

Diseño del eje de una trituradora de plástico PET.

Shaft design of a PET plastic shredder.

Alan Gilberto Fernández Jiménez (1).
Estudiante Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
L17271036@tuxtla.tecnm.mx.

Mario Alberto De La Cruz Padilla* (2). Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez
mario.dp@tuxtla.tecnm.mx.

Luis Alberto Morales Alias (3). Tecnológico Nacional de México /I. T. de Tuxtla Gutiérrez
luis.ma@tuxtla.tecnm.mx.

Roberto Carlos García Gómez (4). Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez
roberto.gg@tuxtla.tecnm.mx.

Fernando Alfonso May Arriola (5). Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez
fernando.ma@tuxtla.tecnm.mx.

Juan Carlos Niños Torres (6). Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez juan.nt@tuxtla.tecnm.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en noviembre 18, 2022; aceptado en diciembre 16, 2022.

Resumen.

El proyecto consiste en el diseño de un eje porta cuchillas de una máquina trituradora de plástico PET utilizando herramienta CAD-CAE con el objetivo de tener las características dimensionales y material, buscando el equilibrio entre funcionalidad y costo de tal forma que sea un equipo capaz de triturar el plástico PET de las botellas de refresco que se genera en una institución educativa.

Palabras claves: Diseño, eje, PET, plástico, trituradora.

Abstract.

The project consists of the design of a blade holder shaft of a PET plastic shredding machine using the CAD-CAE tool with the aim of having the dimensional and material characteristics, seeking the balance between functionality and cost in such a way that it is a piece of equipment capable of crushing the PET plastic from soda bottles that is generated in an educational institution.

Keywords: Design, PET, plastic, shaft, shredder.

1. Introducción.

En México se produce una gran cantidad de plástico PET y es desechado en un lapso muy corto desde su compra hasta el consumo total de producto; la producción de resinas con material reciclado fue de 4 millones 456 mil toneladas, donde el PET representó 1 millón 399 mil toneladas (Forbes Mexico, 2022) teniendo en cuenta los millones de toneladas que se producen de PET cada año y que estos afectan a los animales, a la tierra productiva y a nosotros mismos por tanta contaminación; el reciclaje y la trituración de esta es importante.

El problema inicia desde cada individuo que consume el producto hasta las miles o millones de toneladas que llegan a los rellenos sanitarios, el cual causa un mal aspecto visual y ocasiona taponamiento en los sistemas de drenaje, puesto que los fabricantes de PET no han tenido en cuenta su reciclaje debido a que su producción es relativamente fácil.

En la actualidad el reciclaje ha tomado gran importancia y para el manejo de los plásticos existen centro de recolección los cuales no son suficiente debido a la cantidad de materiales de un solo uso que se generan. Esos centros de recolección hacen uso de equipos industriales o semi industriales con gran capacidad de molienda sin embargo eso genera que el costo de dichos equipos sea alto y poco accesibles además que requieren mano de obra de técnicos que tengan conocimiento del equipo para su mantenimiento.

Existen instituciones o pequeñas empresas en las cuales se generan plásticos y tienen como objetivo el manejo adecuado de sus residuos; sin embargo, los equipos actuales resultan caros y con una capacidad de molienda alta para los fines locales que se buscan.

Al realizar el diseño de un equipo que sea de bajo costo, fácil mantenimiento y la capacidad de molienda sea adecuada para uso local se contribuye en el proceso de reciclaje además que se da un valor a los residuos generados.

Se busca diseñar una trituradora de plástico PET haciendo uso de las herramientas CAD-CAE la cual sea adecuada para las necesidades locales; es decir, que tenga la capacidad de triturar el plástico generado en una institución educativa de tal manera que no sea un equipo con dimensiones o capacidades superiores al objetivo planteado buscando un bajo costo, fácil construcción y mantenimiento; lo anterior con el objetivo de disminuir la contaminación con plástico PET en rellenos sanitarios o que estos envases terminen en la vía pública.

En este trabajo se presenta el diseño del eje sobre el cual van las cuchillas de corte; siendo esta una de las partes esenciales de una trituradora de plástico PET; se muestran los resultados del análisis realizado, así como los valores dimensionales y los materiales propuestos.

2. Métodos.

La trituradora de plástico PET será de uso en una institución de educación en la cual los residuos de plástico PET la mayoría son de refrescos de 600 ml. En la figura 1 se presenta las características y dimensiones de una botella de plástico PET de 1500 ml, capacidad y tamaño máximo de las botellas que se podrán triturar lo cual satisface el objetivo planteado.



Figura 1. Características de una botella de plástico PET de 1500 ml (Cintex Envases, 2022).

Se tiene que la altura de la botella de 1500 ml es de 262 mm por lo que se toma como la longitud del eje sobre el cual estarán las cuchillas de corte de 300 mm en el interior de la cámara (estómago) considerando que las botellas ingresan a la trituradora de manera horizontal.

La trituradora de plástico PET será de cuchillas desfasadas ya que dentro de sus características se tiene que se aprovecha el efecto de tornillo sinfín el cual permite atrapar el material; además que el arreglo de las cuchillas permite recircular el plástico de mejor manera, que las cuchillas son intercambiables y el mantenimiento es relativamente sencillo (Hoyos Mateus & Hoyos Mateus, 2022).



Figura 2. Trituradora de ejes desfasados (*Plastic 2 Plastic / De Plástico a Plástico*, 2022).

3. Desarrollo.

Se propone un eje de la triturada compuesto por 23 cuchillas de 6 mm de espesor espaciadas entre ellas por 6.5 mm. con la finalidad que permita el pase de las cuchillas móviles entre las fijas teniendo un ajuste de 0.5 milímetros.

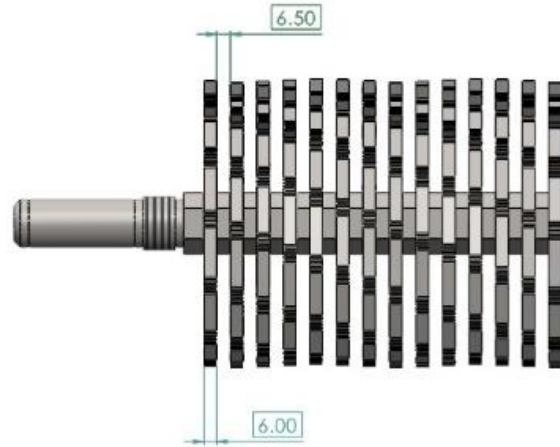


Figura 3. Espesor de cuchillas y espaciado.

Con el arreglo y número de cuchillas propuestas se tiene una longitud efectiva de corte del plástico PET de 300 mm lo cual cumple la propuesta del interior de la cámara presentada en los objetivos además de considerar el espacio necesario para colocar un par de rodamientos y un recibir el torque de un motor eléctrico.

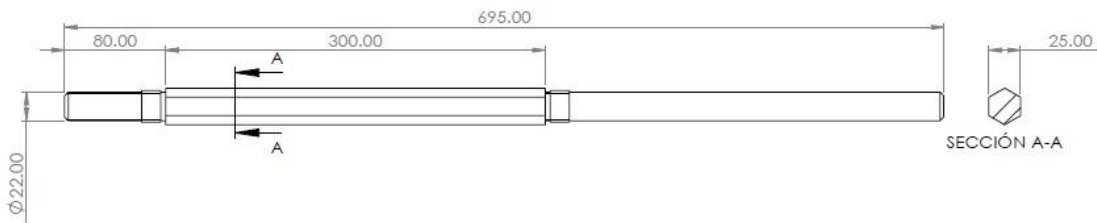


Figura 4. Dimensiones del eje de corte (Acero AISI 1020).

El ensamble del eje y las cuchillas se realizó Solid Works considerando el espacio para chumaceras y reductor de velocidad.

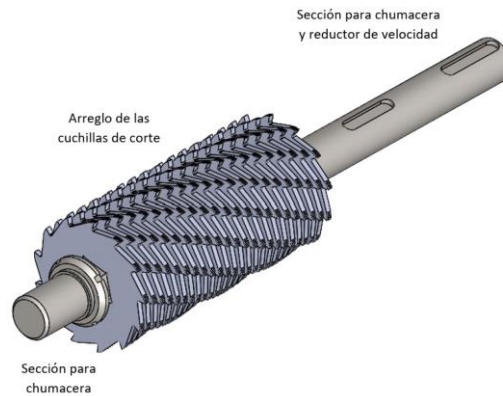


Figura 5. Eje móvil con 23 cuchillas de corte.

Para el análisis se consideran las siguientes fuerzas y reacciones que actúan sobre el eje:

- Las fuerzas de reacción debido a los dos soportes tipo chumacera que se ubican a cada lado del eje.
- El peso del ensamble eje – cuchillas considerando el material acero AISI-1020.
- El torque de 33 N-M que recibe el eje en el extremo de un motor eléctrico a través de un reductor de velocidad.
- La fuerza de cizalladura para el plástico PET de 37.33 N la cual se aplica normal a las caras de las cuchillas (Chapa Cordoba & Martinez, 2022).

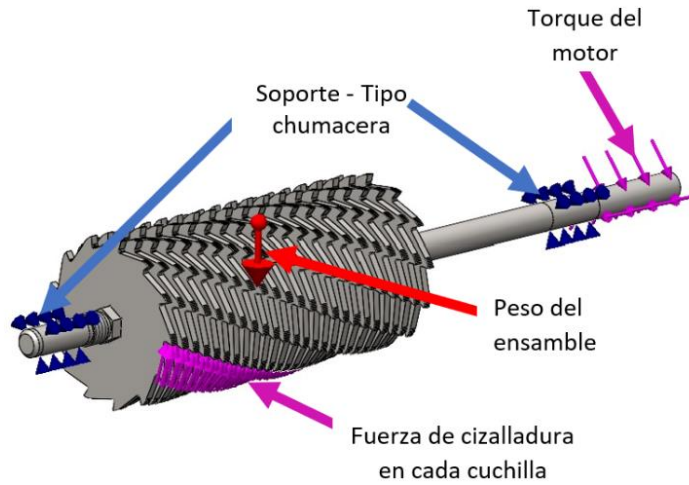


Figura 6. Cargas y reacciones en el eje de corte.

4. Resultados.

Al realizar la simulación en Solid Works se obtiene un esfuerzo máximo de Von Mises de 56.59 MPa el cual se ubica en el cambio de sección e inicio donde se coloca la primera cuchilla.

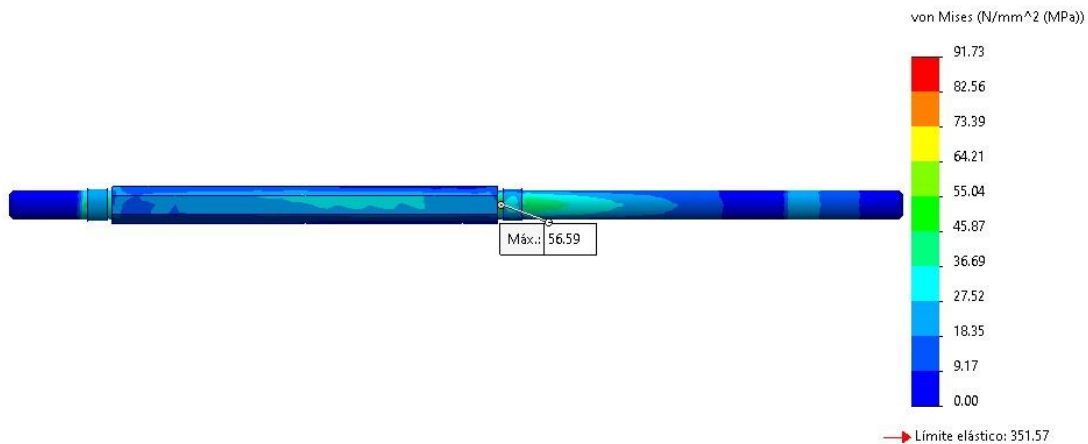


Figura 7. Esfuerzo de Von Mises [MPa].

Considerando el límite elástico del material Acero AISI 1020 de 351.57 MPa se tiene que el eje no presenta problemas para las cargas propuestas. El factor de seguridad mínimo del eje es de 6.21 el cual se considera adecuado para el diseño de ejes.

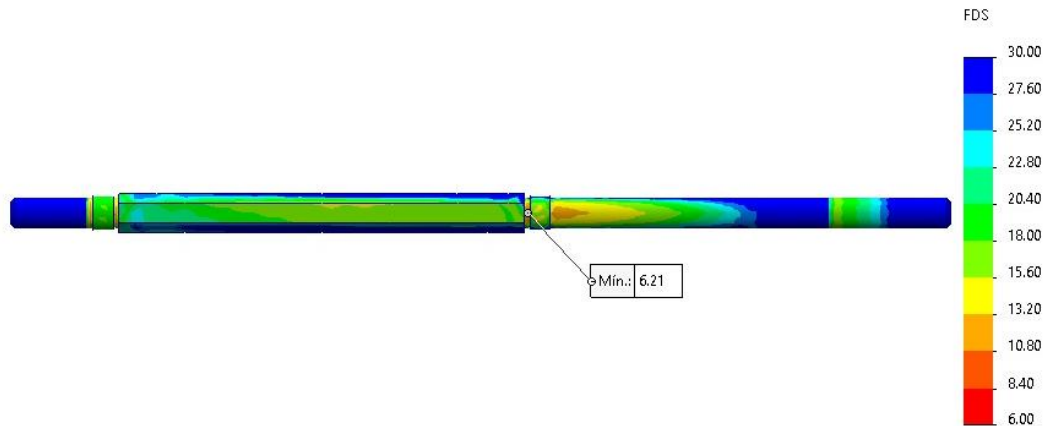


Figura 8. Factor de seguridad.

El desplazamiento máximo obtenido en el eje de corte es de 0.441 mm.

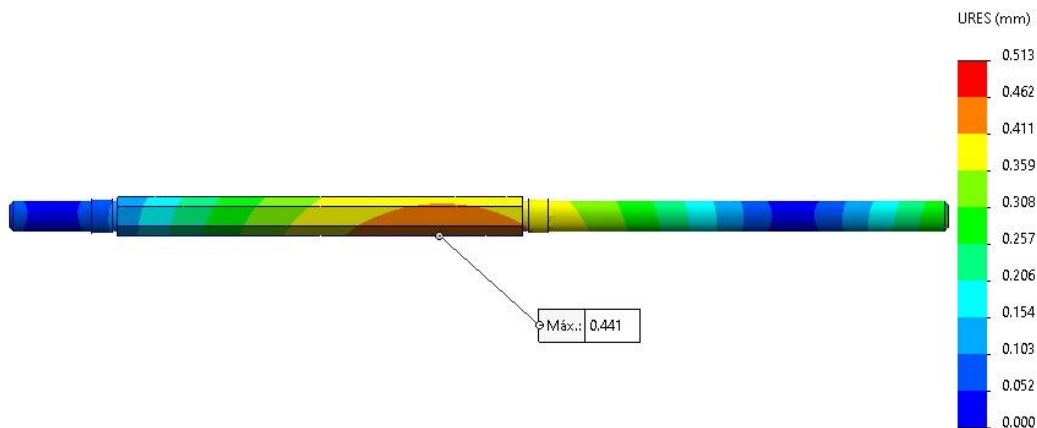


Figura 9. Desplazamiento en el eje de corte [mm].

Con los resultados obtenidos de los análisis numéricos se tiene que la propuesta dimensional (figura 4) y de material acero AISI 1020 cumple con las necesidades planteadas para la trituración del plástico PET.

Conclusiones.

Se obtuvo las dimensiones, material y características del eje de corte de la trituradora de plástico PET el cual satisface las necesidades planteadas en el objetivo.

Para trabajos futuros se recomienda:

- Realizar los cálculos del eje de corte haciendo uso de las ecuaciones de diseño mecánico y verificar los resultados obtenidos en las simulaciones.

- Determinar la fuerza de cizalladura necesaria para el corte del plástico PET debido a que se encuentran diferentes valores en la bibliografía disponible.
- Realizar el análisis y diseño de las cuchillas de corte móviles y fijas las cuales cumplan con los requerimientos específicos de este proyecto.
- Realizar el análisis del conjunto motor – reductor de velocidad para determinar sus características el cual satisfaga las necesidades de este proyecto.

Créditos.

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el apoyo al proyecto CI-01/2022-01 (“Trituradora de Plástico PET – Etapa de Diseño”), de la Convocatoria de Apoyo a la Investigación 2022 y las facilidades del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez para la realización de este trabajo.

Referencias bibliográficas.

Chapa Cordoba, O., & Martinez, E. (20 de Diciembre de 2022). *Diseño de Equipo para Molienda y Lavado de PET*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2342/1/4626.pdf>.

Cintex Envases. (16 de Diciembre de 2022). *CINTEX | Fabricación de Envases de Plástico - Extrusión Soplado*. Obtenido de <https://www.cintex.com.mx/producto/envase-pet-ondas-1500-ml/>.

Forbes Mexico. (6 de Abril de 2022). *Consumo de Resinas en Mexico* . Obtenido de <https://www.forbes.com.mx/consumo-de-resinas-en-mexico-supera-6-millones-de-toneladas-en-2020-anipac/>.

Hoyos Mateus, D., & Hoyos Mateus, M. R. (19 de Diciembre de 2022). *Diseño de Trituradora PET / Universidad Distrital Francisco José Caldas - Repositorio Institucional*. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/5292>.

Plastic 2 Plactic / De Plástico a Plástico. (19 de Diciembre de 2022). *Montaje de Eje de Triturado / Plastic 2 Plastic*. Obtenido de <https://blogsaverroes.juntadeandalucia.es/plastic2plastic/2019/01/31/montaje-del-eje-de-triturado/>.

Información de los autores.



Alan Gilberto Fernández Jiménez, Egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, curso la especialidad de Diseño, Modelado y Simulación de Sistemas Mecatrónicos, realizó su tesis profesional con el proyecto denominado “Diseño de Triturada PET”.



Mario Alberto De La Cruz Padilla, es Ingeniero Mecánico graduado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2005 y cuenta con una maestría en Diseño Mecánico por el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico en 2007. Es graduado como Doctor en Educación en 2017 y Doctor en Ingeniería Aplicada en 2021. Actualmente es docente del departamento de ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y coordinador de carrera. Docente con perfil PRODEP desde el año 2016 como parte del Cuerpo Académico de Ingeniería Mecánica en la línea de investigación de Diseño Mecánico. Autor de diversos artículos y libros publicados.



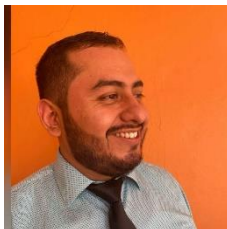
Luis Alberto Morales Alias, es doctor en ingeniería aplicada por el colegio de formación educativa TENAM. Profesor de tiempo completo en la Universidad Politécnica de Chiapas y profesor de Asignatura en el Tecnológico Nacional de México Tuxtla Gutiérrez donde pertenece al cuerpo académico de Ingeniería Mecánica en la línea de investigación de Diseño Mecánico. Cuenta con 10 certificaciones internacionales en el uso de software de diseño mecánico SolidWorks.



Roberto Carlos García Gómez, es Ingeniero Mecánico. Tiene una especialidad de Mecatrónica “Área de máquinas”, cuenta con una Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica “Área diseño” y un Doctorado en Ingeniería en Procesos de Manufactura. Ha impartido diversas asignaturas en licenciatura y posgrado. Cuenta con diversas certificaciones tanto en disciplinas administrativas, como profesionales. Actualmente en perfil deseable por PRODEP, cuenta con el reconocimiento en el sistema estatal de investigadores en el nivel V, es parte del cuerpo académico de ingeniería mecánica reconocida por el PRODEP; imparte clases en la licenciatura de ingeniería mecánica. En los últimos 5 años ha publicado 12 artículos en revistas indexadas, 10 artículos en revistas con arbitraje y 6 artículos de divulgación, coautor de 2 libro, 3 colaboraciones en libros de divulgación científica, coautor de una patente registrada en México.



Fernando Alfonso May Arrijoa, es Ingeniero Mecánico egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, cuenta con la Maestría en Energías Renovables de la Universidad Politécnica de Chiapas, así también con el Doctorado en Ingeniería Aplicada de la Universidad TENAM. Actualmente es Profesor Investigador del Departamento de Metal Mecánica del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Cuenta con el perfil PRODEP desde 2016 como miembro del Cuerpo Académico Ingeniería Mecánica en la línea de investigación de Termo fluidos. Es autor de diversos artículos y libros publicados.



Juan Carlos Niños Torres, es Ingeniero Mecánico egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, cuenta con la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Celaya, así también con el Doctorado en Ingeniería Aplicada de la Universidad TENAM. Actualmente es Profesor Investigador del Departamento de Metal Mecánica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y jefe de la División de Estudios Profesionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Cuenta con el perfil PRODEP 2019-2022 como miembro del Cuerpo Académico Ingeniería Mecánica en la línea de investigación de Diseño Mecánico. Es miembro del comité de evaluadores del Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI A.C.) avalado por CIEES desde 2016.