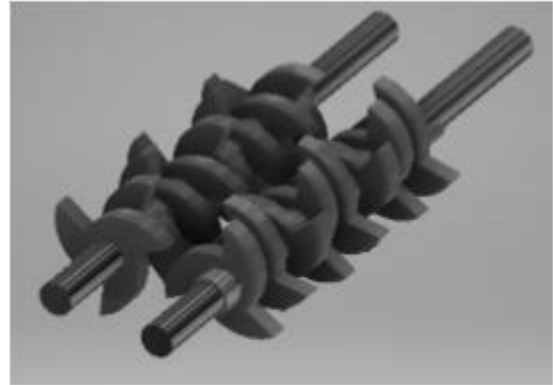
Fuente: Los autores

En la tabla 5 se puede analizar que el peso por cuchilla es de 0,143 Kg. En la figura 2, se presentan las medidas de las cuchillas.

Figura 2. Plano de cuchilla.

Fuente: Los autores.

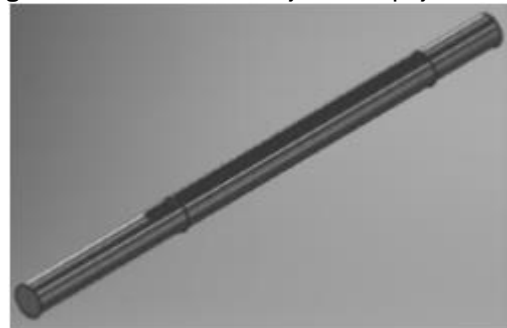
La trituradora está constituida por 16 cuchillas montadas en dos ejes, las cuales se disponen en dos grupos de ocho cuchillas enfrentadas que cumplirán la función de triturar como se muestra en la figura 3. Los datos de las cuchillas luego de construidas corresponden a: Peso de cada cuchilla: 0.143 Kg.
16 cuchillas X 0.143 Kg = **2.288 Kg.**

Figura 3. Montaje de las cuchillas en los ejes.

Fuente: Los autores

El material de los ejes (acero AISI 1045), presenta un tratamiento de endurecido que presenta buena resistencia al mecanizado, haciendo lenta la tarea de corte y conformado de cada elemento (eje de empuje – eje receptor).

Cada eje va acoplado a cuatro rodamientos para garantizar su movimiento giratorio, el eje de empuje es condicionalmente más largo ya que a este recibe la transmisión de potencia del motor por medio de poleas. La figura 4 presenta las características del eje de empuje y en la (fig. 5) sus dimensiones en un plano.

Figura 4. Simulación de eje de empuje.

Fuente: Los autores

Este eje tiene un peso de 0.799 Kg siendo el eje más largo y el que va a recibir directamente todo el torque del motor. El eje receptor tiene un peso de 0.727 Kg, es un poco más corto y está constituido del mismo material (Figura 5).

Figura 5. Simulación de eje receptor



Fuente: Los autores.

En las tablas 6 y 7, se presentan los datos empleados en la simulación de los ejes de empuje y receptor respectivamente.

Tabla 6. Datos de simulación de eje empuje.

Material		Portapape
Acero AISI 1045 390 RT		
Densidad	7,850 g/cm ³	Precisión solicitada: Alta
Propiedades generales		
Masa	0,799 kg (Error rel)	Centro de gravedad
Área	23507,870 mm ² (X: 175,102 mm (Error
Volumen	101731,707 mm ³ (Y: -0,325 mm (Error re
		Z: 0,000 mm (Error rel
Propiedades de inercia		
Principal Global Centro de gravedad		
Momentos máxicos		
Ixx	37,503 kg mm ⁴	Cálculo realizado mediante integral negativa.
Ixy	-5,584 kg mm ⁴	Iyy: 8180,921 kg mm ⁴
Ixz	-0,000 kg mm ⁴	Iyz: -0,000 kg mm ⁴
		Izz: 8178,781 kg mm ⁴

Fuente: Los autores.

Tabla 7. Datos de simulación eje receptor.

Material		Portapape
Acero AISI 1045 390 RT		
Densidad	7,850 g/cm ³	Precisión solicitada: Alta
Propiedades generales		
Masa	0,727 kg (Error rel)	Centro de gravedad
Área	21598,738 mm ² (X: 159,325 mm (Error
Volumen	92630,475 mm ³ (Y: -0,356 mm (Error re
		Z: 0,000 mm (Error rel
Propiedades de inercia		
Principal Global Centro de gravedad		
Momentos máxicos		
Ixx	34,257 kg mm ⁴	Cálculo realizado mediante integral negativa.
Ixy	-2,496 kg mm ⁴	Iyy: 6147,947 kg mm ⁴
Ixz	-0,000 kg mm ⁴	Iyz: -0,000 kg mm ⁴
		Izz: 6145,799 kg mm ⁴

Fuente: Los autores.

En resumen el peso total de los ejes es:

$$\text{Eje de empuje} = 0.799 \text{ kg}$$

$$\text{Eje receptor} = 0.727 \text{ kg}$$

$$\text{Total peso de ejes} = 1.526 \text{ Kg}$$

Peso total = Peso Ejes + Peso cuchillas

$$\text{Peso total} = 1.526 \text{ Kg} + 2.288 \text{ Kg}$$

Peso total del sistema completo de trituración = 3.814 Kg.

Con el peso hallado, incluyendo las cargas generadas por fricción en la estructura se concluye que el motor tendrá que mover 9 Kg. De acuerdo a los datos anteriores se definen las especificaciones de motor.

Motor trifásico de 2hp con 1750 rpm.

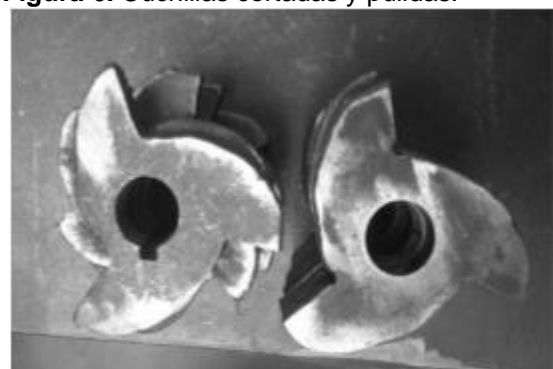
Fabricación del prototipo.

Dentro de los materiales de reciclo que se emplearon en la construcción del prototipo, se emplearon hojas de resortes de camión, este material fue elegido por su fácil obtención y bajo costo.

Corte de las cuchillas.

La construcción del prototipo se inició a partir del boceto de las cuchillas sobre las hojas para cortar posteriormente con oxiacetileno, luego pulir y realizar el diámetro del eje con su respectivo chavetero variando en cada cuchilla el ángulo (+90°) representado en la figura 6.

Figura 6. Cuchillas cortadas y pulidas.

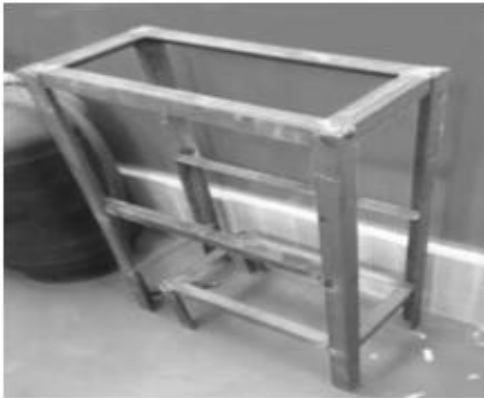


Fuente: Los autores.



Mecanizado de los ejes. Los ejes fueron cortados y torneados hasta cumplir las especificaciones de diámetro requeridas por los planos, luego en la fresadora se realizaron los chaveteros, tanto para la posición de las cuchillas como para los engranajes. Estructura de soporte. La estructura se construyó según especificaciones de los planos, como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Estructura de soporte.



Fuente: Los autores.

Ensamble de los ejes con cuchillas y engranajes en la estructura.

Para el montaje de los rodamientos y cuchillas en las chavetas de los ejes se dio un ajuste K6-J5, para luego alinearlos en las chumaceras, luego fueron montadas en la estructura como se ilustra en la figura 8.

Figura 8. Sistema de ejes, cuchillas, piñones y chumaceras montado en la estructura.



Fuente: Los autores.

Las dos tolvas construidas (de salida y de entrada), se unieron a la estructura al igual que la caja de las cuchillas como se muestra en la figura 9.

Figura 9. Estructura con tolvas y caja de cuchillas montadas.



Fuente: Los autores.

4. RESULTADOS DE DISEÑO.

4.1 Cálculo de potencia

Para el cálculo de potencia y la selección de la banda se rigió por la tabla (tabla 8) con la regencia del motor seleccionado.

Tabla 8. Datos requeridos para la banda

KW	HP	HZ	V 2Y/Y	A 2Y/Y	RPM
1.5	2.0	60	220	3.4	1730

Fuente: Los autores.

Se trabajó el catálogo de Dayco para las bandas.

En la tabla 9 se determina el factor de servicio de la maquina con el número de horas a usar.

Tabla 9. Factor de servicio

Motores CA, par torsional normal Trituradora	Factor de servicio.
	1.5

Fuente: Los autores.



4.1.1 Cálculo de potencia de diseño.

La potencia se calcula con la ecuación 1. Producto de la potencia del motor por el factor de servicio.

$$P.\text{diseño} = 2 \times 1.5 = 3 \text{ hp} \quad (\text{Ec.1})$$

4.2 Selección área transversal de correa.

Con la potencia de diseño y las rpm se obtiene la sección de área transversal = 3V

4.3 Selección diámetro de polea motriz y conducida, Potencia y tamaño de banda.

Con las rpm del motor, del eje y el catálogo de Dayco se obtienen los datos mostrados en la tabla 10, requeridos para el diseño de la máquina.

Tabla 10. Aspectos de diseño de la trituradora.

Nº	ASPECTO	VALOR
1	Diámetro polea motriz	2,6 inch
2	Diámetro polea conducid	10,55 inch
3	Tamaño banda Distancia entre centros	20,8 inch
4	H.P. por banda	1,48
5	Factor de corrección de L.	1
6	Factor de corrección de angulo	0,97

Fuente: Los autores

4.3.1 Calculo # de poleas.

Tomando los datos de la tabla 4 se puede deducir.

$$\text{Potencia nominal} = 1.48 + 1.986 = 3.466$$

$$\text{Potencia n. real} = 3.466 \times 0.97 \times 1 = 3.36 \text{ hp}$$

$$\# \text{Bandas} = (3 \text{ Hp}) / (3.36 \text{ Hp}) = 0.89$$

Entonces se necesita 1 banda.

Cálculo de longitud de banda.

Se calcula según la ecuación 2

$$L = 2C + 1.57(D + d) + [(D - d)^2 / 4C] \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde. C: distancia entre centros [in].

D: diámetro de la polea motriz [in]

d: diámetro de polea conducida [in]

l = 60 in

4.4 Calculo de capacidad volumétrica en tolva.

En la figura 11 se presentan el diagrama y la fórmula de volumen de una tolva trapezoidal, de acuerdo a la ecuación 3.

$$V = [(h/3)(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2})] + (A_1 H) \quad (\text{Ec. 3})$$

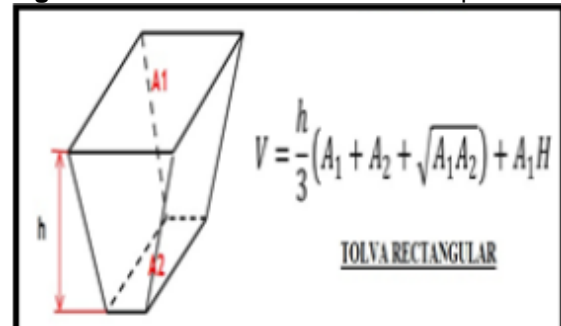
Según las medidas estimadas en los planos, se determinan las siguientes áreas.

$$A_1 = 30 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} = 600 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = 25 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} = 300 \text{ cm}^2$$

$$H = 20 \text{ cm.}$$

Figura 11. Diseño de la Tolva de recepción.



Fuente: Los autores

Reemplazando las áreas en la fórmula para el volumen de la tolva se obtiene:

$$V. \text{ tolva} = (20/3)(600 + 300 + \sqrt{180000})$$

$$+ 600(20)$$

$$V. \text{ tolva} = 20.828,4 \text{ cm}^3$$

La cantidad de material polimérico que puede contener el volumen de la tolva corresponde al desarrollo de la ecuación 4.

Lo anterior teniendo en cuenta que las botellas que se introduzcan tienen un proceso de compresión previo.

$$\sigma = m/V \quad (\text{Ec. 4})$$





Dónde:

ρ = Densidad en g/cm³.

m= Masa en gramos

V = Volumen en cm³

El promedio de la densidad de los polímeros básicos es de 0,9 g/cm³.

Aplicando la fórmula, se obtiene una cantidad de 18745 gramos, es decir 18 kilos de material polimérico.

Se consideró en 30% la proporción de vacíos generados por la irregularidad de la geometría de los elementos comprimidos, se obtiene que la tolva puede contener entre 12 y 15 kilos de material de reciclaje.

5. ANALISIS DE RESULTADOS.

La máquina construida, presenta unas características de diseño y mecánicas que la hacen funcional en un taller, pero también de fácil transporte, para desarrollar procesos de aprovechamiento de polímeros en el lugar que se requiera.

Las proporciones de la unidad motriz son altura: 1,2 metros, ancho: 0,6 metros, fondo: 0,5 metros.

Motor trifásico de 2 caballos. 1750 rpm., con reductor a 120 rpm.

Con malla seleccionadora intercambiable para diferente tamaño de producto, desde 5 cm hasta 0,5 cm.

Lo novedoso de este trabajo se resume en los siguientes aspectos:

Diseño funcional y potente, que da buena producción horaria más de 15 kilos de polímero triturado por hora.

Empleo de material de hojas de resortes de camión, para las cuchillas de corte de la trituradora.

Facilidad de transporte y de instalación a puntos de energía. Además, el peso del

equipo completo ayuda a soportar la vibración generada por el motor.

El manejo de bajas velocidades hace más efectiva la operación de atrapamiento y corte de los polímeros, a diferencia de las máquinas que cortan con cuchillas paralelas.

El peso total de la máquina es de 43 kilogramos con el moto reductor instalado, característica importante en la función portátil de la máquina.

6. CONCLUSIONES

Mediante la evaluación de los trabajos precedentes se pudo definir el diseño más apropiado para la construcción de la trituradora, ahorrando tiempo y trabajo en el diseño y construcción. Del mismo modo se facilitó la evaluación de materiales a emplear en este desarrollo.

El punto de mayor trabajo, fue el corte y fabricación de las cuchillas, teniendo en cuenta que el material empleado es un acero de dureza alta y con gran resistencia al doblado. A lo anterior se adiciona que era un material que ya había sido usado en otra función mecánica, por esta razón no se puede dar por establecido que las propiedades mecánicas iniciales del material eran las mismas del material empleado para el corte de las cuchillas.

La importancia del uso de las hojas de resorte como material de las cuchillas, se centra en la dureza que exige la función en la trituradora, además el material tuvo un tratamiento térmico extra, con el corte con Oxiacetileno, de esta forma se logró aumentar la dureza, propiedad fundamental en el corte de materiales.

La característica de fácil transporte y anclaje, hace a esta trituradora un equipo versátil y funcional en diferentes escenarios industriales.





6. REFERENCIAS

Acurio, B., Stalin, W., & Pilatasig Capilla, I. S. (2018). Implementación de una máquina trituradora para el reciclado del material de Tereftalato de Polietileno (Bachelor's thesis, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; Carrera de Ingeniería Electromecánica).

Aguirre Flores, P. A. (2018). Diseño y construcción de un prototipo de trituradora de polipropileno (PP), polietileno tereftalato (PET), y aluminio para la elaboración de material compuesto dentro de un proceso de supra-reciclaje (Bachelor's thesis, Quito).

Bastidas, L., Andrés, F., & Mejía Mena, D. A. (2016). Diseño, simulación y estudio de la factibilidad de implementar una máquina de reciclaje de botellas plásticas en la Escuela Politécnica Nacional (Bachelor's thesis, Quito, 2016.).

Cepeda Lascano, J. E. (2016). Diseño y construcción de una máquina trituradora de capacidad 2, 5 kg de polietileno de baja densidad reciclado (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Mecánica).

Espinel, R. M., Rivera, H. U. y Castellanos, C. (2016). Plan de manejo ambiental para los proyectos de extracción de material de arrastre, localizados en las microcuencas quebradas volcán y navarro del municipio de Pamplona, Norte de Santander. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*. ISSN 1900-9178. Volumen (7), Numero (1). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v1.n1.2016.3282>

Freire Cárdenas, L. M., & González Mosquera, C. J. (2014). Diseño y construcción de un equipo triturador de botellas plásticas tipo pet (Bachelor's thesis).

García Villalba, L. A., Ponce Corral, C., Martínez López, E. J., & León Ordaz, J. (2016). Diseño y prototipo de una máquina trituradora de PET. *Culcyt. Cultura y Tecnología*, 63-71.

Gómez, S. A., Mora, W. J. y Ramón, B. (2017). Caracterización física y química de la fibra natural de esparto (*juncus ramboi* subsp. *colombianus*) como alternativa de refuerzo en materiales compuestos. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*. ISSN 1900-9178. Volumen (8), Numero (1). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v1.n1.2017.3273>

Hidalgo Aguilera, L., Imbaquingo, J., & Mideros, D. (2017). Diseño e implementación de una máquina recicladora de botellas plásticas por corte, controlada automáticamente. *Enfoque UTE*, 8(5), 89-102.

Higuera, F., Salamanca, J. R., Acosta, L. F. y Acero, M. (2018). Análisis de acero laminado antes y después de soldado, mediante pruebas de metalografía y macroataque. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*. Volumen (9), Numero (1). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v1.n1.2018.3209>

López, R., Godínez, C., Aguirre, S. y Medina, F. (2015). Procedimiento para la gestión integral de residuos peligrosos. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. Volumen (46), Número Especial, pp. 378-387, septiembre-diciembre, 2015. <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181259521022.pdf>





Mateus, H., Roberto, M., & Hoyos Mateus, D. (2017). Diseño de una trituradora de PET. Mayorga Sosa, J. F. (2016). Análisis y optimización de un molino de trituración para envases desechables PET (Bachelor's thesis).

Montalvo, A., Aldana, R., López, A., Álvarez, E., Aldana, F. y Rivera, Y. (2018). Mantenimiento centrado en confiabilidad en motocompresores. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*. ISSN 1900-9178. Volumen (9), Numero (1). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v1.n1.2018.3212>

Pilatasig Lasluisa, D. A., & Pozo Correa, F. R. (2014). Diseño y construcción de una máquina para moler plásticos pet para la microempresa de reciclaje "Santa Anita" ubicada en el Cantón Salcedo provincia de Cotopaxi.

Salamanca, J., Acosta, L., Higuera, F. y Rojas, B. (2018). DESARROLLO DE CHASIS DE UN VEHÍCULO DE TRACCIÓN HUMANA, A BASE DE GUADUA Y POLÍMERO. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*. Volumen (9), Numero (2). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n2.2018.3215>

Sánchez Vargas, J. O. (2015). Estudio de factibilidad para la aplicación de una máquina trituradora de plástico en la empresa MG gestores ambientales (Bachelor's thesis).

Sandoval Merodio, C. G. Diseño de los elementos de una trituradora de PET.

SEMPERE PÉREZ, Ó. S. C. A. R. (2018). Diseño y estudio técnico de una máquina trituradora para el sector del plástico (Doctoral dissertation).

Vásconez Ortiz, A. P. (2013). Diseño y simulación de una máquina trituradora de plásticos de 15 kg/h para el Laboratorio de Conformado de la Facultad de Ingeniería Mecánica (Bachelor's thesis, QUITO, 2003.).

Viteri Álvarez, E. J. (2014). Diseño y construcción de un sistema mecatrónico de reciclaje de botellas plásticas PET de hasta 500ml (Bachelor's thesis, Quito/UIDE/2014).



