

Design proposal for the pelletizing system for 5 mm diameter spheres,
for the molding of recyclable pet plastic products.

Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de
diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet.

Alexander Paucar Gualotuña¹[0000-0002-1168-1898], Estalin Romero Morales²[0009-0000-0334-9863],

Johana Orna Quintanilla³[0000-0003-1910-8049]

¹ Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador

E-mail: apaucar@istct.edu.ec

² UTI, Ambato, Ecuador

E-mail: eromero18@indoamerica.edu.ec

³ PUCESA, Ambato, Ecuador

E-mail: jorna@pucesa.edu.ec

Recibido: 13/10/2024

Aceptado: 04/11/2024

Publicado: 20/12/2024

RESUMEN

El presente documento busca diseñar un sistema de paletización en función del reciclaje de productos plásticos PET; con el fin de abaratar costos y buscar una alternativa nacional más eficiente que derive en mayor productividad en procesos industriales. Esto se consigue al generar y validar un prototipo de máquina con prestaciones industriales eficaces. Para ello con el método MBD (Diseño basado en modelos) se diseñó una máquina enfocada en los criterios de Von Mises y desde un punto de vista económico; obteniendo el dimensionamiento de partes estructurales, de sujeción y complementarios que conllevan su implementación. Se determinó que el material idóneo tanto en resistencia mecánica y tenacidad fue el ASTM A36, además de que el aspecto robusto de la máquina implica durabilidad y concordancia con las cargas y temperaturas altas de funcionamiento. Se determinó el papel que desempeñan los parámetros de malla en la ejecución de simulaciones por elementos finitos.

Palabras clave: Paletización; PET; Sistema; Reciclaje; Plástico; Moldeo.

ABSTRACT

This document seeks to design a pelletizing system based on the recycling of PET plastic products; in order to reduce costs and seek a more efficient national alternative that results in greater

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

productivity in industrial processes. This is achieved by generating and validating a machine prototype with effective industrial features. To do this, with the MBD (Model-Based Design) method, a machine was designed based on the Von Mises criteria and from an economic point of view; obtaining the sizing of structural, fastening and complementary parts that entail its implementation. It was determined that the ideal material in terms of both mechanical resistance and toughness was ASTM A36, in addition to the fact that the robust appearance of the machine implies durability and compliance with loads and high operating temperatures. The role that mesh parameters play in the execution of finite element simulations was determined.

Index terms: Pelleting; PET; System; Recycling; Plastic; Molding.

1. INTRODUCCIÓN.

El medio ambiente es un bien de la humanidad que requiere de cuidados sustentables y progresivos, en la actualidad cada país genera basura de diversa índole, pero una de las más dañinas es la plástica, debido a que su degradación se extiende hasta en lapsos superiores de hasta 500 años en algunos casos. Esto supone un gran reto en la gestión de su eliminación.

Un destino eficiente para estos plásticos es en insumos para la construcción, como por ejemplo el proceso de fabricación de madera plástica en diferentes formas útiles, ya sean bloques, paneles, botellas, tanques, ladrillos o adoquines. (2010)

La investigación se enfoca principalmente en la paletización, donde se busca tomar el plástico ya triturado para su transformación y compactación en formas útiles. El problema es que, si bien existen varias opciones para ejecutar esta operación, las alternativas varían en costo y complejidad de insumos complementarios a su funcionamiento. Se justifica la presente investigación ya que una vez determinada una opción, económica, eficiente y funcional para la paletización, éste provisionaría de una alternativa nacional y económica a este requerimiento.

Se justifica además porque es necesario conocer el comportamiento del material paletizado, en el instante en que la máquina está siendo alimentada. De esta forma se pone a prueba la geometría de los pellets en la zona de alimentación, y el deslizamiento relativo entre ellos con el fin de no interrumpir el proceso. En este sentido se busca proponer el diseño del sistema de paletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables PET. Para ello se tiene presente que son los desechos perjudiciales al medio ambiente que ya conocemos, por otro, puede ser la materia prima para la producción de más plásticos. Es decir, un proceso virtuoso de reciclaje en materia de plásticos. Esto desembocaría en la no producción de más plásticos desde cero, sino el empleo de los ya producidos (Pet et al., 2019).

Así también uno de los aspectos principales en el reciclaje y reutilización de desechos plásticos es el proceso de triturado, mismo que depende de una minuciosa selección y clasificación de la materia prima, tal como propone Martínez no es dable proceder al triturado con varios tipos de

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

plásticos, debido a que cada uno tiene diferentes propiedades de dureza y demás, en vista de que se requiere una tecnología puntual en función de las propiedades antes mencionadas (Martínez López et al., 2018).

Hay que tomar en cuenta que para que la producción de materiales constructivos a partir de pellets tenga un carácter fluido, es necesario que el plástico que alimenta la máquina tenga una forma circular, debido a que la forma esférica aporta movimiento y sumado con la gravedad una alimentación continua de la madera plástica (Rincón et al., 2016).

2. MATERIALES Y MÉTODOS / DESARROLLO

En respuesta a la problemática la metodología empleada para desarrollar la solución a la misma, se basó principalmente en el método de Diseño Basado en Modelos (MBD), que en función del requerimiento simula un modelo funcional de lo que se pretende diseñar. (Roberto Moreno Gómez & Álvaro Pérez Rodríguez, n.d.)

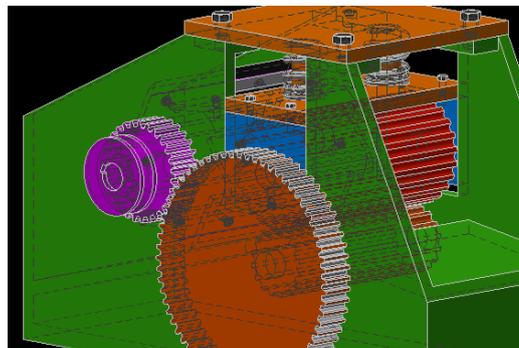


Figura 1: Máquina peletizadora
Fuente: propia.

Una vez desarrollado el prototipo en función de las alternativas tecnológicas y de diseño se procedió con un análisis cinemático de los componentes mecánicos de la peletizadora. Al comprobar la cinemática el paso siguiente fue determinar la dinámica enfocando los cálculos en la determinación de resistencias, con la finalidad de dimensionar el motor que accionarán el sistema.

Al contar con la verificación de la cinemática y dinámica se procedió con el diseño mecánico de todos los eslabones que conforman la peletizadora, con el fin de corroborar dimensiones y la selección de materiales, así como dar un margen de seguridad a los componentes de la máquina, adicionalmente como una preselección de materiales con softwares afines. (2021)

2.1. Peletizadora.

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Es la etapa final de una procesadora de residuos plásticos reciclados, es en dónde los hilos ya reciclados solidificados son cortados en geometrías preferentemente pequeñas. (Castañeda, 2019)

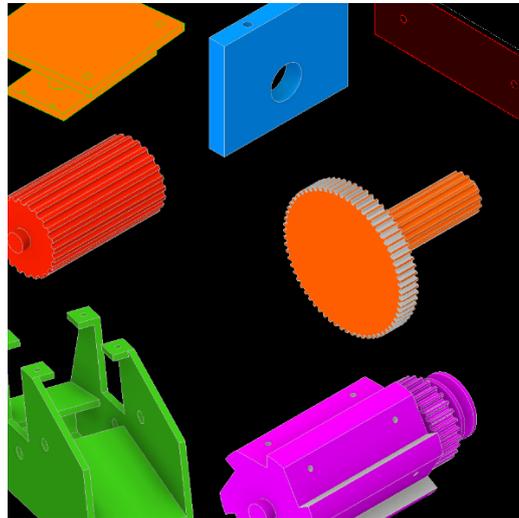


Figura 2: Partes constitutivas máquina peletizadora.
Fuente: propia.

Consta de varios componentes, de entre los cuales se destacan elementos de sujeción, transmisión, corte entre otros. Para el presente proyecto se ha considerado 7 componentes principales de análisis: Bancada, Rodillo 1, 2 y 3, cuchillas, pernos de sujeción, resortes, placa móvil, tapa superior y placas laterales, como se muestra en la figura 2. (Cespón et al., 2015)

2.2. Selección de materiales.

Para el diseño mecánico de los eslabones y elementos complementarios que conforman la máquina peletizadora, se procedió desde un punto de vista de resistencia, maquinabilidad, peso, fácil ensamble y costo. (Arandes et al., 2004)

En una primera instancia con una preselección y validación de materiales, utilizando un programa de selección de materiales, mismo que proporcionó una familia de opciones que se emplearon para los elementos a diseñar. En una segunda instancia se diseñó los 7 componentes principales, con muestras de cálculo para las condiciones más críticas como: compresión, tensión, flexión y cargas combinadas. (2021)

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

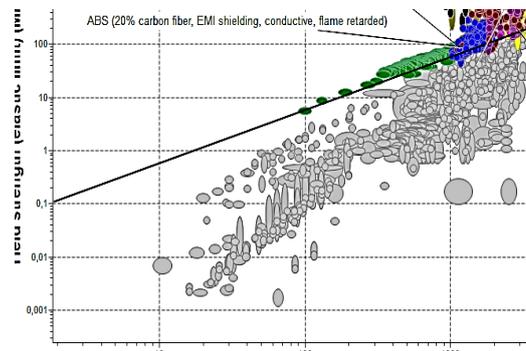


Figura 3: Selección de materiales.
Fuente: (Romero Estalin, 2021)

Para la preselección se emplearon softwares de selección, de la mano con los criterios de ponderación de ASHBY, quien prioriza los requisitos en el material según su función, restricciones, su objetivo y variables; que se pueden omitir en la selección del material. Según las cargas presentes en la peletizadora los criterios para la selección son la compresión, flexión y torsión, en el contexto de la densidad, Módulo de Young y Límite elástico. Los modelos según ASHBY para estas condiciones son conocidos, mismos que determinan la pendiente de selección según la ponderación requerida. En la Figura 3 se ejemplifica la selección según el criterio: Ligero + resistente a la compresión. (Riba i Romeva, 2008)

2.3. Diseño mecánico.

Para este análisis se analizan los espesores con las teorías de fallas y estudios estáticos de combinación de esfuerzos, dada la geometría compleja los cálculos de inercias, radios de giro y demás; son sacados del programa de esquematización empleado. Adicional se presentan reacciones calculadas con la ayuda de programas afines según diagramas de cuerpo libre para cada caso. (Martínez López et al., 2018)

2.3.1 Muestra de cálculo Rodillo 1.

Se presenta a continuación, una muestra de cálculo para el Rodillo de compresión 1. Como datos un factor de seguridad 3; Torque en el punto de interés 9 Nm; S_y del material 250Mpa; Momento máximo 11 Nm y espesor propuesto de 25.4mm. Las ecuaciones corresponden a la teoría de fallas e inercias de un componente mecánico. (Romero Estalin, 2021)

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

$$\sigma = \frac{Md}{2I} \quad (1)$$

$$I = \frac{\pi[d^4 - (d - 2e)^4]}{64} \quad (2)$$

$$\sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} = \frac{S_y}{n} \quad (3)$$

$$\sqrt{\sigma_x^2} = \frac{S_y}{n} \quad (4)$$

Donde:

σ = Esfuerzo. [MPa]

I = Resistencia medida. [m^4]

d = Diámetro. [m]

M = Momento. [Nm]

n = Factor de seguridad. [N/a]

π = Constante. [Rad]

Obteniendo de esta forma:

$$\frac{32Mdn}{\pi s_y [d^4 - (d - 2e)^4]} - 1 = 0$$

$$\frac{32(11Nm)d(3)m^2}{\pi(25 \times 10^7 N)[d^4 - (d - 2(0,0254m))^4]} = 0$$

Resolviendo obtenemos:

$$90,701 + 0.0000i$$

$$23,247 - 28,955i$$

$$20,084 + 28,955i \quad d=90,701 \text{ mm}$$

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

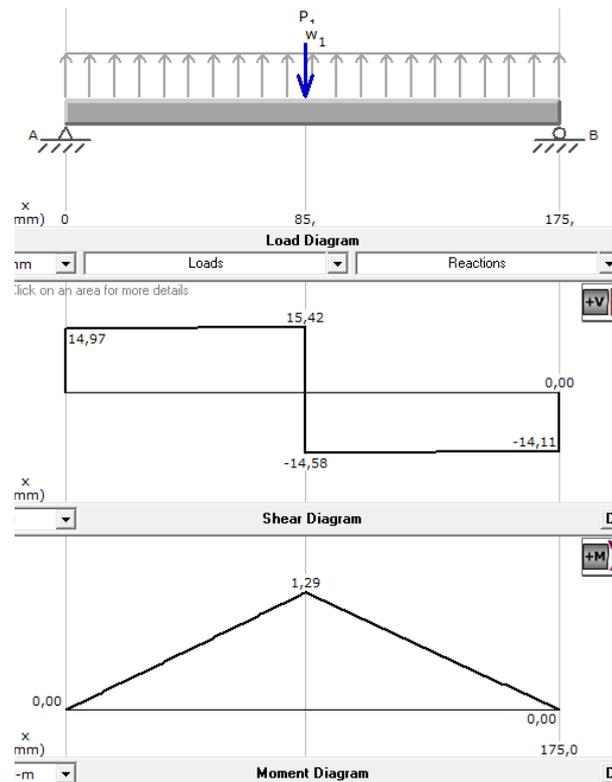


Figura 4: Diagrama de cortante y momentos flectores.
Fuente: propia.

Los 90,701 mm de diámetro obtenidos son suficientes para resistir el sistema de cargas, por ende, se tomará el inmediato superior de 100 mm. En la Figura 4 se muestra el diagrama de cuerpo libre y los esfuerzos máximos. (Jara M., 2015)

Para la realización de la simulación se procedió en una primera instancia en esquematizar todos los componentes, como se muestra en la figura 5, después importar la geometría hasta el programa de simulación, tomando mucho detalle en las restricciones del componente, ya que de no hacerlo esto genera problemas en el análisis posterior.

Se realizó la asignación del material ASTM A 36 y se crearon conexiones nuevas relativas al movimiento entre elementos; se asignaron cargas al sistema, se programó un tipo de malla para el análisis que posteriormente al ir corriendo el programa se fue refinando hasta encontrar la más óptima; teniendo claros los resultados que se desearon constatar.

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

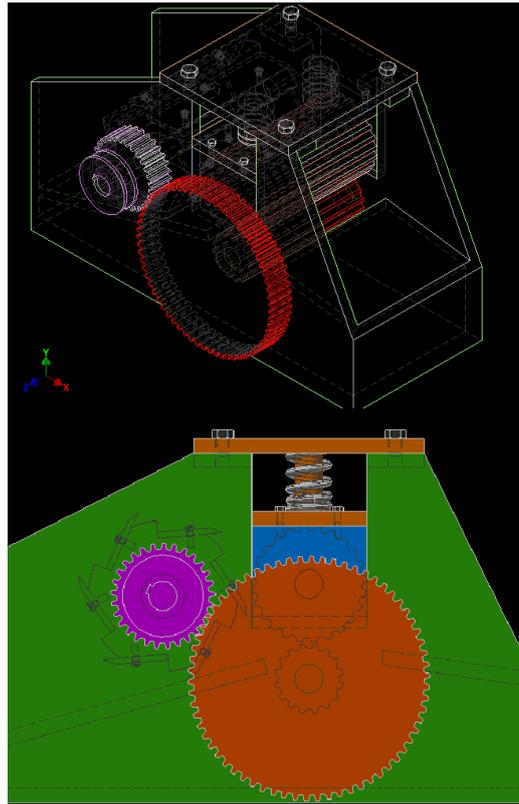


Figura 5: Esquematización máquina peletizadora.
Fuente: propia.

En la Figura 6 se observa el sistema de cargas planteado y la asignación del tipo de malla, adicionalmente los desplazamientos en función de las cargas del sistema. El código de colores indica los diferentes valores dependiendo del carácter creciente de las cargas, tanto distribuida del contacto con los rollos de plástico reciclado, y puntuales con relación a las reacciones del mismo componente. (Martínez A., 2014)

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

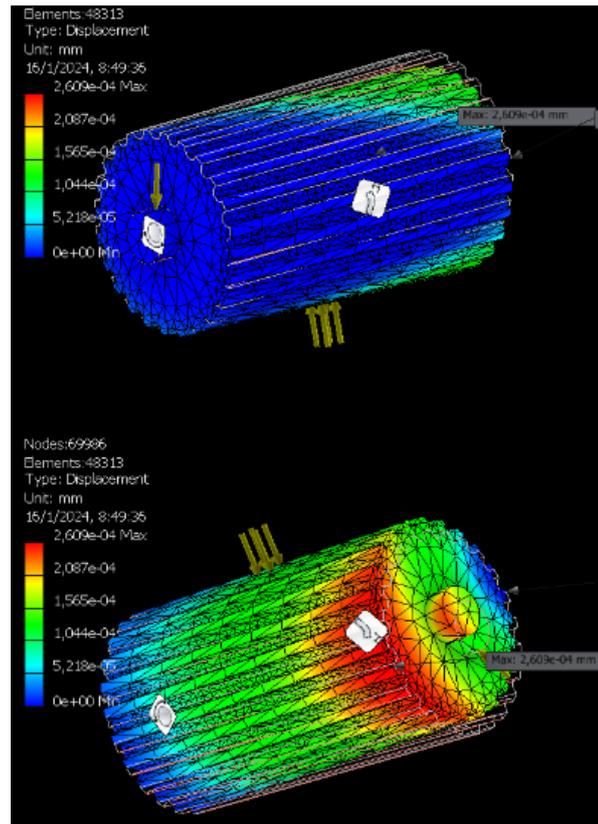


Figura 6: Deformaciones rodillo 1
Fuente: propia.

Analizando las teorías de falla, específicamente desde el punto de vista de Von Mises, en la figura 7 se pueden analizar los esfuerzos presentes en el componente rodillo 1, que es el que compacta las tiras de plástico reciclado y enfriado, permitiendo así y sumado al giro del rodillo inferior, que exista una alimentación constante hacia el tercer rodillo que busca cortar en pequeños trozos al material ya mencionado, ganando así, la geometría requerida de la materia prima, para su posterior recolección y almacenamiento en bultos.

Cabe mencionar que este sistema funciona basándose en la condición de reacción generada por la acción del resorte, permitiéndole al rodillo 1 mantenerse pegado al rodillo motriz; comprimiendo al material de tal forma que rote y avance de forma continua hacia la siguiente etapa en el corte de la materia prima. Los dos resortes y la guía actúan de forma síncrona.

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

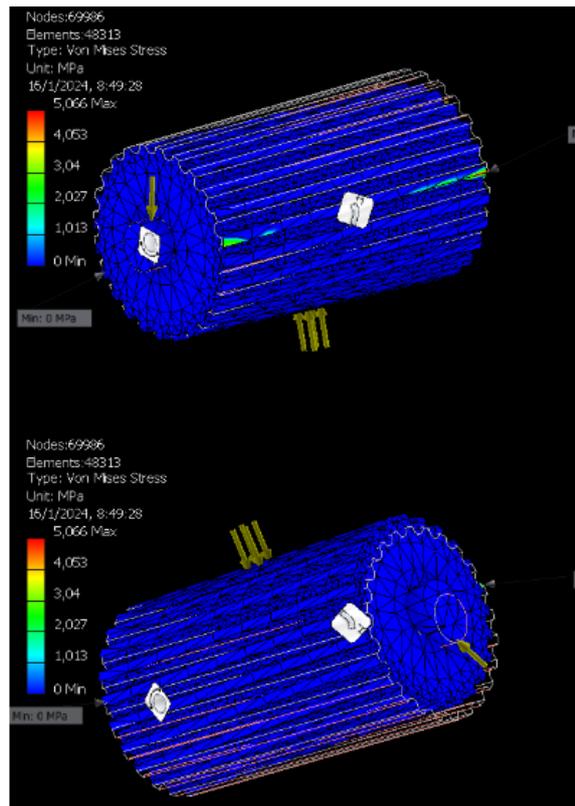


Figura 7: Esfuerzos según Von Mises rodillo 1.

Fuente: propia.

RESULTADOS

Se presentan los resultados que se han obtenido del trabajo de investigación. Estos resultados se dividen en 2 aspectos: las características mecánicas de los elementos de la máquina, así como los espesores calculados y comprobados con el software de simulación.

Para la obtención y comprobación de los espesores, se presentó la muestra de cálculo del cilindro 1, de la misma forma se calcularon el resto de componentes de la tabla 1.

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Tabla 1

Características mecánicas componentes máquina peletizadora.

Propiedades Generales				
Parte	Mate rial	Peso (lb)	Densidad (g/cm ³)	Área (cm ²)
Rodillo 1	A36	22,203	7,850	892,889
Rodillo 2	A36	24,683	7,850	1492,978
Rodillo 3	A36	36,502	7,850	1501,904
Cuchilla	HSS	0,767	8,512	212,670
Base 1	A36	88,095	7,850	8517,644
Plato	A36	13,699	7,850	1450,885
Base 2	A36	1,567	7,850	203,793

Fuente: Propia.

Una vez obtenidos los espesores y según el material seleccionado con la densidad y el volumen, se determinó el peso de cada componente constitutivo de la máquina peletizadora, como se detalla en la tabla 1.

Tabla 2

Obtención espesores método manual y comprobación.

Análisis de resistencia Máquina Peletizadora				
Parte	Cálculo Manual		Comproba software	
	Ø/espe (mm)	n (n/a)	Ø/espe (mm)	Final (mm)
Rodillo 1	90,01	3	92,30	100
Rodillo 2	54,37	3	54,60	60
Rodillo 3	22,35	3	20,18	25
Cuchilla	4,27	3	4,85	5
Base 1	11,92	3	10,54	12,5
Plato	10,38	3	12,42	12,5
Base 2	12,04	3	12,9	12,5

Fuente: Propia.

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de:

https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Para el diseño y selección de espesores o diámetros de ejes en los componentes de la máquina peletizadora, se calculó con cada elemento según la muestra de cálculo descrita anteriormente. Se obtuvieron resultados con un coeficiente de seguridad de 3, según criterios de (Riba i Romeva, 2008). En la tabla 2 se presentan los diámetros y espesores de componentes según el procedimiento de la muestra de cálculo y su validación con softwares de esquematización y simulación de cargas.

3. DISCUSIÓN

En el presente trabajo de investigación y en vista de que la máquina tiene un enfoque productivo con una baja peligrosidad al operario, se empleó un coeficiente de seguridad de 3; resultaría interesante reducir a 1 este factor, con el fin de buscar disminuir costos en vista de la disminución de espesores de los componentes de la máquina peletizadora, así como rubros por el maquinado, sin que esto implique una reducción significativa de los ciclos de trabajo en función del material empleado.

Según las máquinas peletizadoras analizadas en el estado del arte, por lo general en la transición del cambio del hilo reciclado; se requiere de una persona que detecte que se acabó el material, y haga la alimentación del nuevo manualmente. En este sentido con un sensor detector de presencia se podría alimentar de forma automática la nueva línea de material; generando una mayor eficiencia en los tiempos de producción, así como el ahorro de tiempo del operario al no estar todo el día junto a la máquina.

Según los materiales utilizados en las etapas de funcionamiento de la máquina peletizadora, la gran mayoría de componentes no requiere de un mantenimiento recurrente y costoso, sin embargo, componentes como los resortes y especialmente las cuchillas de corte requieren de una especial atención, en este sentido es primordial contar con un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, en vista de que sin la cuchilla o los resortes la máquina sería obsoleta.

Si bien la elección del número de cuchillas en el cilindro de corte de la máquina peletizadora fue en función del tamaño del producto PET prefijado en el presente proyecto, si se aumentan a 10 elementos de corte esto tendría un impacto significativo en el tamaño y gestión del producto final, derivando en eficiencia en el proceso y un almacenamiento más funcional en vista del tamaño, en el contexto de una obtención de mayor peso por cada bulto producido.

CONCLUSIONES

Según los resultados tras el diseño mecánico, en donde según las dimensiones obtenidas y por ende los pesos de cada componente, se concluye que los mismos son acordes a las prestaciones de la máquina, este rubro es trascendental porque provisiona al fabricante de una referencia desde el punto de vista, constructivo, económico hasta incluso logístico, todo esto gracias al material ASTM A36 que cumple con la resistencia acorde a las cargas.

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Se concluye que los resultados del análisis tanto de esfuerzos y desplazamientos al ser simulados y verificados manualmente fueron satisfactorios, desde el punto de vista de Von Mises, ya que las resistencias son superiores a las solicitaciones en carga y peso de los componentes analizados constitutivos de la máquina peletizadora, así también las medidas finales de los componentes fueron aproximadas al inmediato superior, debido a que para su fabricación las medidas nominales de la materia prima son estándar.

Según los resultados de resistencia y desplazamientos obtenidos en el software de simulación, se puede concluir que dichos valores tienen un 5% de aumento en comparación con los datos manuales, esto se debe al tipo de malla seleccionada, en los ajustes previos a la simulación, sin embargo, al estar en rango son satisfactorios.

En vista de las dimensiones obtenidas en la máquina peletizadora, se concluye que la robustez de la misma es acorde a las altas presiones y temperaturas de trabajo, sin embargo, las dimensiones están en función del factor de seguridad y a la proyección de mantenimientos en la máquina en los ciclos de trabajo proyectados.

4. REFERENCIAS

- Arandes, J., Bilbao, J., & López, D. (2004). Reciclado de residuos plásticos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 5(1), 28–45. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1048871&orden=30219&info=link>
- Castañeda, G. (2019). Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. In *Gestión Financiera de las cuentas por cobrar y su efecto en la Liquidez de la Compañía Wurth Ecuador S.A.*
- Cespón, M. F., Castro, R. C., Curbelo, G. M., & Varela, D. C. (2015). Financial and ecological diagnosis of the supply chain for recycling plastics in the Cuban business context. *Estudios Gerenciales*, 31(136), 347–358. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2015.03.005>
- Hachi Quintana, J. G., & Rodríguez Mejía, J. D. (2010). Estudio de Factibilidad para reciclar envases plásticos de Polietileno Tereftalato(PET), en la Ciudad de Guayaquil. *Universidad Politecnica Salesiana*, 237. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2450/20/UPS-GT000106.pdf>
- Jara M. (2015). Escuela politécnica nacional.
- Martínez A. (2014). Diseño y fabricación de ladrillo reutilizando materiales a base de PET. In *IngeCuc* (Vol. 10, Issue 2, pp. 76–80).
- Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Martínez López, Y., Paes, J. B., & Martínez Rodríguez, E. (2018). Propiedades ignífugas de tableros de madera plástica producidos con diferentes especies forestales y termoplásticos reciclados. In *Madera y Bosques* (Vol. 24, Issue 2). <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421495>

Pet, R. D. P., Jose, J., & Bolaños, G. (2019). Facultad de Ingenierías y Computación.

Riba i Romeva, Carles. (2008). Selección de materiales en el diseño de máquinas. Edicions UPC.

Rincón, L., Rodríguez, E., & Espitia, A. (2016). Madera plástica. Un producto amigo del planeta. *Semilleros*, 3(5), 41–48.

Roberto Moreno Gómez, D., & Álvaro Pérez Rodríguez, D. (n.d.). Escuela Ingenierías Industriales Fundación Cidaut.

Romero Estalin. (2021). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Paucar 1 Gualotuña 2, A., Romero 1 Morales 2, E., Orna 1 Quintanilla 2, J., (2024). Propuesta de diseño del sistema de peletización de esferas de 5 mm de diámetro, para el moldeo de productos plásticos reciclables pet. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13