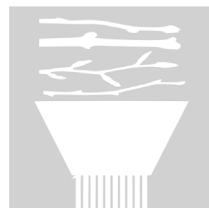


Metodología TRIZ para el rediseño de una Peletizadora de diferentes tipos de biomasa



Colaboración

Jorge Guzmán Herrera; David Rodolfo García Moreno; Liliana Monserrat García Méndez Instituto Tecnológico Superior de Perote; Saúl Santiago Cruz, Instituto Tecnológico Superior de Misantla

RESUMEN: En la actualidad se encuentran en el mercado diversos equipos para la fabricación de pellets, sin embargo, están diseñados para un tipo específico de biomasa. Por lo que en este proyecto se diseña un prototipo de Peletizadora que utilice diferentes tipos de biomasa con base en la metodología TRIZ (Teoriya Riesheniya Izobrietatielskij Zadach), la cual, permite una solución a los problemas de inventiva a través de una serie de pasos presentes en la mayoría de las invenciones, aplicables a cualquier nueva invención [1]. Identificando de esta manera se debe modificar el sistema de matriz plana giratoria a una matriz plana estática más gruesa, conteniendo de esta forma los moldes del pellet de tamaño óptimo, con un mecanismo de desplazamiento lineal vertical de cilindros que ejerzan presión sobre el material comprimiéndolo, accionado por un actuador neumático que introduzca el material de biomasa en orificios cónicos en el inicio y cilíndricos en el complemento del molde, de esta forma se controla por medio de sensores el inicio y final de carrera del actuador que deberá contener el prototipo de peletizadora una vez que sea construida.

PALABRAS CLAVE: Metodología TRIZ, Prototipo, Pellets, Biomasa, Poder Calorífico.

ABSTRACT: At the present time they are in the market diverse equipment for the manufacture of pellets, nevertheless, they are designed for a specific type of biomass. So in this project a prototype of pelletizer that uses different types of biomass is designed based on the methodology TRIZ (Teoriya Riesheniya Izobrietatielskij Zadach), which allows a solution to the problems of inventiveness through a series of steps in most inventions, applicable to any new invention [1]. Identifying in this way the rotating flat matrix system must be modified to a thicker static flat matrix, thus containing the pellet molds of optimum size, with a vertical linear displacement mechanism of cylinders that exert pressure on the material compressing it, powered by a pneumatic actuator that introduces the biomass material in conical holes at the beginning and cylindrical in the complement of the mold, in this way is controlled by means of sensors the start and end of stroke of the actuator that should contain the prototype of pelletizer a Once it's built.

KEYWORDS: TRIZ Methodology, Prototype, Pellets, Biomass, Calorific Power.

INTRODUCCIÓN

En la Figura 1, según datos de la Agencia Internacional de Energía Renovables (IRENA) se tiene instalada alrededor del mundo una capacidad de generación mediante energías renovables de 1.01 TW. Así mismo, datos publicados por la misma agencia a través del documento Renewable Capacity Statistics demuestra que hasta el año 2017 se tenía una capacidad instalada de generación de energía eléctrica con fuentes renovables de 2,179 GW, la cual representa un incremento del 8.3% respecto al año anterior. [2]

Cuadro tomado de IRENA.

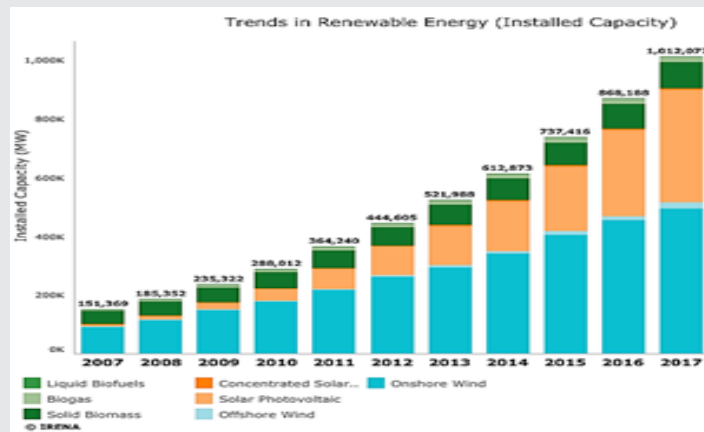


Figura 1. Capacidad de instalada de generación mediante energías renovables.

En la actualidad se buscan alternativas para la generación de energía por medio de fuentes renovables, no solo por la escasez de estos, sino por la excesiva contaminación ambiental y la existencia de gran cantidad de residuos orgánicos provenientes de procesos de aprovechamiento forestal y agrícola. El uso de biomasa, fuente de energía renovable procedente de materia orgánica y de procesos biológicos basados en la fotosíntesis, es una opción para el aprovechamiento de la energía renovable. Sin embargo, el uso de la biomasa como combustible presenta una gran cantidad de desventajas entre las que destacan principalmente la baja densidad, el difícil manejo y almacenamiento, generando un costo para los productos.

El pellet es un producto bioenergético obtenido principalmente de biomasa forestal o agrícola. Su utilización en el mercado mundial está en expansión debido a que cumple con tres pilares fundamentales: diversificación energética con independencia de los combustibles fósiles; autonomía frente a la volatilidad e incremento de los precios de los combustibles; reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. El pellet es considerado un tipo de biocombustible sólido comprimido, similar a una cápsula de madera. Al compararlo con la leña tradicional, el pellet provee posibilidades de automatización y optimización similar al petróleo, con alta eficiencia de combustión y pocos residuos [3]. En este sentido, la fácil manipulación y almacenamiento de pellets estandarizados y su alta densidad son factores claves en este mercado de expansión, además, al ser homogéneos y con bajo contenido de humedad se queman fácilmente y hacen regulable el proceso de combustión [4,5]. De la misma manera actualmente se han realizado diferentes estudios para la utilización de pellets para su utilización como biocombustibles [6,7]. Utilizando regularmente las peletizadoras actuales en el mercado como lo son las de matriz plana y matriz anular.

El estudio del poder calorífico procedente de biomasa vegetal en el Instituto Tecnológico Superior de Perote se ha visto obstaculizado por la dificultad de crear pellets para su análisis y pruebas de diversas circunstancias debido a que cada tipo de pellet requiere una densidad diferente, es por esta razón que surge la necesidad de un equipo que proporcione la conformación de pellets mediante diferentes tipos de biomasa aptos para realizar un análisis del poder calorífico de algunas biomásas de origen vegetal que se generan en la región del valle de perote.

La metodología TRIZ surge por primera vez, gracias a la visión de un desconocido ingeniero mecánico soviético, Genrich Saulovich Altshuller (1926-1998), quién laborando como analista en la oficina de registro de derechos de autor, de la marina soviética, equivalente a la oficina de patentes en otros países, analiza cientos de reportes técnicos contenidos en las solicitudes de los registros. Después de varios años, llega a la sorprendente conclusión de que existen únicamente 40 principios de inventiva, los cuales se repetían una y otra vez en los reportes que revisaba. Integrando de esta manera en un solo método, toda una serie de herramientas lógicas, basadas en el estudio de millones de patentes, por expertos, a nivel mundial, que sugieren soluciones creativas y prácticas a los problemas de Innovación Tecnológica que se enfrenten. Creando de esta manera la matriz de Altshuller o matriz de contradicciones que permiten dar solución a los problemas específicos de inventiva técnicos. [8,9]

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el diseño de esta peletizadora se emplea la metodología TRIZ, tomando en cuenta la materia prima a utilizar, el proceso de compresión y la densidad necesaria para cada tipo de biomasa.

El desarrollo de TRIZ se basa en cuatro etapas básicas que consisten en identificar primeramente nuestro problema específico de diseño, posterior a este se convierte en un problema genérico identificándolo entre las 39 contradicciones que Altshuller enlistó en esta metodología y que se presentan en todos los problemas de inventiva, el siguiente paso es relacionar en la matriz de contradicciones el problema genérico para determinar la o las soluciones genéricas que propone el modelo y por último es convertir esta solución genérica en la solución específica para el proyecto.

Problema específico

Se han analizado los dos tipos equipos que se utilizan para la fabricación de pellets, tanto de alimentos para animales como de biomasa, estos equipos son los de matriz plana y matriz anular, hallando principios generales de funcionamiento, básicamente la compresión de la materia prima sobre una superficie plana perforada.

rada, provocando su paso forzado entre estas perforaciones, generando de esta manera un aumento de densidad.

El funcionamiento de los mecanismos internos es una contradicción que genera un alto nivel de complejidad para la fabricación de componentes, ya que el costo es elevado.

Otro problema que se tiene en el desarrollo de este prototipo es la resistencia de los componentes, ya que, al utilizar materiales resistentes a la corrosión, se incrementa la complejidad al momento de la fabricación de los componentes y por lo tanto el costo.

Al fabricar elementos más robustos para incrementar la resistencia del equipo, se genera un mayor peso en el prototipo en general. Cuando el equipo funciona a una velocidad superior, la densidad generada en el pellet disminuye debido al menor acceso de materia prima en la matriz.



Figura 2. Peletizadora de matriz plana y rodillos giratorios
Fuente: Ortiz, 2008

La mayoría de los equipos utilizan matrices con perforaciones de sección transversal uniforme y única, lo que genera una sola densidad alcanzable. Sin embargo, se requiere utilizar con diferentes biomásas para realizar los respectivos análisis de poder calorífico. [10].

Definición de contradicciones técnicas (transformación a problemas genéricos).

Para resolver el problema y generar un prototipo que cumpla con las expectativas necesarias en la elaboración de pellets de biomasa residual se realizó el análisis de los mecanismos de máquinas peletizadoras de matriz anular y de matriz plana que existen actualmente obteniéndose las siguientes contradicciones. Para resolver el problema y generar un prototipo que cumpla con las expectativas necesarias en la

elaboración de pellets de biomasa residual se realizó el análisis de los mecanismos de máquinas peletizadoras de matriz anular y de matriz plana que existen actualmente obteniéndose las siguientes contradicciones.

Tabla 1. Datos de la contradicción 1 para la densidad de los pellets.

Si	Requiero una mayor densidad del pellet
Entonces	Se debe aumentar la alimentación del material sobre la matriz
Pero	Disminuye la velocidad del mecanismo

Tabla 2. Datos de la contradicción 2 para la densidad de los pellets.

Si	Requiero una mayor densidad del pellet
Entonces	Se debe aumentar la presión del material alimentado sobre la matriz
Pero	Disminuye la velocidad del mecanismo

Tabla 3. Datos de la contradicción 3 para la densidad de los pellets.

Si	Requiero una mayor densidad del pellet
Entonces	Se debe aumentar la presión entre el rodillo opresor y la matriz
Pero	Aumenta la complejidad del mecanismo

Tabla 4. Datos de la contradicción para la forma y tamaño de los pellets.

Si	Requiero diferentes densidades y tamaños de pellets
Entonces	Se debe reemplazar la matriz para cada especificación
Pero	Aumenta la complejidad del mecanismo

Con el análisis anterior se relacionan los parámetros de mejora con los que empeoran generalizados de la matriz de Altshuller de la siguiente forma:

Tabla 5. Concentrado de contradicciones para análisis.

Contradicción No.	Parámetro que mejora	Parámetro que empeora
1	26. Cantidad de sustancia	9. Velocidad
2	11. Tensión, Presión	9. Velocidad
3	11. Tensión, Presión	36. Complejidad de un mecanismo
4	35. Adaptabilidad	36. Complejidad de un mecanismo

Análisis y selección de principios de inventiva (solución genérica).

El análisis es desarrollado para cada una de las contradicciones.

Cuadro tomado de The innovation algorithm.

		9	10	11
26	Quantity of substance/the matter	35, 29, 34, 28	35, 14, 3	10, 36, 14, 3
27	Reliability	21, 35, 11, 28	8, 28, 10, 3	10, 24, 35, 19

Figura 3. Matriz de contradicciones: Cantidad de sustancia contra velocidad.

Para la primera contradicción referente a la cantidad de sustancia respecto a la velocidad encontramos que debemos observar los parámetros 35, 34, 29 y 28, sin embargo, los últimos tres no generan una solución viable para el proyecto, sin embargo, el punto 35 hace referencia a la transformación de los estados Físicos y Químicos de un objeto, pudiendo ser cambiar un estado de agregación de un objeto, concentración de densidad, grado de flexibilidad o temperatura. Tomando en cuenta lo anterior se propone como solución a la contradicción el pre procesamiento de la biomasa en una trituradora de con posibilidad de la variación del tamaño del producto procesado.

Cuadro tomado de The innovation algorithm.

		9	10	11
11	Stress or pressure	6, 35, 36	36, 35, 21	+
12	Shape	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14
13	Stability of the object's composition	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16	2, 35, 40

Figura 4. Matriz de contradicciones: Tensión, presión contra la velocidad.

Para la segunda contradicción acerca de la tensión o presión relacionada con la velocidad refiere a los términos 6, 35 y 36, de las cuales las últimas dos no impactan al desarrollo del prototipo, sin embargo, el parámetro 6 que hace referencia a la universalidad donde el objeto realice múltiples funciones, de esta manera se elimina la necesidad de algunos otros objetos. Se tiene como solución a esta contradicción, Implementar matrices y rodillos intercambiables para generar las densidades requeridas en los pellets.

Cuadro tomado de The innovation algorithm.

		36	37	38
11	Stress or pressure	19, 1, 35	2, 36, 37	35, 24
12	Shape	16, 29, 1, 28	15, 13, 39	15, 1, 32

Figura 5. Matriz de contradicciones: Tensión o presión contra la complejidad del mecanismo.

Para la contradicción tres refiere a la tensión o presión contra la complejidad del dispositivo que refiere a los parámetros 1, 19 y 35, de los cuales el parámetro uno y treinta y cinco no generan una solución al proyecto, mientras que el parámetro diecinueve hace referencia a la acción periódica. En la cuales resal-

tan los puntos de remplazar una acción continua con una periódica o impulso, si una acción es periódica cambiar su frecuencia y usar pausas entre impulsos para dar una acción adicional. Mediante lo anterior se considera como solución a esta contradicción el modificar el mecanismo para generar pellets por medio de un movimiento lineal que comprima y genere una presión regulable sobre la matriz.

el sistema mecánico por un sistema neumático e implementación de sensores para limitar el recorrido y por lo tanto la presión ejercida sobre el material comprimido, generando con esto la densidad deseada.

RESULTADOS (Solución específica)

Derivado del análisis con la metodología TRIZ para solucionar problemas de inventiva, se proporcionaron distintas opciones para el nuevo diseño denominadas soluciones genéricas. Las cuales sugieren básicamente modificar el sistema de matriz plana giratoria a una matriz plana estática más gruesa conteniendo de esta forma los moldes del pellet de tamaño óptimo, con un mecanismo de desplazamiento lineal vertical de émbolos que comprimen el material, este a su vez deberá estar accionado por un actuador neumático o hidráulico que introduzca el material de biomasa en orificios del molde, pudiendo de esta forma se controlar a través de sensores el inicio y final de carrera del actuador. De esta forma la densidad se puede estimar relacionando directamente el volumen inicial del material en el molde, (ya que se conoce el volumen interno del molde), y el volumen final al comprimir el material. En este sentido se tendrá un parámetro base de medición, ya que el principal factor que se desea controlar es la densidad del pellet. Por último, la guillotina que se indica en la imagen del diseño funciona como un bloqueo al final del molde, el cual en el momento de que se alcanza la densidad deseada se abre para desplazar el pellet a la longitud deseada y se cierra para realizar el corte, de esta manera se vuelve a iniciar el ciclo.

Cuadro tomado de *The innovation algorithm*.

		36	37	38
35	Adaptability or versatility	15, 29, 37, 28	1	27, 34, 35
36	Device complexity	+	15, 10, 37, 28	15, 1, 24

Figura 6. Matriz de contradicciones: adaptabilidad o versatilidad contra la complejidad del mecanismo.

La cuarta contradicción hace referencia de la relación que existe entre la adaptabilidad o versatilidad con la complejidad del mecanismo. De acuerdo con la matriz hace referencia a los parámetros 15, 28, 29 y 37, de los cuales el treinta y siete no es viable para el prototipo. El parámetro quince hace referencia a hacer características de un objeto, o un ajuste automático del ambiente externo para el desempeño óptimo en cada estación de operación. Así como, dividir un objeto en elementos que puedan cambiar de posición relativa con cada uno o en su caso si un objeto es inamovible, hágalo movable o intercambiable. El parámetro veintinueve hace referencia de un proceso donde se realizan construcciones neumáticas o hidráulicas, la cual hace mención de remplazar las partes sólidas de un objeto por gas o líquido considerando que estas partes pueden usar aire o agua para inflarse o utilizar cojines hidrostáticos.

El parámetro veintiocho refiere al remplazo de sistemas mecánicos remplazando el sistema mecánico por uno óptico, acústico u odorífero, además, use un campo electromagnético, eléctrico o magnético para interacción con el objeto o en su defecto que reemplace campos estacionarios con campos móviles, campos acoplados a los que cambian en el tiempo o de campos los aleatorios a los estructurados. Lo anterior otorga como solución a la contradicción reemplazar

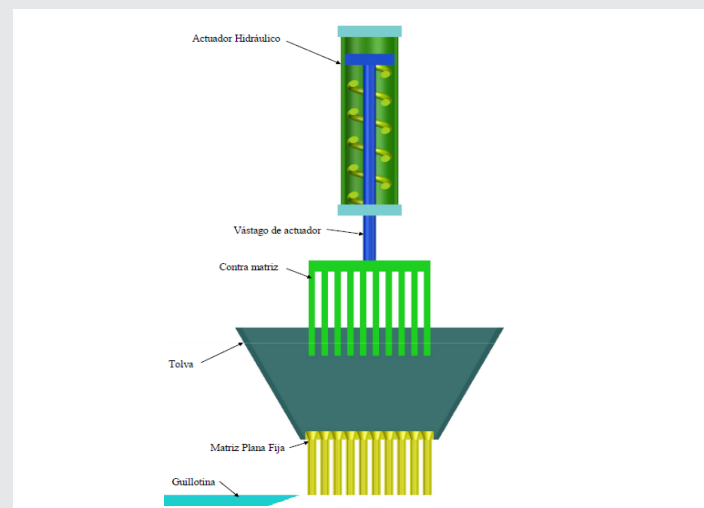


Figura 7. Mecanismo de matriz plana estática.

Fuente: *Elaboración propia*

CONCLUSIONES

Analizando los resultados obtenidos de la aplicación de las soluciones genéricas, se concluye que la metodología TRIZ proporciona datos relevantes para la

elaboración del diseño del prototipo de Peletizadora, en este sentido se realizó el diseño básico del mecanismo descrito anteriormente, usando el principio de una matriz plana estática y un embolo múltiple (contra matriz) que comprime con un desplazamiento lineal el material permitiendo tener así la mayor eficiencia sin descuidar en algún momento las necesidades que dieron origen a este proyecto que básicamente es producir pellets de residuos forestales con distintas densidades para realizar análisis de poder calorífico, y por esta razón es necesario realizar pruebas al prototipo una vez construido para determinar si existen nuevas contradicciones que contribuyan a la mejora del prototipo.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Oropeza, M. R., Rico, A. E. y Coronado, M. M. 2005. *TRIZ, la metodología más moderna para inventar o innovar tecnológicamente de manera sistemática*. Panorama Editorial, S.A. de C.V. México.

[2] REN21. 2016. *Renewables 2016 Global Status Report*. REN21 Secretariat. Paris.

[3] Rhén, C., Öhman, M., Gref, R., & Wästerlund, I. 2007. *Effect of raw material composition in woody biomass pellets on combustion characteristics*. *Biomass and Bioenergy* (Vol. 31, pp. 66–72). Oxford.

[4] Lestander, T. a., Finell, M., Samuelsson, R., Arshadi, M., & Thyrel, M. 2012. *Industrial scale biofuel pellet production from blends of unbarked softwood and hardwood stems—the effects of raw material composition and moisture content on pellet quality*. *Fuel Processing Technology*, (Vol. 95, pp. 73–77).

[5] Filbakk, T., Skjevrak, G., Høibø, O., Dibdiakova, J., & Jirjis, R. (2011). *The influence of storage and drying methods for Scots pine raw material on mechanical pellet properties and production parameters*. *Fuel Processing Technology*, (Vol 92, pp. 871–878).

[6] Arbeláez, O., López-Ríos, V., Villa, A.L. y Villagas, A. 2018. *Diseño experimental para determinar el efecto del tamaño del pellet de catalizadores bi-metálicos Cu-Ni en la reacción de desplazamiento de agua*. *Revista Colombiana de Química* (Vol.47, pp. 50-56).

[7] Carrillo, V., Valenzuela J. 2015. *estudio de las posibilidades de peletización de la cáscara de cacao y su utilización como biocombustible*. Tesis. Ecuador.

[8] Altshuller, G. 2000. "The innovation algorithm". Technical Innovation Center, Inc. EUA.

[9] Oropeza, M. R. 2007. *TRIZ, la metodología más avanzada para acelerar la innovación tecnológica sistemática*. Panorama Editorial, S.A. de C.V. México.

[10] Ortiz, T. L. 2008. *Producción de biocombustibles sólidos de alta densidad en España*. *Boletín del CIDEU* (No. 5, pp. 107-123).