

# Design and Automation of the Separator Screen with Granulometric Regulation

Félix Pucuhuayla-Revatta<sup>1</sup>, Jorge Luis Contreras-Cossío<sup>1</sup>, Sergio Martínez-Martínez<sup>1</sup>, Evelyn Rondon-Jara<sup>1\*</sup>, Joel Sal Y Rosas-Benites<sup>1</sup> and Euler Deza-Figueroa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, felix.pucuhuayla@upn.edu.pe, jorge.contreras@upn.edu.pe, sergio.martinez@upn.edu.pe, victorjoel270312@gmail.com, euler.deza@upn.edu.pe

\*Autor por correspondencia: evelynrondon006@gmail.com

*Abstract- The objective of this paper is to speed up the corn grain selection process through the design and automation of a separating screen with granulometric regulation. The process comprises five stages (mechanical design, development of the machine, electrical design of the system, calculation of the force of pneumatic cylinders and programming of the Programmable Logic Controller-PLC). With the design, it will be possible to choose the desired granulometry in an easy and accurate way, using modern control equipment. The control is in charge of a PLC, in a first version, together with a friendly graphic interface, the common mechanical aspect of a vibrating screen added to the movement control of the superimposed meshes achieve the variation of the selection diameter of the corn grain, besides the speed control of the motor-vibrators that will have an effect on the force exerted on the mobile tray. The stress simulation was performed with the help of Inventor 2019 software. As a result, it's evident the optimization to be able to select the grains and homogenize their size. In conclusion, this automation process helps to make the poultry feeding more efficient due to the variable granulometric selection of the corn, in addition, the automation of the vibrating screen also allowed to reduce the time in a ratio of 10 to 1.*

**Keywords-- Automation, vibrating screen, Programmable Logic Controller (PLC), granulometry, corn**

**Digital Object Identifier (DOI):**

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.8>

**ISBN:** 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

# Diseño y Automatización de la Zaranda Separadora con Regulación Granulométrica

Félix Pucuhuayla-Revatta<sup>1</sup>, Jorge Luis Contreras-Cossío<sup>1</sup>, Sergio Martínez-Martínez<sup>1</sup>, Evelyn Rondon-Jara<sup>1\*</sup>, Joel Sal Y Rosas-Benites<sup>1</sup> and Euler Deza-Figueroa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, felix.pucuhuayla@upn.edu.pe, jorge.contreras@upn.edu.pe, sergio.martinez@upn.edu.pe, victorjoel270312@gmail.com, euler.deza@upn.edu.pe

\*Autor por correspondencia: evelynrondon006@gmail.com

**Resumen**– El objetivo del presente artículo es agilizar el proceso de selección del grano de maíz a partir del diseño y automatización de la zaranda separadora con regulación granulométrica. El proceso comprende cinco etapas (diseño mecánico, desarrollo de la máquina, diseño eléctrico del sistema, cálculo de la fuerza de cilindros neumáticos y programación del Controlador Lógico Programable-PLC). Con el diseño, se podrá elegir la granulometría deseada del grano seleccionado gracias al uso de equipos de control modernos. El control está a cargo de un PLC, junto con una interfaz gráfica amigable, el aspecto mecánico común de una zaranda vibratoria sumado al control de movimiento de las mallas superpuestas logra la variación del diámetro de selección del grano de maíz, además del control de velocidad de los motovibradores que tendrán un efecto en la fuerza ejercida sobre la bandeja móvil. La simulación de esfuerzos se realizó con la ayuda del software Inventor 2019. Como resultado, se evidencia la optimización para poder seleccionar los granos y homogenizar su tamaño. En conclusión, este proceso de automatización ayuda a que la alimentación de las aves resulte más eficaz por la selección variable granulométrica del maíz, además la automatización de la zaranda permitió reducir el tiempo en una relación de 10 a 1.

**Palabras clave**-- Automatización, Zaranda, Controlador Lógico Programable (PLC), granulometría, maíz

## I. INTRODUCCIÓN

La automatización permite simplificar y poder llevar a cabo actividades realizadas por el ser humano [1]. Hoy en día, las industrias necesitan utilizar sistemas que sostengan la dinámica de las organizaciones. Sin embargo, los sistemas actuales de las empresas carecen de este dinamismo por la falta de flexibilidad y agilidad para responder a los diversos estilos de producción que se viven en la actualidad [2].

Por su parte, el Controlador Lógico Programable (PLC) sirve para automatizar procesos electromecánicos como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o producción [3]. Para este trabajo, se utilizó el PLC S7 1200 CPU 1214 AC/DC/RLY y Firmware versión 6ES7 214-1BG40-0XB0. Así, la reducción de los costes de producción ya ha sido observado por varios autores gracias a la granulometría [4,5,6]. Por ello, es necesario definir también una granulometría que permita el rendimiento de las aves y el aumento de rendimiento de molienda del maíz para que el proceso se aminore económicamente [7].

El maíz es la principal fuente de energía en las aves de corral y representa aproximadamente el 65 % de su composición dietética [8]. Por otro lado, existen estudios donde afirman que la dureza del maíz, su tamaño y volumen afectan directamente el tiempo y la energía consumidos en la molienda, así como la digestibilidad del producto [9,10].

Razón por la cual, los granos de maíz resultan eficaces en la alimentación de las aves.

En este sentido, la Zaranda es fundamental para el proceso de granulometría. Es un conjunto rígido compuesto por una plancha metálica perforada de acuerdo a una secuencia y puesta en un marco. Se usan para separar los materiales susceptibles de ordenarlos según el tamaño de sus partículas [11]. Las zarandas manuales permiten la limpieza de objetos pequeños gracias a la corriente de aire que pasa por los granos. Su capacidad es de 120 a 180 kg por hora de trabajo.

Así, las zarandas son muy aprovechadas por los agricultores en todas las partes del mundo [12]. Sin embargo, estas máquinas no tienen la capacidad de seleccionar en forma óptima el producto final del grano con características similares de tamaño y volumen en una planta de producción de alimento balanceado en Lima. Por otro lado, se evidencia una demanda en el control del tamaño de porciones como en pellets [13] y granos de café [14], de acuerdo con los diferentes escenarios del mercado. El problema es la dificultad en seleccionar granos de maíz y otros de forma similar. Por ello, esta investigación busca la automatización de un equipo relacionado con la producción de granos con la finalidad de fabricar alimento balanceado para aves. Así, la selección del grano de maíz es importante para obtener un producto de calidad.

Esta máquina permite seleccionar de forma regulable el tamaño y volumen de los granos de maíz, utilizando el control electrónico y las técnicas de automatización. Con este diseño, se busca la rapidez en la selección del grano y la posibilidad de programar estas características a voluntad. Por ello, el objetivo de esta investigación es agilizar el proceso de selección del grano de maíz a partir del diseño y automatización de la zaranda separadora con regulación granulométrica.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Laboratorio de Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte en Lima, Perú.

### A. Diseño Mecánico Modelado de máquina

Se obtuvo los datos de producción con el modelado de la máquina. En la tabla I, se indica la producción por hora sobre el maíz, capacidad requerida y flujo de producto.

TABLA I  
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN POR HORA

Producto	Cantidad
Maíz	20 (Ton/h)
Capacidad requerida	350 Kg
Flujo de producto	5.5 Kg/s

Considerando la densidad del maíz de  $700 \text{ Kg/m}^3$ , se necesita el dimensionamiento para procesar  $350 \text{ Kg}$  de producto, se precisó un volumen de carga (Vc) en  $0.5 \text{ m}^3$ . Por lo tanto, se distribuyó en dos bandejas de forma irregular.

Con el volumen obtenido, se inició el diseño del compartimiento. El primer compartimiento fue de selección de limpieza de coronta y suciedades; el segundo, de selección de granulometría del maíz. De esta manera, el volumen del tamiz (Vt) corresponde en  $0.25 \text{ m}^3$  que requiere de una altura mínima de  $150 \text{ mm}$  para un área (A) de la criba de  $1.66 \text{ m}^2$ . Con un factor de protección de 1.5, el área final de la criba es de  $2.5 \text{ m}^2$ . Por lo tanto, el área encontrada fue de  $1.66 \text{ m}^2 \times 1.5 = 2.5 \text{ m}^2$ . Luego, se consideraron las medidas de planchas perforadas de  $1.2 \text{ m de ancho} \times 2.4 \text{ m de largo}$  (área total  $2.88 \text{ m}^2$ ) encontradas en el mercado, cuyo material es de acero inoxidable no. 304 y con espesor de placas de  $0.5 \text{ mm}$ . Con los resultados obtenidos, se buscaron las planchas con las dimensiones más aproximadas en el mercado local que es de espesor  $0.6 \text{ mm}$ . Posteriormente, se eligió de manera conveniente la plancha que determina las longitudes que existen en el mercado  $0.0006 \times 1.2 \times 2.4$ , por lo tanto, el volumende acero por plancha (Vp) es  $0.00172 \text{ m}^3$ .

En la tabla II, se menciona la cantidad y peso de la plancha perforada, los ángulos, el perfil y el motor; lo que nos da a conocer el peso total de los materiales utilizados para la construcción de la zaranda de acuerdo con la propuesta de Hibbeler (2004) [13]. Cambia por [15].

TABLA II  
CÁLCULO DE PESO DE BANDEJA

Parte	Cantidad	Peso (kg)
Planchas perforadas	2	27
Angulos	12	17.6
Perfil u 100x50x4	7.2m	44.2
Plancha 0.6 mm	10m <sup>2</sup>	21.6
Motor	1	10
<b>Total</b>		<b>120</b>

Fuente: Hibbeler (2004)

Así, las características empleadas son la densidad del acero ( $7850 \text{ Kg/m}^3$ ), la masa de bandeja ( $120 \text{ Kg}$ ) y de la carga ( $350 \text{ Kg}$ ) cuyo total de estos dos últimos es  $470 \text{ Kg}$ . Por otro lado, su fuerza ejercida es  $4610 \text{ N}$  y la fuerzamáxima ejercida por el motovibrador es de  $2100 \text{ N}$ . Elcoeficiente de elasticidad (K) del resorte es  $375000$  y al utilizar 4 resortes en paralelo, se obtiene un valor de  $1500000$ . Su desplazamiento fue de  $-0.00453 \text{ m}$ , lo que dio resultado de  $1.53 \text{ mm}$  como desplazamiento relativo. En cuanto a las bases fijas, los soportes son dimensionados con una resistencia de acuerdo con las características del material del acero estructural a usar para la implementación de soporte base. Por lo tanto, se aplicó el acero A36 (norma ASTM A36) que son los aceros estructurales de carbono

más utilizados [14].

La elección de la base fija se realizó mediante el análisis de mecánica de cuerpo rígido, donde la carga total de  $6.8 \text{ kN}$  distribuida en un área de esfuerzo de  $0.00436 \text{ m}^2$  indica un esfuerzo total de  $1.5 \text{ MPa}$ . Por lo tanto, con las características del material a utilizar y las exigencias anteriores, se puede concluir que la estructura es estable, resistente y apropiada para el trabajo.

Se calculó el coeficiente de amortiguación crítico para el resorte tomando en cuenta la ecuación general del sistema masa-resorte-amortiguador [13]. Para la solución de la ecuación, se utilizó software Wolframalpha y para la gráfica, Python. La respuesta del sistema se muestra en la Fig. 1. La ecuación (1) representa la respuesta de deformación del sistema respecto al tiempo.

Donde:

$$y = 0.750216 - 0.250216 e^{(-18 x)} - 4.50389 x \quad (1)$$

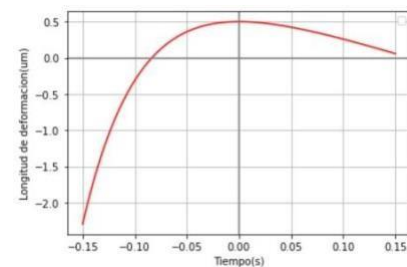


Fig.1 Sistema masa resorte – amortiguador con respecto al tiempo y longitud de deformación

## B. Desarrollo de la Máquina

La modificación de una zaranda convencional es posible, implementando en su estructura una malla móvil regulable, el desplazamiento de esta malla modificará el tamaño de los agujeros por superposición de mallas, la selección de parámetros se ingresará en el HMI, lo cual permitirá que el PLC controle la frecuencia de vibración, accione el cilindro neumático de acuerdo con los requerimientos de producción.

Se diseñó cada parte de la zaranda con el software Inventor 2019 [15], dando las propiedades respectivas, el tipo de material utilizado, masa y en el caso de los resortes el coeficiente de elasticidad requerido para posteriormente realizar la simulación aplicando las cargas que debe soportar la estructura. En la Fig. 2, se muestra el modelado previo de la zaranda separadora donde se aprecia el desplazamiento proyectado de las mallas. El material usado para la proyección del diseño es el acero A36 con una densidad de  $758 \text{ Kg/m}^3$ .

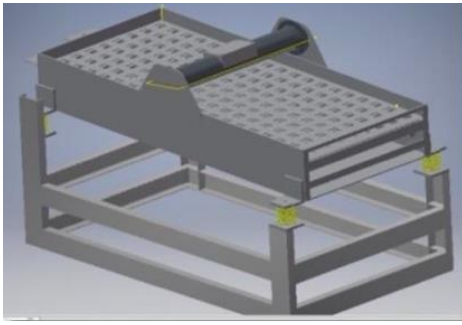


Fig. 2 Modelado de zaranda.

El diseño del resorte se adiciona a las propiedades de los materiales (ver tabla III) para alcanzar el coeficiente de elasticidad aproximado a los encontrados en el mercado. Este elemento de la máquina es de vital importancia, de este depende la amplitud que podrá alcanzar la vibración sometida a la carga y a la fuerza ejercida por el vibrador.

TABLA III  
VALORES MOSTRADOS DEL SOFTWARE INVENTOR  
2019

Masa	2.077 Kg
Area	97918.551 mm
Volumen	290483.663 mm
Densidad	7.150 g/cm3

Para el diseño de croquis inicial, se elaboró el soporte base de la bandeja, se creó una base sólida de un solo cuerpo, realizando un ensamblaje con el uso de la herramienta Place from content center, se eligieron las vigas a usar armadas con restricciones. Además, se crearon los soportes de los resortes (ver Fig. 3).

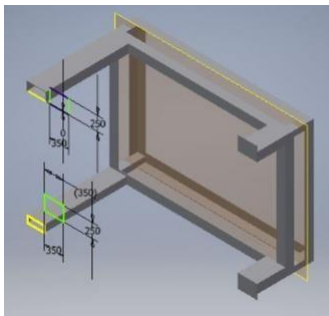


Fig. 3 Modelo de base fija

En la Fig. 4, se presenta el modelado de las mallas perforadas con las características requeridas del diseño. Las planchas perforadas se encuentran fácilmente en los mercados; sin embargo, al no encontrar las especificaciones críticas requeridas se procedió al diseño con desplazamiento de la malla mediante el cilindro neumático y el deslizamiento en un carril.

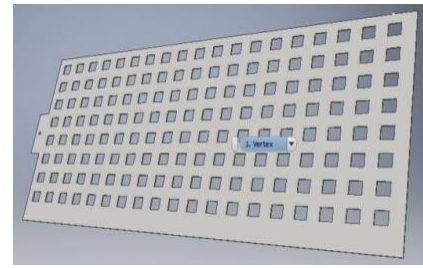


Fig. 4 Modelado de planchas perforadas.

Luego aplicando el software Inventor 2019, se analizaron las juntas de la estructura, en caso de su implementación, se deberá soldar armando una estructura de base sólida. En este programa, las juntas son consideradas como soldadas, los puntos azules de las imágenes muestran las intersecciones de las vigas, por lo que a modo de pruebas se aplicaron fuerzas que actúan en las uniones para apreciar las reacciones en estas, los mismos que para la aplicación no representan reacción considerable, dado que la resistencia de las vigas es mayor que las cargas máximas que podrían aplicarse (ver Fig. 5).

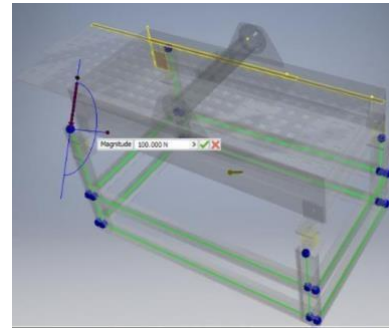


Fig. 5 Análisis de esfuerzos en las juntas de la estructura.

Mediante la simulación de análisis de esfuerzos, se aplicaron cargas a la estructura. Según los cálculos, la zaranda fue sometida a una carga de 390 kg y además de esta, la carga de maíz. A todo esto, se le adiciona la fuerza ejercida por el motovibrador cuyo cálculo se encuentra en el modelamiento (ver Fig. 6).

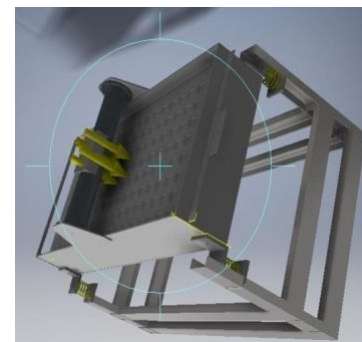


Fig. 6 Aplicación de cargas sobre estructuras.



### C. Diseño Eléctrico del Sistema

Tomando en cuenta las características de los elementos a controlar, se implementaron los siguientes dispositivos eléctricos: una llave termomagnética (20A), un variador de frecuencia (1Hp), un cable (NYY 3 x 14 + 1 T) y un motovibrador (1Hp) (ver Fig. 7).

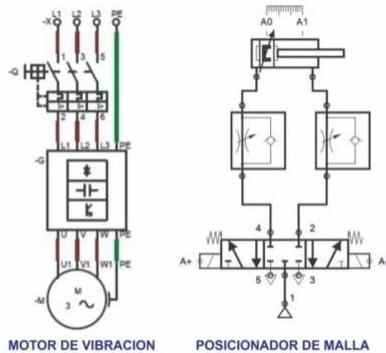


Fig. 7 Diagrama de fuerza del sistema eléctrico

En la tabla IV, se puede apreciar que las dimensiones en caso de implementación son suficientes para trabajar la masa calculada correspondiente a 13.48 Kg. de material.

TABLA IV  
DIMENSIONAMIENTO DE MASA A DESPLAZAR

Material	Acero
Densidad	7.8g/cm <sup>3</sup>
Forma	cúbica
Longitud (X)	2400 mm
Anchura (Y)	1200 mm
Altura (Z)	0.6 mm
Masa calculada	13478,4 g

### D. Cálculo de la Fuerza de los Cilindros Neumáticos

Se utilizó la fórmula:  $P = F/A$ , donde la correspondencia es la siguiente: Fuerza (F), Presión (P) y Área (A) [16] para los cálculos de parámetros correspondientes al cilindro neumático de doble efecto. En la Fig. 8, se muestran sus dimensiones [17].

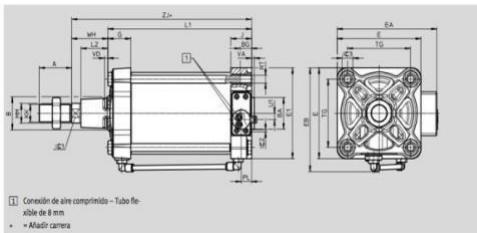


Fig. 8 Cilindro neumático. Fuente: FESTO (2019).

Luego de los cálculos realizados y de la elección del cilindro neumático de doble efecto, se procedió a seleccionar una electroválvula de 5/3 vías biestable (ver Fig. 9) [18].

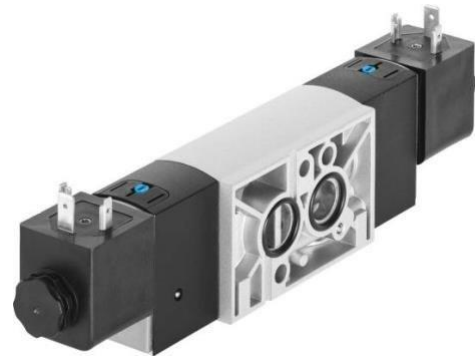


Fig. 9 Electroválvula 5/3 vías biestable. Fuente: FESTO (2020).

### E. Programación del Controlador Lógico Programable (PLC)

El PLC se comunica con un variador de frecuencia que modifica la velocidad del motovibrador y controla el cilindro neumático que regula la posición de la plancha perforada superior. La retroalimentación de posición lo establecen los switches magnéticos. El accionamiento del cilindro se realizó mediante la electroválvula 5/3 vías biestable, la característica de esta es alcanzar una posición específica (ver Fig. 10).

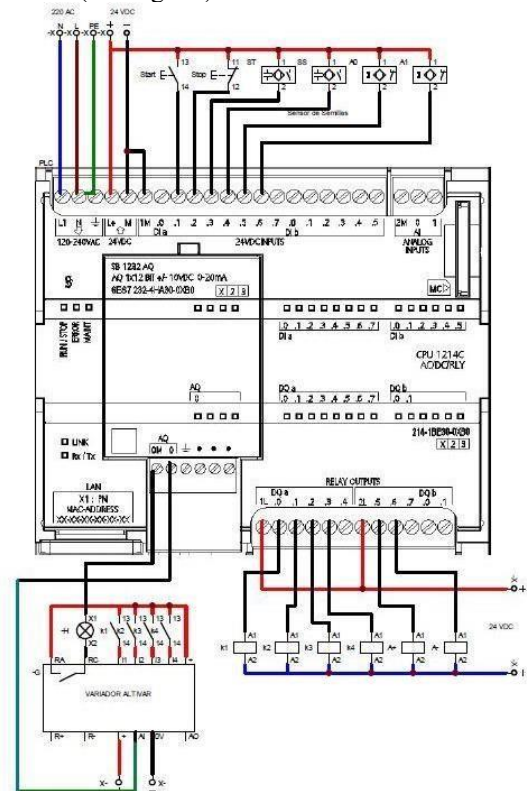


Fig. 10 Esquema de conexión eléctrica del PLC S71200 y los elementos de control del sistema.

En la Fig. 11, se distingue el diagrama de flujo del software, que controla el proceso de funcionamiento de

automatización de la zaranda separadora con regulación granulométrica, donde se emplea el HMI como elemento interactivo entre el operador y la máquina.

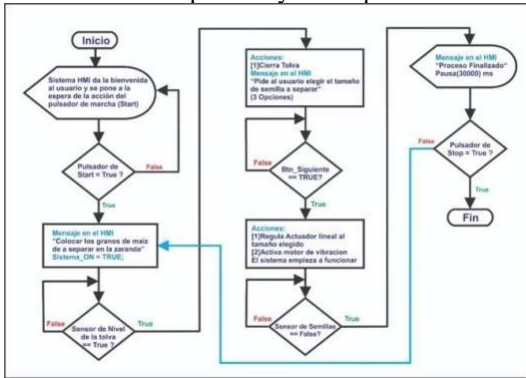


Fig. 11 Diagrama de flujo de la automatización separadora con regulación granulométrica.

En la Fig. 12, se aprecia la máquina de estados de la programación del Controlador Lógico Programable y la Interfaz HMI. De esta manera, se muestra un estilo de programación efectiva en la implementación del software final.

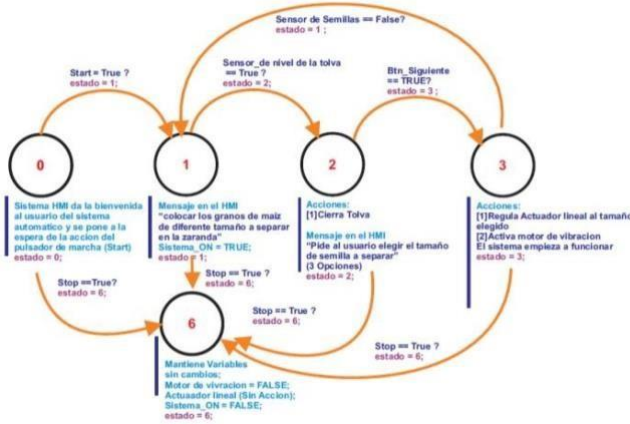


Fig. 12. Máquina de estados la programación del Controlador Lógico Programable y la Interfaz HMI.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación de la zaranda automatizada reduce el tiempo de separación del producto que en las situaciones actuales de trabajo están condicionadas a la demora de los operarios en reemplazar las planchas perforadas. Por otro lado, de acuerdo con [7], la regulación granulométrica permite a la empresa ofrecer una amplia gama de tamaños de los granos de maíz, lo que beneficia a las aves en su peso a diferencia de los alimentos paletizados. En la tabla V, se puede observar la optimización respecto al tiempo que resulta del proceso manual con respecto al proceso automatizado, observándose una diferencia notable en el proceso de regulación granulométrica.

TABLA V  
TIEMPO DE SEPARACIÓN DEL PRODUCTO

Cantidad de operarios	Tiempo requerido por los operarios (proceso manual)	Tiempo requerido con la implantación de la zaranda (proceso automatizado)
1	20 min.	1 min.
2	15 min.	1 min.
3	10 min.	1 min.

El análisis con el software Inventor también entregó resultados de desplazamientos mínimos y máximos obtenidos con la aplicación de cargas y fuerzas sobre los tamices. Los desplazamientos máximos obtenidos con la aplicación de cargas máximas no representan riesgo para la estructura lo que garantiza la reducción de los errores granulométricos. Esto debido a que el uso del simulador apoya como medio de validación para este tipo de análisis [19]. Aplicando una carga de 1019 kg-f /m<sup>2</sup> sobre la estructura en la simulación, se observó que no existe deflexión alguna en el eje Z, lo cual garantiza que la estructura es capaz de soportar cargas.

### Resultado de la simulación

En la Fig. 13, se aprecia el esfuerzo realizado por los componentes de la estructura, aplicando una carga de 0,01 MPa, se identifican las zonas de menor esfuerzo con el color azul; por lo tanto, no se aprecia esfuerzo considerable para la carga aplicada en la estructura. Cabe precisar que la carga aplicada en la simulación está sobredimensionada, esto es equivalente a 1019 kg-f/m<sup>2</sup>, la carga que soportará la zaranda es de aproximadamente 390 kg máximo, en trabajo.

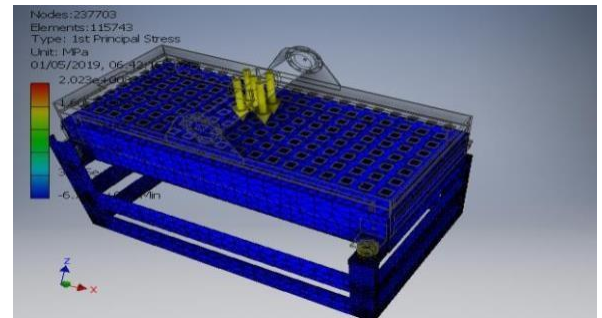


Fig. 13 Análisis de stress sobre estructura con carga estática.

En la tabla VI, se indica el resultado de los valores de la estructura que se ha desarrollado tales como los aspectos de trabajo normal y sometidos a máximo esfuerzo (*Stress*).

TABLA VI  
INFORMACIÓN EN BASE AL MATERIAL USADO EN  
LA ESTRUCTURA

Nombre	Acero Templado	
General	Densidad de la masa	7.85 g/cm <sup>3</sup>
	Fuerza de producción	207 MPa
	Resistencia a la tracción	345 MPa
Stress	Módulo de Young	220 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.275 ul
	Módulo de corte	86.2745 GPa

Además, el software entrega información en base al material usado en la estructura, en su mayoría de característica homogénea, al ser de acero ASTM A36, con densidad de 7.85 g/cm<sup>3</sup>, con un esfuerzo de fluencia de 207 MPa y un esfuerzo último de 345 MPa.

El módulo de Young o módulo de elasticidad longitudinal del material (220 GPa) y el módulo de corte (85.2745 GPa) forman parte del Stress de la estructura de la zaranda como se observa en la Fig. 14. Además, se aprecia el esfuerzo realizado por los componentes de la estructura, aplicando una carga de 0,01 MPa.

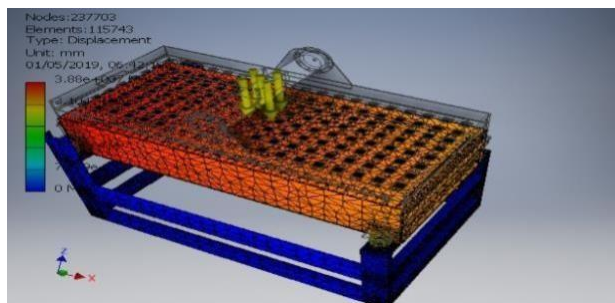


Fig. 14 Análisis de stress.

Según la simulación, se obtiene un desplazamiento máximo de la estructura superior, sobre los resortes de 20 mm como máximo. En la Fig. 14, se observa el desplazamiento de la bandeja al ser sometida a un esfuerzo de 0.01 MPa. Este dato es relativo al aplicarse una carga con frecuencia y velocidad variable. Por otro lado, la vibración sobre los resortes condiciona la movilidad y desplazamiento del producto.

En este trabajo, se utilizó el PLC; sin embargo, también se pueden utilizar otras alternativas como elemento principal de control [20]. Por otro lado, estudios como [21] evidencian que para la selección y tratamiento del grano de café utilizaron la inteligencia computacional y para el caso de la selección del tamaño de los pellets para alimento de peces se utilizaron sistemas de control para el análisis de imágenes [22]. Si bien estas tecnologías mencionadas resultan más costosas, en nuestro caso, la granulometría del maíz no tiene tantas exigencias en cuanto a la selección de granos (forma, contorno o textura), por lo que resulta menos costosa, así como un proceso de optimización con el menor tiempo.

Se observó también [23] que la reducción del consumo de energía y la distribución de tamaño de partículas óptimo para los cerdos (>100  $\mu\text{m}$ ) fue clave en la operación de molienda de alimentos; sin embargo, el proceso automatizado de la zaranda evidencia la optimización del proceso para beneficio de la alimentación en los pollos con una reducción temporal de 1 min. Incluso, para este trabajo se puede optimizar más con un sistema SCADA [24].

#### IV. CONCLUSIÓN

El proceso del diseño y automatización comprendió cinco etapas: diseño mecánico, desarrollo de la máquina, diseño eléctrico del sistema, cálculo de la fuerza de cilindros neumáticos y programación del Controlador Lógico Programable. Con el modelamiento matemático, se determinó la estabilidad del sistema en el tiempo y evitó frecuencias de vibración perjudiciales, lo que permite preservar la durabilidad de la zaranda. La automatización de la zaranda permitió reducir el tiempo en una relación de 10 a 1.

La aplicación del software Inventor 2019 facilitó los cálculos de construcción y minimizó los errores granulométricos referidos a los puntos más frágiles de la estructura, determinando la resistencia y durabilidad del equipo para la simulación del comportamiento mecánico de la zaranda.

El sistema eléctrico comprende una etapa de control y una etapa de fuerza. Por un lado, la etapa de control cuyo elemento principal es el PLC, el cual se comunica con el variador de frecuencia, sensores y actuadores. Por otro lado, la etapa de fuerza que está constituida por un motovibrador, un cilindro neumático y accesorios correspondientes, los cuales intervinieron directamente en el proceso.

El diseño y la automatización de la zaranda fueron favorables en cuanto al objetivo planteado, lo que indica que fue posible crear un sistema de selección variable granulométrica. Sin embargo, para la construcción de la zaranda el limitante fue la adquisición de los materiales e instrumentos en el mercado nacional con las especificaciones requeridas. Así mismo, para la construcción de la malla esta debe ser precisa y es necesario contar con talleres especializados.

Este trabajo se puede optimizar aún más aplicando técnicas de redes industriales unidas a un sistema SCADA que permitan el control y reporte en tiempo real de la operatividad. Así también se logra demostrar que los valores alcanzados, se aplicarían en la mayoría de las plantas de procesamiento de alimento para aves, lo que implica una producción en serie de la zaranda separadora con regulación granulométrica.

#### REFERENCIAS

- [1] R. Avilés, M. Villalba, C. Segura and I. Placeres, "Neutrosophic cognitive map for the analysis of the influence of productive yields and repotentialof quality systems in the industrial instrumentation process", *Revista Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas*, vol. 11, pp.73-80,2020.

- [2] Á. Mejía-Neira, D. Jabba, G. Caballero and J. Caicedo-Ortiz, "Influencia de la Ingeniería de Software en los Procesos de Automatización Industrial", *Informacion Tecnologica*, vol.30, no.5, pp. 221-230, 2019. doi:10.4067/S0718-07642019000500221
- [3] UNED, "Controladores Industriales Inteligentes", [http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion\\_de\\_referencia\\_ISE6\\_1\\_1.pdf](http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf), Revisado en julio 2021.
- [4] R. Azevedo, W. Tonini, L. BRAGA. "Óleo e torta de dendê em rações para juvenis de tilápia-donilo", *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol.48, no.8, pp.1028-1034, 2013.
- [5] J. Carvalho, R. Azevedo, A. Ramos, and L. Braga. "Agroindustrial byproducts in diets for Nile tilapia juveniles", *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol.41, no.3, pp.479-484, 2012.
- [6] S. Pereira, L. Gonçalves, R. Azevedo, M. Matiolo, M. Polese and P. Mendonça. "Corn granulometry in diets for tambaqui juvenile", *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, vol.17, no.2, pp. 299-310, 2016.
- [7] E. Andrade, N. Baião, L. Lara, J. Rocha, G. Brumano, M. Saldanha and A. Abreu. "Efeitos da granulometria e da forma física da ração sobre o desempenho de frangos de corte", *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, vol.68, no.2, pp. 483-488, 2016. doi:10.1590/1678-4162-8496
- [8] J. Filho, E. Garcia, O. Seraphim, E. Murakami, A. de Brito Molino and G. dos Santos, "Maize kernel size and texture: Production parameters, quality of eggs of the laying hens and electricity intake", *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, vol.37, no.3, pp. 301-306, 2015. doi:10.4025/actascianimsci.v37i3.25561
- [9] M. Silva, A. Furlan, I. Moreira, D. Paiano, C. Jobim and L. Barcellos. "Avaliação nutricional do milho com maior teor de óleo, nas formas de grãos secos e silagens, para suínos nas fases de crescimento e terminação", *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol.35, no.3, pp. 830-839, 2006.
- [10] Y. Singh, V. Ravindran, T. Wester, A. Molan and G. Ravindran. "Influence of feeding coarse corn on performance, nutrient utilization, digestive tract measurements, carcass characteristics, and cecal microflora counts of broilers", *Poultry Science*, vol.93, no.3, pp. 607-616, 2014. doi:10.3382/ps.2013-03542
- [11] INEN, "Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1515:2013", [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_1515.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1515.pdf), Revisado en febrero 2021.
- [12] FAO, "Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural", <http://www.fao.org/3/x5027s/x5027S04.HTM>, Revisado en octubre 2021.
- [13] R. Hibbeler, J. De la Cera and F. Hidalgo, "Mecánica vectorial para ingenieros: estática", Naucaupan de Juárez, SPA: Pearson Educación, 2004.
- [14] American Society for Testing and Materials, "ASTM A36", Washington D.C, USA : *Standard specification for Carbon Steel*, 1999.
- [15] Autodesk Inc, "Inventor 2019 [Software]", <https://latinoamerica.autodesk.com/products/inventor/overview>, Revisado en junio 2021.
- [16] Roydisa, "Noticias", <https://www.roydisa.es/archivos/2480>, Revisado en julio 2021.
- [17] FESTO, "Catálogo de productos para la automatización de procesos 2019", [https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/377670/Process\\_Automation\\_es\\_2019-05\\_low.pdf](https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/377670/Process_Automation_es_2019-05_low.pdf), Revisado agosto 2021.
- [18] FESTO, "Electroválvulas/válvulas neumáticas, ISO 15407-1", [https://www.festo.com/cat/eng\\_gb/data/doc\\_ES/PDF/ES/ISO15407\\_VS\\_VA\\_ES.PDF](https://www.festo.com/cat/eng_gb/data/doc_ES/PDF/ES/ISO15407_VS_VA_ES.PDF), Revisado en junio 2021.
- [19] E. Valenzuela and M. Rubio, "Cálculo de esfuerzos mediante simulación con elementos finitos: una herramienta para implementarse en ingeniería", *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, vol.4, no.34, pp. 70-78, 2020.
- [20] B. Mohammed-Al-hadithi, J. Perales-Gómez and A. Jiménez-Avello, "Control automático global sobre transporte neumático de productos en una planta de pastelería industrial", *Dyna*, vol.91, no.5, pp. 541-547, 2016. doi:10.6036/7848
- [21] C. Rosas-Echevarría, H. Solís and A. Cerna-Cueva, "Sistema eficiente y de bajo costo para la selección de granos de café: una aplicación de la visión artificial", *Ciencia Agropecuaria*, vol.10, no.3, pp. 347-351, 2019. doi: 10.17268/sci.agropecu.2019.03.04
- [22] S. Pereira, et al., "Granulometria do milho em rações para juvenis de tambaqui", *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, Salvador, vol.17, no.2, pp. 299-310, 2016. doi: 10.1590/S1519-99402016000200017
- [23] LYU, F., et al. "Size reduction in feed technology and methods for determining, expressing and predicting particle size: A review". *Animal Feed Science and Technology*, vol. 261, p. 114347.2020. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2019.114347
- [24] J. Juárez, J. Olmos and A. Canales, "Sistema SCADA adaptado para el control de la alimentación en animales de laboratorio", *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, no.16, pp. 143-165, 2020. doi: 10.51302/tce.2020.447