

Diseño de mezcladora automatizada para mejorar la productividad y la calidad del producto Engorde Hermelinda en la empresa Nutriaves S.A.C.

Design of an automated mixer to improve the productivity and quality of the product Engorde Hermelinda in the company Nutriaves S.A.C.

Projeto de um misturador automatizado para melhorar a produtividade e qualidade do produto Engorde Hermelinda na empresa Nutriaves S.A.C.

Geldres Marchena, Teodoro A.¹, León Ulloa, Jharol², Florián Santillán, Alexis³, Aguirre Alvarado, Evelyn⁴

Resumen

En este artículo se presenta el diseño de una maquina mezcladora de 1000 kg automatizada para el proceso de producción del alimento balanceado Engorde Hermelinda en la empresa Nutriaves SAC con el fin de mejorar la productividad de la maquinaria en su fase de mezclado y la calidad de los productos producidos. La investigación es de carácter no experimental y la metodología aplicada es cuantitativa. Para su elaboración, se utilizaron las fórmulas de volumen del cilindro y del tronco de cono que permitieron el cálculo de las dimensiones de su estructura, a su vez, se realizaron conversiones de unidades para obtener los tiempos de vaciado de cada uno de los ingredientes transportados mediante el sistema de tuberías que llenan al equipo. Asimismo, el circuito eléctrico con PLC S7-1212 y su programación se desarrolló con el programa CADE SIMU que también permitió comprobar el cumplimiento de todos los procedimientos que se desea que haga mediante su simulación. Finalmente, se concluyó que la productividad mejoro en un 50%, ya que aumento de 6.19 tn/h a 12.37 tn/h y, del mismo modo, se optimizo con la calidad debido a la consistencia y precisión de la automatización implementada que elimina por completo el error humano.

Palabras claves: *Mezcladora, alimento balanceado, automatización, productividad, calidad.*

Abstract

This article presents the design of an automated 1000 kg mixing machine for the balanced feed production process Engorde Hermelinda at the Nutriaves SAC company in order to improve the productivity of the machinery in its mixing phase and the quality of the products. products produced. The research is non-experimental and the applied methodology is quantitative. For its preparation, the volume formulas of the cylinder and the truncated cone were used that allowed the calculation of the dimensions of its structure, in turn, unit conversions were made to obtain the emptying times of each of the transported ingredients. through the system of pipes that fill the equipment. Likewise, the electrical circuit with S7-1212 PLC and its programming was developed with the CADE SIMU program, which also made it possible to verify compliance with all the procedures that it is desired to carry out through its simulation. Finally, it was concluded that productivity improved by 50%, since it increased from 6.19 tn/h to 12.37 tn/h and, in the same way, it was optimized with quality due to the consistency and precision of the implemented automation that eliminates by complete human error.

Keywords: *Mixer, balanced meal, automation, productivity, quality*

Resumo

Este artigo apresenta o projeto de uma máquina misturadora automatizada de 1000 kg para o processo de produção de ração balanceada Engorde Hermelinda na empresa Nutriaves SAC com o objetivo de melhorar a produtividade do maquinário em sua fase de mistura e a qualidade dos produtos produzidos. A pesquisa é não experimental e a metodologia aplicada é quantitativa. Para sua elaboração, foram utilizadas as fórmulas de volume do cilindro e do

¹ Escuela de Ingeniería Industrial. Maestro. Universidad Privada del Norte. Trujillo. Perú. ryan.leon@upn.edu.pe.
<https://orcid.org/0000-0002-0599-0141>

² Escuela de Ingeniería Industrial. Estudiante. Universidad Privada del Norte. Trujillo. Perú. jharoledu@gmail.com.
<https://orcid.org/0000-0001-6429-5934>.

³ Escuela de Ingeniería Industrial. Estudiante. Universidad Privada del Norte. Trujillo. Perú. alexisflorian2001@hotmail.com.
<https://orcid.org/0000-0002-4341-9499>.

⁴ Escuela de Ingeniería Mecánica. Estudiante. Universidad Privada del Norte. Trujillo. Perú. jessenia.aguirre99@gmail.com.
<https://orcid.org/0000-0002-4134-768X>.

cone truncado que permitieron el cálculo de las dimensiones de su estructura, por su vez, fueron hechas conversiones de unidades para obtener los tiempos de esvaziamento de cada uno de los ingredientes transportados. tubos que enchen el equipo. De la misma forma, el circuito eléctrico con CLP S7-1212 y su programación fue desarrollado con el programa CADE SIMU, que también permitió verificar el cumplimiento de todos los procedimientos que se desearon realizar a través de su simulación. Por fin, concluyóse que la productividad mejoró en 50%, pues pasó de 6,19 tn/h para 12,37 tn/h e, de la misma forma, fue optimizada con calidad debido a la consistencia y precisión de la automatización implementada que elimina completamente el error humano.

Palabras-chave: *Misturador, alimentación balanceada, automatización, productividad, calidad.*

Introducción

En la actualidad, los mercados son extremadamente competitivos, por motivo de que muchas de las empresas han desarrollado grandes avances tecnológicos en sus líneas de producción al implementar la automatización. Lo que, a estas compañías les genera una gran ventaja frente a otras que recién están empezando o que no han mejorado sus procesos, puesto que pueden fabricar lo mismo que ellos con un menor costo de trabajo y recursos, ya que, sus sistemas industriales están programados y calibrados para llevar a cabo tareas repetitivas de manera eficiente. Bajo esta premisa, la automatización de procesos industriales puede considerarse primordial para una empresa y su posición en el mercado en todo tipo de sectores. Pradas (2020) señala que su importancia radica alrededor de un concepto fundamental, la eficiencia. La cual, impacta en todos los aspectos de una compañía, generando beneficios como el aumento de su productividad sin que caigan con el tiempo, la reducción de costos, reducción de accidentes laborales garantizando la seguridad del operario, mejora de la calidad y consistencia del producto producido eliminando variabilidad.

A través de los años, la automatización se ha vuelto fundamental en diversas organizaciones. Silva, Hernández, Vásquez, Pérez, y Torres (2017) mencionan que a nivel mundial existe una creciente tendencia de su aplicación en la industria, ya que les genera grandes mejoras. Las cuales, se ven reforzadas a continuación por diversos autores que la han implementado dentro de una empresa y dan datos interesantes. Según Gupta, Barlow y Chapman (2011) quienes automatizaron un mezclador de alimentos para bovinos con el fin de mejorar la eficiencia, calidad y consistencia de la mezcla. En cambio, Chen, Wang y Deng (2014) diseñaron un nuevo tipo de mezcladora especializada en la producción de escabeches, para mejorar la productividad, controlar el sabor y el estado del producto; reduciendo el esfuerzo físico y los costos en mano de obra. A su vez, Harikrishnan, Rajeswaran, Sathish y Dinesh (2020) optimizaron la competitividad de la empresa Poly-covers identificando el cuello de botella en el área de embalaje para proponer un balance de líneas y la automatización que permitió un ahorro de 7.2 Lakhs por mano de obra al año.

Además, Calderón, Chuquimarca, Salinas, Salinas, Rivera y Betancourth (2018) en la empresa Sureñita diseñaron, simularon e implementaron un sistema de automatización para una máquina trituradora de plantas medicinales en la industria local, logrando una mejora significativa en las actividades del trabajador, manejando la máquina desde un panel de control. Asimismo, Cañas y Jaime (2020) concluyeron que al emplearlo en dos procesos de la Granja Cunicola Autosustentable en el Municipio de Mutiscua – Colombia, las validaciones de datos censados y actuaciones estuvieron en el rango de los valores esperados, mejorando la eficiencia, minimizando la contaminación y costos de energía.

Por otro lado, Fernández y Quintero (2014) diseñaron y construyeron una mezcladora que puede ser ubicada e instalada en cualquier parte de un taller de metalmecánica fácilmente. Por otro lado, Analuisa y Toasa (2018), para disminuir la sobrecarga laboral de los operarios en la microempresa avícola San Nicolas, redujeron los tiempos de mezclado, considerando una capacidad de 500 kg, un motor de 5HP y una velocidad de 30 rpm de las hélices, logrando así 3 minutos exactos en ese proceso. Mientras, Chang y Lin (2015) implementaron un sistema de control mediante un PLC para el mezclado de caucho, pudiéndose gestionar recetas, organizar los flujos y monitorear el funcionamiento que permiten mantener una alta estabilidad y mejorar la eficiencia de la producción.

Asimismo, Altamirano y Ramos (2020) concluyeron que la planta molino el Milagro de la empresa Chimú Agropecuaria S.A. tenía una confiabilidad del 36.42%. y que para solucionarlo tuvieron que implementar en la mezcladora sensores de nivel NG3100, cable UWT, sensor de peso LTI laser Sensovant, pistones neumáticos de lineales y PLC SIMATIC S7-400 modelo 416-2, con un amperaje

de 3A y frecuencia 60Hz. Y, desarrollar la programación del área de medición, dosificación y mezclado, para cada tipo de producto, diseñando 10 diagramas automatizados en el lenguaje Ladder, utilizando el software TIA. Además, es importante mencionar a Ruesch (2017) quien para dar solución a la problemática de retrasos de 1.5 a 1.8 minutos de una empresa comercializadora de alimento balanceado automatizo todo ese proceso con un PLC Allen-Bradley para un margen de error en los motores de 3 a 5 segundos, mejorando la calidad por cada Batch en un 98%. En cambio, Garcia (2016) diseño un prototipo de varias frecuencias, controlada por un variador de velocidades.

Asimismo, Echeverry, Rodríguez, Montoya y Alzate (2016) en su diseño y fabricación de máquinas con enfoque PLM demostró ser eficaz y eficiente en el uso de tiempo y recursos, permitiendo guiar a los equipos de trabajo académicos a través de un proceso iterativo con alta flexibilidad y dinamismo sin perder trazabilidad de la información. En cuanto a Herrea y Becerra (2014), pudieron establecer una forma de ver la simulación de un proceso productivo de manera sencilla a través de una guía metodológica y sistemática.

En relación con los alimentos balanceados; Luque (2019) indican que el principio básico del mezclado es combinar cada ingrediente en forma homogénea, para que el animal que la consuma obtenga todos los nutrimentos en las cantidades necesarias para crecer óptimamente. Además, los aditivos y micronutrientes son los más críticos y deben estar presentes en el producto, en raciones adecuadas para proporcionar la protección o función que tienen, de lo contrario, hay posibilidad de enfermedades como coccidios y diarreas. Con respecto a los tipos de mezcladoras de alimento balanceado, Manya (2014) menciona que las horizontales tienen un canal en forma de “U” que mediante la ayuda de las cintas helicoidales empuja lentamente el producto hacia atrás, mientras la otra lo manda hacia adelante gracias al efecto de turbulencia. No obstante, de acuerdo con Pérez (2019) las verticales son más baratas, al funcionar solo un pequeño porcentaje del alimento es movido permitiendo un mezclado uniforme y como la tolva queda un nivel arriba del piso, se deja al descubierto la boca de alimentación del gusano, logrando realizar una limpieza profunda a la hora de cambiar de fórmula. Además, Martínez (2018) recomienda que solo debe usarse el 85% de su capacidad. En cuanto al programa Cade SIMU, este permite dibujar esquemas electrotécnicos e insertar los distintos símbolos organizados en sus librerías, los cuales se pueden simular para observar su funcionamiento (Márquez, 2020).

La empresa Nutriaves SAC, dedicada a la producción y venta al por mayor y menor de alimentos balanceados para animales de granja y ha mantenido una buena reputación en la localidad de Las Delicias, Distrito de Moche, en la ciudad de Trujillo – La Libertad. En el mercado demandante ofrece diversos productos, entre ellos el más importante es el Engorde Hermelinda para gallinas. La venta se realiza por sacos de 50 kg y tienen exigentes estándares de calidad para la satisfacción de sus clientes. No obstante, esta compañía necesita mejorar su línea de producción implementando la automatización en su fase de mezclado, ya que la maquinaria que utiliza actualmente le genera un cuello de botella por su baja capacidad y es la que define los parámetros de calidad de los productos fabricados.

Por esas razones, la problemática es ¿Diseñando una máquina mezcladora de 1000 kg automatizada, se podrá mejorar la productividad y la calidad del alimento balanceado Engorde Hermelinda en la empresa Nutriaves SAC?

El objetivo general del trabajo de investigación es diseñar una máquina mezcladora de 1000 kg automatizada para el proceso productivo del alimento balanceado Engorde Hermelinda en la empresa Nutriaves S.A.C. Asimismo, se busca que se cumpla con todos los procedimientos programados en el circuito eléctrico con PLC al simularlo en el programa CADE-SIMU. También, mejorar la productividad de la maquinaria y la calidad de los productos producidos aumentando la consistencia y precisión que eliminan el error humano en la fase de mezclado.

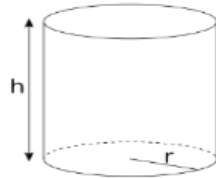
El trabajo de investigación sirve de apoyo académico a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, para así generar nuevos conocimientos significativos y emplearlos en la vida laboral. Además, éste permite explorar el diseño de una máquina automatizada para la mejora la productividad y la calidad de los productos o servicios ofrecidos por una empresa.

Material y métodos

La investigación es de carácter no experimental, ya que solo se desarrolló el diseño de una mezcladora de 1000 kg automatizada. y la metodología aplicada es cuantitativa. La población es el mezclado de la variedad de productos de la empresa Nutriaves SAC y la muestra es el producto Engorde Hermelinda para gallinas.

Diseño de estructura: el desarrollo del diseño de estructura de la maquina mezcladora de 1000 kg se realizó teniendo en cuenta las siguientes ecuaciones 1 y 2:

Volumen del cilindro



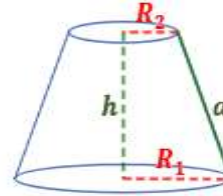
$$V = \pi * r^2 * h \quad (1)$$

Donde:

r: radio del cilindro

h: altura del cilindro

Volumen del tronco de cono



$$V = \frac{h*\pi}{3} * (R1^2 + R2^2 + R1 * R2) \quad (2)$$

Donde:

R1: radio mayor

R2: radio menor

h: altura del cilindro

Se considero que la densidad del alimento balanceado Hy Line es 555 kg/m³ y para garantizar un buen mezclado de los alimentos se debe llenar el 85% de la capacidad de la maquina según referencia (Martínez, 2018). A partir de esa información se calculó que el volumen ocupado por 1000 kg del producto es 1.80 m³ y por lo tanto se contendrá 2.12 m³. De esta manera, las dimensiones de la estructura de la maquina mezcladora se calculó a partir de las ecuaciones 1 y 2 y se muestran en la tabla 1 para cada parte de la máquina, el cuerpo, la compuerta de salida, el gusano helicoidal y el motor electrico, y a continuación su respectivo diseño mostrado en la figura 1.

Tabla 1. Dimensiones de la maquina mezcladora

Medidas del cuerpo:	Compuerta de Salida:
- Radio Mayor (R1): 0.62 m	- Largo: 20 cm
- Radio Menor (R2): 0.21 m	- Ancho: 10 cm
- Altura Mayor (H1): 1.50 m	Gusano Helicoidal:
- Altura Menor (H2): 0.80 m	- Diámetro con hélices y propelas: 45 cm
- Volumen 1: 1.81 m ³	- Eje: Cedula de 80 de 1 ½ pulg.
- Volumen 2: 0.47 m ³	- Largo del eje: 2.40 m
- Volumen Total: 2.28 m ³	Motor:
	- Potencia: 25 HP
	- Velocidad: 1730 rpm

Nota: Datos recopilados del diseño

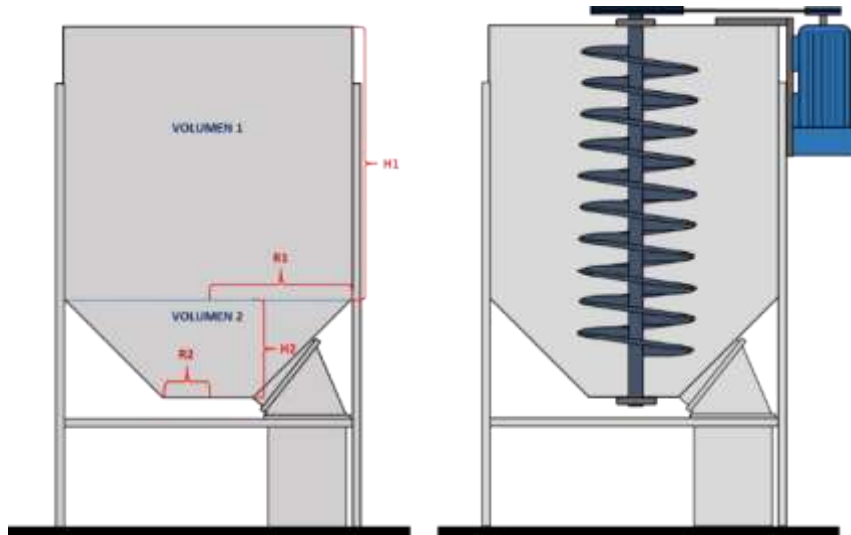


Figura 1.
 Diseño de la estructura de la maquina mezcladora

Con respecto a las tuberías que se encargaran de dirigir los ingredientes de los productos a producir a la maquina mezcladora para su llenado, se los diseños de la siguiente manera:

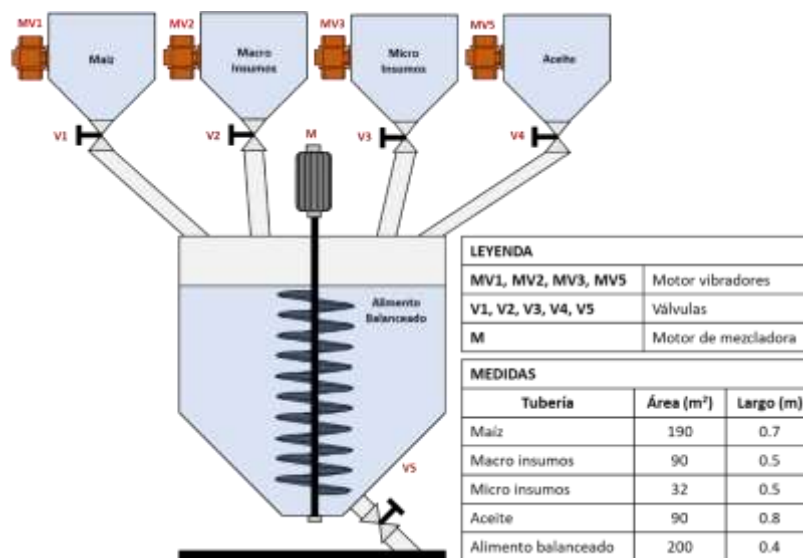


Figura 2.
 Diseño de tuberías para el llenado de la mezcladora

La figura 2 presenta el sistema de tuberías con sus medidas respectivas que están conectadas a 4 contenedores que almacenan los ingredientes que se vaciarán al abrir sus válvulas. Asimismo, cada uno de ellos tendrá instalado un motor vibrador de 4 hp que al funcionar evitaran que queden sobras de los recursos (mermas) durante el llenado de la mezcladora.

En cuanto al cálculo del tiempo de vaciado de cada ingrediente, estos se realizaron mediante el uso de las siguientes ecuaciones 3 y 4.

Volumen Requerido de cada ingrediente

$$\frac{\text{Cant.del ingrediente en kg}}{\text{Densidad del ingrediente en kg/m}^3} \quad (3)$$

Tiempo de llenado

$$\frac{\text{Vol.requerido del ingrediente en m}^3}{\text{Caudal del ingrediente en m}^3/\text{seg}} \quad (4)$$

En la tabla 2 se presenta la proporción que se necesita de cada ingrediente, dadas por la empresa Nutriaves S.A.C., con su propia densidad y caudal necesario, consideradas solo para la obtención del

producto Engorde Hermelinda de la línea Hy Line, ya que actualmente es el alimento balanceado para gallinas más vendido de la empresa, estos datos se utilizaron en la ecuación 1 y 2 y permitieron el cálculo de los tiempos de vaciado para cada válvula del 1 al 5.

Tabla 2:

Tiempo de vaciado de cada válvula según el ingrediente

Válvula	Ingredientes	Proporción (kg)	Densidad (kg/m ³)	Caudal (m ³ /s)	Volumen Requerido (m ³)	Tiempo (s)
V1	Maíz	666.73	650	0.114	1.03	9.00
V2	Macro Insumos	314.73	420	0.054	0.75	13.88
V3	Micro Insumos	2.54	310	0.0016	0.01	5.12
V4	Aceite	16	840	0.019	0.02	1.00
V5	Alimento balanceado	1000	555	0.086	1.80	20.93

Diseño Eléctrico: Se elaboro un diagrama de flujo del funcionamiento del circuito eléctrico con PLC y su programación para la realización automática del proceso de mezclado, cuyo tiempo de ciclo debe ser de 4.83 minutos.

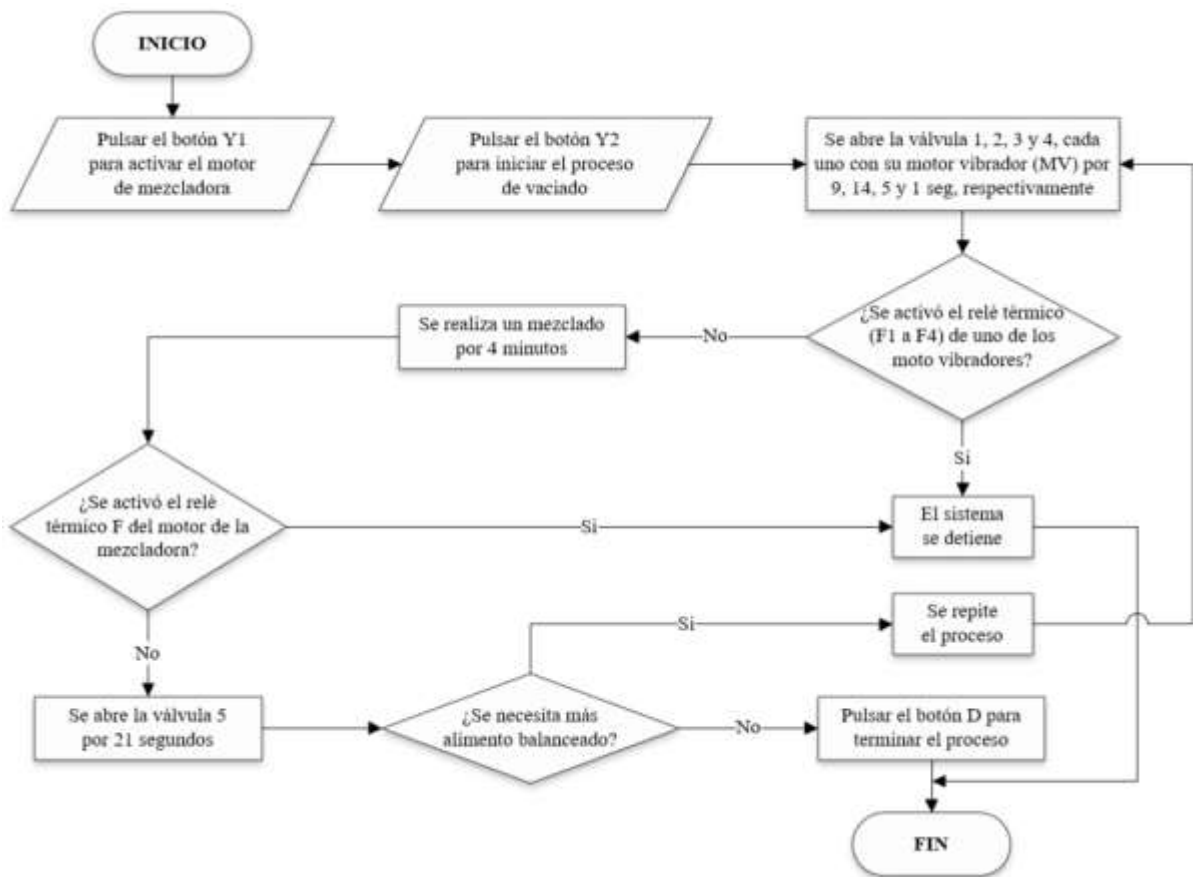


Figura 3.

Diagrama de flujo del proceso de mezclado de los ingredientes de la línea Hy Line

Mediante el diagrama de flujo mostrado en la figura 3 se procedió a desarrollar el diseño eléctrico en el programa CADE_SIMU, como se muestra en la figura 4 y 5.

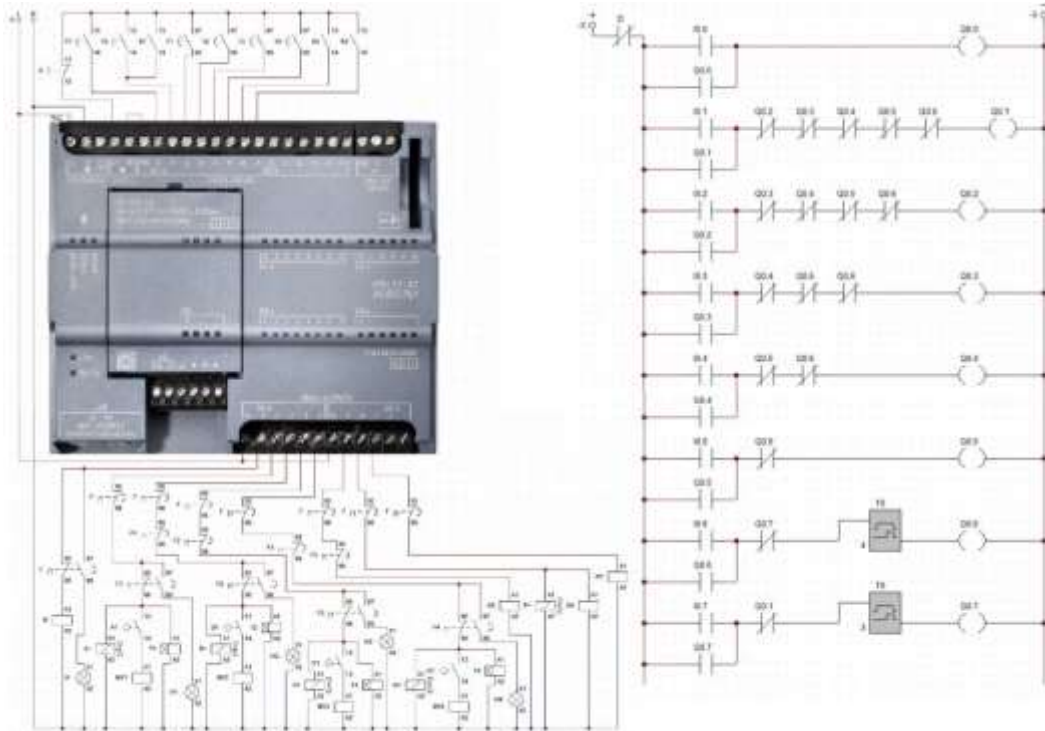


Figura 4.

Diseño del circuito eléctrico con PLC y su programación para el proceso de mezclado

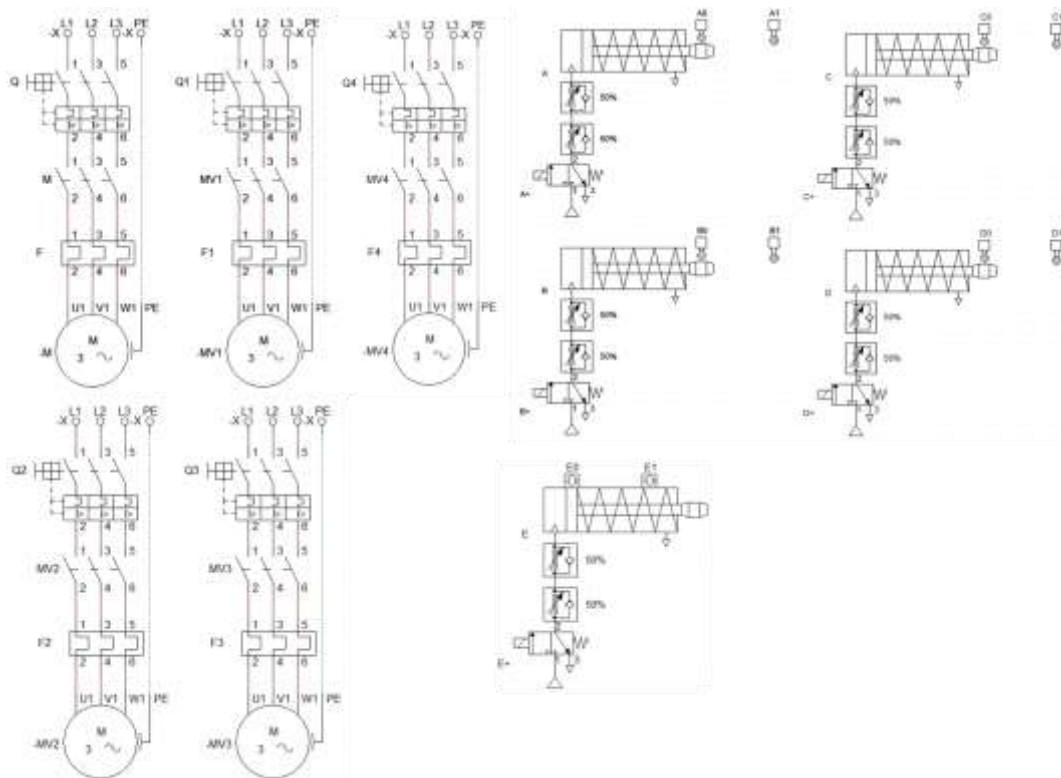


Figura 5.

Programación para el proceso de mezclado

Resultados

El diseño de estructura de la maquina mezcladora permite aumentar la capacidad de proceso en la fase de mezclado de la empresa Nutriaves SAC de 500 kg a 1000 kg. Asimismo, el circuito eléctrico con

PLC elaborado en el programa CADE_SIMU, al simularlo se comprobó que si realiza todos los procedimientos programados en un tiempo de ciclo de 4.83 min, de manera secuencial.

Con el dato anterior, se calculó que se realiza una cantidad de procesos por hora de 12.42 en la fase de mezclado. En la cual, actualmente, la empresa Nutriaves SAC, tiene una productividad de maquinaria de 6.19 tn/h que le ocasiona un cuello de botella en su producción. Nos obstante, si se llega a implementar el prototipo diseñado, esta aumentaría hasta 12.42 tn/h, que es una mejora del 50%, según se muestra en la figura 5.

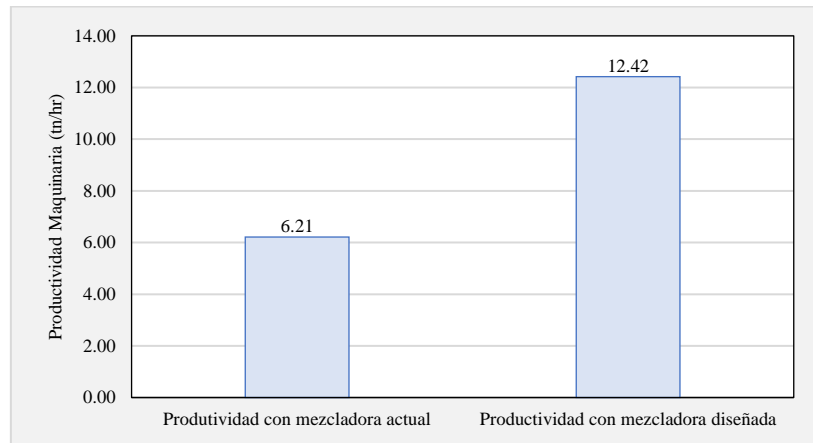


Figura 5.

Productividad de la maquinaria en la fase de Mezclado (Actual y con prototipo diseñado)

En cuanto a la calidad de los productos Hy Line, resultaría en una buena mejora por la consistencia o estandarización que se dará en el proceso, ya que por la programación en el sistema se podrá realizar una actividad repetidas veces, con las mínimas variaciones. Esto garantiza, a su vez, mayor precisión al momento de seguir las fórmulas de los alimentos balanceados a producir, eliminando el error humano y esfuerzo físico.

Discusión

Durante el desarrollo del diseño eléctrico para la automatización de la mezcladora, se encontró que Salazar (2012) uso un PLC LOGO para controlar los tiempos en el que los motores extraen los ingredientes para llenar su maquinaria y también del motor que mezcla. En cambio, Ruesch (2017) utilizo un PLC Allen-Bradley para reducir los retrasos de producción. Pero, al final, se decidió aplicar un PLC S7 – 1212 y relés temporizadores.

En cuanto al tiempo de ciclo optimo del procedimiento de mezclado para la obtención de los alimentos Hy Line, de acuerdo con Pérez (2019) es aproximadamente 4 minutos, para Fernández y Quintero (2014) el adecuado es 5 minutos, dato que coincide con Altamirano y Ramos (2020). De esta manera, es como durante la programación del circuito eléctrico con PLC el periodo por cada proceso quedo en 4.83 minutos.

Con respecto a la productividad, Chen, Wang y Deng (2014) con Luque (2019) mencionan que pudieron mejorar la productividad de sus maquinarias, aunque no especificaron un valor numérico. Dato que, en este caso, si se pudo calcular, debido a que se conoce la capacidad aumentada en la mezcladora diseñada, mejorando el índice de 6.19 tn/hr a 12.37 tn/hr en esa fase de producción de la empresa.

En base a ello, es como se garantiza un buen parámetro para la calidad de los alimentos Hy Line ofrecidos por la empresa. Obteniendo resultados similares para este aspecto con los autores anteriormente mencionados, puesto que la automatización les permitió estandarizar sus procesos secuenciales, siendo más precisos para la homogeneidad del mezclado de ingredientes y eliminado los errores que a veces cometen los operarios.

Conclusiones

Se diseño la maquina mezcladora automatizada para la fase de mezclado del área de producción en la

empresa Nutriaves SAC permitirá procesar hasta 1000 kg de ingredientes para la obtención del alimento balanceado Hy Line, pudiéndose aumentar la capacidad que antes era 500 kg.

El prototipo diseñado pudo realizar todos los procedimientos programados en el circuito eléctrico con PLC al simularlo en el programa CADE_SIMU. Cumpliendo con los tiempos de vaciado de cada ingrediente y del contenedor del equipo al abrir sus válvulas, los cuales más el tiempo de mezclado dan un tiempo de ciclo de 4.83 minutos, que es el deseado.

Si se implementa el prototipo diseñado en la fase de mezclado del área de producción de la compañía, se llegará a aumentar la productividad de la maquinaria de 6.19 tn/hr a 12.37 tn/hr, es decir, se mejorará en un 50% ese indicador. Siendo muy beneficioso para la empresa, ya que reduciría ese cuello de botella que siempre se le generaba al fabricar los alimentos balanceados Hy Line.

Del mismo modo, se mejoraría la calidad de los productos producidos, ya que la automatización del prototipo diseñado permitirá mayor consistencia en la realización de los procesos de mezclado secuenciales, mayor precisión al seguir las fórmulas de los alimentos a elaborar, eliminando por completo el error humano y esfuerzo físico que se realiza actualmente.

Referencias

- Altamirano, F & Ramos, J (2020). *Diseño de un sistema de control y monitoreo para la medición, dosificación y mezclado de insumos para la preparación de alimentos balanceados*. Tesis de Título Profesional. Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.
- Analuisa, C & Toasa, Hugo (2018). *Implementación de una máquina mezcladora para balanceado en la microempresa avícola San Nicolas ubicada en la parroquia San Buenaventura*. Engineering Innovations for Global Sustainability. Tesis de Título Profesional. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.
- Calderón, C.; Chuquimarca, E.; Salinas, L.; Salinas B.; Rivera, J. & Betancourth; C. (2018). *Automatización de una máquina trituradora de hierbas medicinales aplicado a la pequeña industria alimenticia*. Iberian Conference on Information Systems and Technologies, pp. 1-7.
- Cañas, J. & Jaimes, L. (2020). *Automatización de la producción de Forraje Verde Hidropónico y Abono Orgánico en la Granja Cunicola Autosustentable en el Municipio de Mutiscua-Colombia*. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Información, E25, 489-504.
- Echeverry, M.; Rodríguez, A.; Montoya, E. & Alzate, F. (2016). *Diseño y fabricación de máquinas con enfoque PLM: Caso de estudio máquinas de mecanizado CNC en la facultad de ingeniería*. 14th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: Engineering Innovations for Global Sustainability”, 20-22 Julio 2016, San José, Costa Rica.
- Castillo, K & Villena, L- (2016). *Estudio y análisis de la etapa de dosificación y mezclado para mejorar la medición de la cantidad de insumos y el tiempo de mezclado en el proceso de alimentos balanceados de pollos en la empresa el rocío s.a. en el periodo marzo – junio 2016*. Tesis de Título Profesional. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Chang, C. & Lin, J. (2015). *Implementation of Automatic Control System: A Case Study of Rubber Mixing Machine*. IEEE Xplore, pp. 18-21.
- Chen, S. A., Wang, J. G., & Deng, X. Q. (2014). *The Design of New Type Food Mixer*. Advanced Materials Research, Vol. 951, pp. 71-75.
- Fernández, C. & Quintero, V. (2014). *Diseño y construcción de una mezcladora de alimento balanceado para pollo parrilleros. Máquina con una capacidad de 1000 Kg/hr*. Tesis de Título Profesional. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador
- García, A. (2016). *Diseño de una máquina mezcladora de alimentos con diferentes frecuencias destinada al gremio de pequeños productores de animales en el recinto San Luis, del Cantón Mocache 2015*. Tesis de Título Profesional. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.

- Herrera, J. & Becerra, A. (2014). *Diseño General de las Etapas de Simulación de Procesos con Énfasis en el Análisis de Entrada*. LACCEI'2014. Recuperado de: <http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RefereedPapers/RP152.pdf>
- Gupta, G. S., Barlow, P., & Chapman, R. (2011, January). *Development of an automated cattle feed mixer*. In 2011 Sixth IEEE International Symposium on Electronic Design, Test and Application, pp. 199-204.
- Harikrishnan, R., Rajeswaran, M., Kumar, S. S., & Dinesh, K. (2020). *Productivity improvement in poly-cover packing line through line balancing and automation*. *Materials Today: Proceedings*, 33, 102-111.
- Luque, E. (2019). *Diseño de una máquina mezcladora de alimento balanceado para pequeñas granjas ganaderas*. Tesis de Título Profesional. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Manya, D. (2014). *Máquina mezcladora de alimento balanceado para la elaboración de bloques multinutricionales*. Tesis de Título Profesional. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Salazar, H. (2013). *Mezclador y dosificador de bajo costo de alimento para pollos*. Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte. Recuperado de: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/1916>
- Díaz, L., López, Y., PeñaI, A., Pérez, O. y Torres, D. (2017). *Diseño de un sistema de automatización para la planta de alimento ensilado "Héctor Molina"*. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542017000400010
- Martínez, R. (2018). *Tecnología moderna de la elaboración de alimentos balanceados para animales*. Tesis de Título Profesional. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- Pérez, L (2019). *Propuesta de diseño de máquina mezcladora de pienso para el municipio san Luis, Santiago de Cuba*. Tesis de Título Profesional. Universidad de Holguín, Holguín, Cuba
- Márquez, R. (2020). *Conoce Cade Simu, un programa muy útil para elaborar esquemas eléctricos*. Windtux. Recuperado de: <https://windtux.com/cade-simu-programa-esquema-electrico/>
- Pradas, A. (2020). *La importancia de la automatización de procesos industriales | 5 beneficios*. EDS Robotics. Recuperado de: <https://www.edrobotics.com/blog/automatizacion-procesos-industriales/>