

Diseño y construcción de un procesador de alimentos para elaboración de canastillas de patacón de diferentes tamaños*

Design and Construction of a Food Processor to Prepare *Patacón* Baskets of Different Sizes

Jhon Lewis Lora ^{ac}, Jorge Andrés Jaimes ^{ad}, Hernando González ^{be}

^a Ingeniero de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia

^b Magister de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia

^c jlora771@unab.edu.co

^d jjaimess333@unab.edu.co

^e hgonzalez7@unab.edu.co | <https://orcid.org/0000-0001-6242-3939>

Citation: Lora, J. L., Jaimes, J. A., y González, H. (2023). Diseño y construcción de un procesador de alimentos para elaboración de canastillas de patacón de diferentes tamaños. *Mutis*, 13(2).1- 12.
<https://doi.org/10.21789/22561498.1941>

Recibido: 25 de noviembre de 2022

Aceptado: 13 de febrero de 2023

Copyright: © 2023 por los autores. Licenciado para *Mutis*. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

RESUMEN

El artículo presenta el diseño y construcción de un procesador de alimentos para la elaboración de canastas de patacón de distintos tamaños. El diseño tiene en cuenta la normativa para el procesamiento de la materia prima que, en este caso, es plátano precocido. Se realiza el modelamiento y análisis del sistema neumático para determinar la fuerza requerida para la elaboración de la canasta de patacón y todos los componentes neumáticos del prototipo. La máquina es controlada por un PLC de la marca Mitsubishi con referencia FX1N-20MR. En la etapa de validación se estableció la capacidad de producción y el tiempo de operabilidad de la máquina.

Palabras clave: procesador de alimentos; sistema neumático; PLC Mitsubishi; ingeniería.

ABSTRACT

This article presents the design and construction process of a food processor made to prepare baskets of different sizes of *patacón*. The design considers the regulations for the processing of the raw material which, in this case, is pre-cooked plantain. The modeling and analysis of the pneumatic system was conducted to determine the force required to elaborate the *patacón* basket and all the pneumatic components of the prototype. The machine is controlled by a Mitsubishi brand PLC with reference FX1N-20MR. In the validation stage, the production capacity and the operating time of the machine were determined.

Keywords: food processor; pneumatic system; Mitsubishi PLC; engineering.

*Una versión inicial del texto se publicó en https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/15314/2021_Tesis_Jhon_Lora_Chincha.pdf?isAllowed=y&sequence=4

INTRODUCCIÓN

En Bucaramanga y su área metropolitana el sector de los restaurantes crece cada día más. Según un estudio de la Cámara de Comercio, hasta 2016 se reportaron 4 811 empresas dedicadas a la actividad de restaurantes, y hoy se estima que esta cifra es mucho mayor (Cámara de comercio de Bucaramanga, 2020). Constantemente, estas empresas realizan una actualización de su menú de productos y con ello surge la necesidad de implementar tecnología eficiente que las sitúe más cerca de su mercado objetivo, además de flexibilizar el procesamiento de materia prima con el fin de aumentar factores como calidad, nivel de producción y garantizar a los empleados seguridad laboral. Dentro de la etapa de procesamiento de materia prima en el sector alimenticio se encuentran labores como la recolección, corte, despulpado, manipulación, entre otras, que permiten obtener finalmente un producto para su comercialización. En el caso de los pequeños y medianos productores no se dispone de maquinaria automatizada en cada uno de los procesos mencionados, sino prototipos artesanales que implican procesos no óptimos de higiene, producción, rentabilidad y seguridad del operario.

Entre los establecimientos con la necesidad de aumentar estos factores, se encuentra la empresa PATACOMA EXPRESS ubicada en el municipio de San Juan de Girón, municipio del área metropolitana de Bucaramanga (Santander) que se dedica a la elaboración de patacones tipo canastilla. De este proceso hace parte fundamental una máquina manual de fabricación artesanal de baja eficiencia en cuanto a producción, automatización y materiales óptimos se refiere. El artículo describe la construcción de una máquina automatizada para el procesamiento y elaboración de alimentos tipo canastilla de patacón de acuerdo con los requerimientos de la empresa PATACOMA EXPRESS S.A.S, teniendo en cuenta que la materia prima es por naturaleza poco maleable, por lo cual se dificulta la fabricación masiva y preservación del producto; además, por la geometría solicitada se deben especificar factores de la máquina como la presión ejercida en la materia prima, velocidad de corte, espesor de pared; y asegurar la forma estandarizada de cada producto, disminuir la pérdida de materia prima que se pega a los moldes y disminuir la dificultad para extraer las canastillas.

En la industria alimentaria se han realizado distintos proyectos similares, como es el caso la patente del año 2016 por Chris Farrant de una máquina de prensa para presionar alimentos en formas preseleccionadas, ofreciendo una forma diferente de prensa donde la máquina tiene un dispositivo tipo mandíbula. El elemento es libre de girar alrededor de una conexión pivotante a lo largo de una trayectoria curva entre una posición cerrada y una posición abierta (Farrant, 2016). También se puede ver el caso del sistema automatizado para procesadores de alimentos tipo patacón, diseñado por estudiantes de ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas a lo largo de una pasantía en el año 2017, quienes presentan el diseño con el software de ABB, además de una interfaz hombre máquina que permite observar el proceso en tiempo real. El trabajo describe los materiales a usar en este tipo de máquinas al igual de sensores de muy alta calidad, materiales inoxidables como el acero y el nylon, motores reductores trifásicos de tipo sinfín para alargar su duración (Barrera, 2017).

Otra referencia es el diseño de una máquina automática de prensado y moldeado de tofu para la industria doméstica presentado en 5.º Congreso Internacional de Ingeniería Eléctrica, Electrónica e Información en el 2017. La máquina tiene especificaciones de acero inoxidable 201, grado alimenticio, presión de aire de 4-6 bares, vástago neumático

de pistón con un diámetro de 40 y 32 mm, y un microcontrolador empotrado. Los resultados mostraron que el uso de la máquina automática podría mejorar la calidad y cantidad de la producción de tofu. Se desarrolló para producción en masa y equipada con múltiples sensores ultrasónicos. Los sensores se utilizaron para el control de calidad en la producción de tofu. Sus funciones son controlar el volumen de tofu que entra en el espacio de moldeo y dar retroalimentación para mover el cilindro neumático. El diseño y el modelo de la máquina se adaptan a la escala de la industria doméstica, lo que permite competir con la industria del tofu a gran escala (Fadillah, 2017). Por otra parte, los estudiantes de la Universidad de Vanderbilt, Nashville, en el año 2018 presentaron un prototipo de endoscopio continuo desechable de bajo costo basado en un diseño de actuador de fuelle paralelo accionado por pistón.

El concepto de STIFF-FLOP en el que la actuación basada en tendones se integraba en manipuladores blandos accionados neumáticamente con el fin de dar rigidez. Para controlar con precisión la posición del pistón, se implementó un sistema de actuación electromecánica. El pistón de cada jeringa está conectado directamente a una cremallera de accionamiento correspondiente y el cilindro se mantuvo asegurado. Los resultados mostraron que el método de compensación de actuación propuesto mejoró la precisión de la orientación (Garbin et al., 2018). Actualmente en el mercado colombiano se pueden encontrar diversos tipos de máquinas pataconeras industriales entre ellas las producidas por la empresa GRUENN que se basa en normas de manufactura en ingeniería alemana; en consecuencia, sus precios son elevados ya que oscilan entre \$13 000 000 COP y \$55 000 000 COP (Gruenn S.A.S, 2022).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del proyecto se empleó la metodología V, que está dividida en cinco etapas y enfocada principalmente en la fase de validación (Gonzalez, et. al, 2011). Cada nivel está conformado por sus respectivas actividades que permiten la ejecución del proyecto.

Definición de requerimientos

Para dar inicio al proceso, se solicitaron las cartas de requerimiento y apoyo económico por parte de la empresa asociada donde el cliente solicita que se elaboren canastas de patacón con la geometría de vasos desechables de 6 Oz y de 8 Oz que tengan un espesor de 5 mm. Además, que se elaboren patacones pisados de 5 mm de grosor y se solicita un nivel de producción de 16 canastillas de producto por minuto. De acuerdo con esto, se realizó la inspección de la máquina artesanal utilizada por la empresa, en busca de fallencias, encontrando así el incumplimiento de la normativa legal vigente del INVIMA en lo que a materiales refiere, el nivel de producción bajo respecto a la demanda, la adhesión de materia prima debido a su material de fabricación (madera), el desgaste de la máquina por varios años de uso y, por último, el riesgo de que el operador desarrolle enfermedades o se fracture debido a la repetibilidad del trabajo (lesión del túnel carpiano) (Rosero, 2020).

Diseño funcional y técnico

Teniendo en cuenta las diferentes carencias encontradas en la máquina manual proporcionada por la empresa, se definen parámetros de diseño para satisfacer en mayor medida las necesidades expresadas, dentro de los cuales se destaca el cálculo de la fuerza requerida con el uso de un sensor FSR interlink 406 acoplado a la máquina artesanal que se puede observar en la Figura 1. A partir del acoplamiento, se procedió a realizar la

respectiva calibración de la galga para la posterior toma de datos. Los datos obtenidos se resumen en la Tabla 1.

Figura 1. Modelado CAD de la máquina artesanal.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 1. Resultados experimentales con la máquina artesanal.

Número prueba	Cantidad materia Prima [g]	Tiempo después de la cocción [minutos]	Volumen [Lts]	Fuerza [N]	Fuerza [Kg]
1	120	5	135	28	2.86
2	120	12	125	42.64	4.35
3	120	17	120	46.56	4.75
4	120	20	105	56.145	5.73
5	120	25	112	46.896	4.78

Fuente: elaboración propia

De los datos obtenidos se concluyó que, a un tiempo estimado de trabajo por plátanos cocidos de 25 minutos, la fuerza promedio ejercida por la máquina artesanal fue de 44.04 N. Dada esta fuerza, se tiene que multiplicar por un factor de 4 para así obtener el valor de fuerza mínima para el diseño del sistema de accionamiento; por lo tanto, el valor total de la fuerza experimental requerida es de 176,16 N. A partir del cálculo de la fuerza necesaria, se parte al análisis del diámetro del cilindro necesaria para cumplir con las condiciones establecidas. El diámetro del cilindro se calcula mediante la ecuación 1, en donde F es la fuerza requerida, D es el diámetro del cilindro, P es la presión de trabajo y R es el rendimiento del cilindro (0.2 para cilindros menores a 60 mm). El valor de la fuerza requerida 176,16 N obtenido anteriormente en las pruebas experimentales realizadas. La presión de trabajo se determinó a partir de valores comerciales de presión en compresores, asumiendo la presión máxima del sistema, se determinó una presión de 8 Bar.

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi PR}} \quad (\text{Ec. 1})$$

Al reemplazar los valores en la ecuación se obtiene $D = 0.036 \text{ m}$. Se asume un factor de seguridad de 1.4 porque en el sistema se puede presentar grandes variaciones en la presión del aire, entonces el diámetro seleccionado fue de $D = 0.05 \text{ m}$. Para determinar la fuerza de retroceso F_R se utiliza la ecuación 2, en donde d es el diámetro del vástago. Por lo tanto, al establecer parámetros comerciales de actuadores neumáticos se

obtiene el valor del área anular A_{an} , con el cual se determina un valor para $d = 0.0248 \text{ m}$. Reemplazando los valores, se tiene una fuerza de retroceso de 35.24 N .

$$F_R = \frac{(D^2 - d^2)\pi PR}{4} \quad (\text{Ec. 2})$$

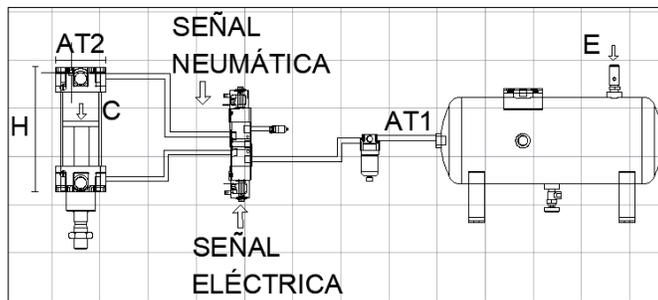
Teniendo en cuenta la fuerza de retroceso y los diámetros del vástago y cilindro encontrados, se debe determinar una ecuación que describa el comportamiento del flujo másico del aire en el interior del cilindro. Para esto se ha seguido principalmente los lineamientos de González et al. (2013). El caudal de aire que fluye por un conducto evaluado en una posición determinada del mismo se define por las ecuaciones 3 y 4, en donde C_D es el coeficiente de descarga; A_{T1} y A_{T2} son las áreas transversales al flujo de aire, P es la presión de aire en el interior del cilindro, P_a es la presión atmosférica, ρ es la densidad del aire, E son las propiedades del aire evaluadas en la entrada del sistema, C son las propiedades del aire evaluadas en el interior del cilindro, H es la altura o carrera del cilindro y Q es el caudal de aire.

$$Q_E = C_D A_{T1} \sqrt{\frac{2(P_a^0 - P_E)}{\rho_E}} \quad (\text{Ec. 3})$$

$$Q_C = C_D A_{T2} \sqrt{\frac{2(P_C - P_a^c)}{\rho_C}} \quad (\text{Ec. 4})$$

En la Figura 2 se puede observar de manera gráfica los respectivos parámetros para tener en cuenta para el modelado del sistema neumático.

Figura 2. Parámetros implementados para el modelamiento de flujo másico de aire.



Fuente: elaboración propia.

Considerando estado estacionario, se determina la presión estática. Debido a que la densidad del aire cambia con la temperatura, $\bar{\rho}$ representa el valor medio de la densidad. Para el aire en el exterior se considera una temperatura uniforme T_a . La diferencia de estas presiones estáticas permite determinar la fuerza de descenso, como se describe en la ecuación 5.

$$(P_a^0 - P_E) + (P_C - P_a^c) = gH(\rho - \bar{\rho}) \quad (\text{Ec. 5})$$

Despejando las respectivas diferencias de presión y sustituyéndolas, se obtiene la siguiente expresión en función de los caudales:

$$Q_E^2 \rho_E + Q_C^2 \rho_C = [C_D(A_{T2} - A_{T1})]^2 * 2gH(\rho - \bar{\rho}) \quad (\text{Ec. 6})$$

Debido a que en el interior del cilindro existe un cambio de la densidad del aire con la posición, es adecuado tener en cuenta la ecuación de continuidad para el flujo másico, la cual se describe en a continuación:

$$\dot{m} = \rho_E Q_E = \rho_C Q_C \quad (\text{Ec. 7})$$

Agregando la ecuación 6 en la 7, se obtiene finalmente la expresión para el flujo másico del aire en la ecuación 8.

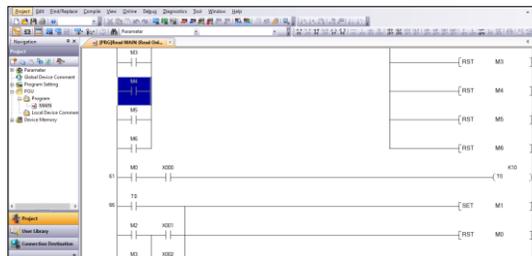
$$\dot{m} = C_D(A_{T2} - A_{T1}) \sqrt{\frac{gH\rho_E\rho_C(\rho - \bar{\rho})}{\rho}} \quad (\text{Ec. 8})$$

Al analizar la ecuación 8 se llega a la conclusión de que el caudal depende de la altura, el diámetro del cilindro y la diferencia de densidad del aire entre el interior y el exterior, evaluados en el punto de descenso del cilindro. El coeficiente de descarga C_D se asume con un valor de 0.9 para el sistema, asumiendo pérdidas mínimas por la tubería. Las áreas transversales A_{T1} y A_{T2} se calcularon a partir de los valores obtenidos para los valores del diámetro del vástago 0.0248m y diámetro del cilindro 0.05 m respectivamente, la gravedad g es de $9,81 \text{ m} / \text{s}^2$. La densidad del aire evaluada a la entrada del sistema ρ_E equivale a la densidad del aire a temperatura ambiente a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ($1,293 \text{ Kg} / \text{m}^3$). Para la densidad del aire evaluada en el interior del cilindro ρ_C se estima un aumento de temperatura a $30 \text{ }^\circ\text{C}$ con un valor de ($1,551 \text{ Kg} / \text{m}^3$). La altura H o carrera del cilindro se determinó a partir del diseño CAD realizado, contemplando las dimensiones de los moldes machos y hembras del sistema, teniendo 18,5 cm, revisando los cilindros comerciales la carrera del cilindro que cumple con la necesidad es de 200 mm. A partir de los parámetros descritos y reemplazando los valores, se obtiene un valor de \dot{m} igual a $0.00003961 \text{ Kg} / \text{mm}$.

Automatización del procesador de alimentos

Para automatizar el proceso se usó el PLC FX1N-20MR de la marca Mitsubishi, que cuenta con 13 entradas digitales y 8 salidas digitales tipo relé, además de tener como lenguaje base de programación Ladder (Figura 3).

Figura 3. Entorno de programación del software GX-WORKS2.



Fuente: elaboración propia.

La programación del procesador se realizó en base de la estructura lógica del sistema, como se puede ver en la Tabla 2. Para la realización de esta tabla se enumeraron

tanto las entradas como salidas que estarán cableadas físicamente en el PLC; esto se hizo con el fin de realizar la secuencia que regiría la máquina para funcionamiento, como se puede ver a continuación:

- Inicialmente, la máquina se encuentra apagada; por lo tanto, el operario deberá pulsar el botón de encendido ON/OFF y deberá transcurrir un tiempo de 1 segundo para que así se activen las salidas 11 (led indicador de espera) y 15 (solenoid de entrada del pistón).
- Estando en el estado 1, el operario procederá a surtir los moldes hembras con la materia prima para proceder con el proceso de embutido. Se debe garantizar que el molde de bandejas hembras se encuentre en posición de embutido; por tanto, los finales de carrera 2 o 3 enviarán la información al PLC para saber si esta condición se cumple. Además, los moldes de las bandejas de los machos también deben estar posicionados correctamente para lo cual está el final de carrera 10. Por otro lado, se debe garantizar que la puerta superior de embutido de la máquina se encuentre cerrada para evitar posibles accidentes. Al cumplirse las condiciones descritas, se pasará al estado 2, en donde se activarán 5 salidas, correspondientes a los números 11, 12, 13, 16, 17.
- Para la transición al estado 3 se debe activar el pulsador de inicio para el proceso de embutido, donde se procederá a moldear la materia prima surtida en la máquina. Al pulsar la entrada 6 y transcurrir un tiempo de 3 segundos, se activarán las salidas correspondientes a los números 10, 12, 13, 14, 16 y 17.
- El tiempo de embutido, el cual es configurable por el operario, será la transición al estado 4, en donde se habrá completado un ciclo de embutido y estarán activas las salidas 11, 12, 13, 15, 16 y 17.
- Al culminarse la etapa de embutido, el operario tendrá que activar el pulsador 4 para soltar la bandeja de moldes hembras y permitir que el operario pueda extraer las canastas producidas. Allí se iniciará el estado 5, en donde permanecerán activas las salidas 11, 13 y 17.
- Para pasar al estado 6 se debe iniciar otro proceso de embutido, en donde el operario debe ubicar la bandeja de moldes hembras nuevamente en posición para iniciar otro ciclo de embutido. Los finales de carrera 2 o 3 serán los encargados de activar las salidas 11, 12, 13, 16 y 17.
- Estando en el estado 6, lo que sigue será la misma secuencia planteada para el estado 3, en donde nuevamente se activará el pulsador de inicio para empezar otro ciclo de embutido, y así sucesivamente para lo que sigue.

Tabla 2. Entradas y salidas del sistema de control.

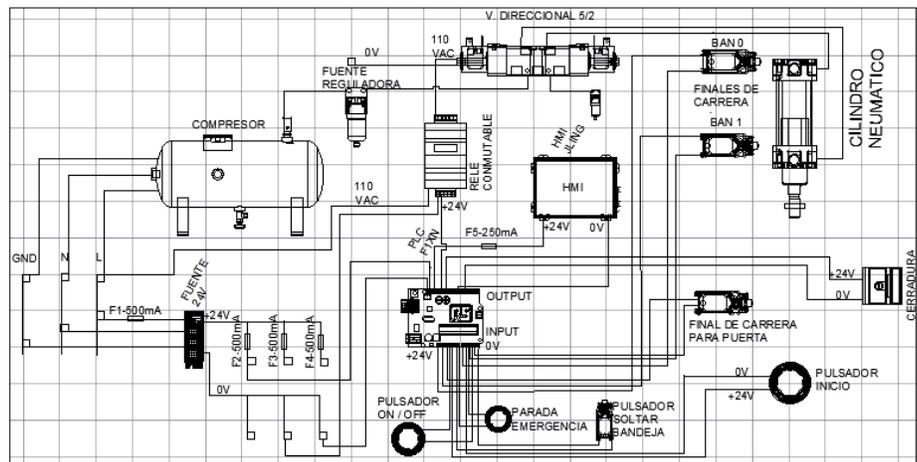
	Numeración	Equivalencia
Entradas	1	Pulsador On/Off
	2	Sensor inferior BAN_0
	3	Sensor inferior BAN_1
	4	Pulsador para soltar bandeja inferior
	5	Pulsador de parada de emergencia
	6	Pulsador de inicio de embutido
	7	Pulsador para soltar bandeja superior
	8	Sensor superior BAN_2
	9	Sensor de presencia superior
Salida	10	Led indicador de proceso
	11	Led indicador de espera
	12	Led indicador de aseguramiento en bandeja inferior
	13	Led indicador de aseguramiento en bandeja superior
	14	Solenoid de salida del pistón para el embutido

15	Solenoide de entrada del pistón
16	Actuador para sujetar las bandejas inferiores
17	Actuador para sujetar las bandejas superiores

Fuente: elaboración propia.

Partiendo de la secuencia creada para la máquina, se programó el controlador en lenguaje Ladder en el software GX Works2 de la marca Mitsubishi para la simulación y puesta en marcha de los controladores. Realizada la etapa de programación se simuló la lógica programada, siendo ejecutada con éxito para la activación de cada una de las 8 salidas de la planta. En la etapa de diseño se contemplaron cada uno de los componentes electrónicos para realizar la sumatoria de la potencia eléctrica y la corriente que consumirá cada componente y, a partir del valor obtenido, realizar la búsqueda de valores comerciales de fuentes de alimentación en DC para implementarlo en la máquina. La potencia total calculada para este caso fue de 113.04 W. Sin embargo, esta condición asumida no se cumplirá, ya que no todos los componentes del sistema estarán activos a la vez. Por tanto, se seleccionó una fuente conmutable de 120 W. las respectivas conexiones físicas realizado en el software de AutoCAD se puede ver en Figura 4.

Figura 4. Esquemático de componentes y conexiones del sistema en general.



Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

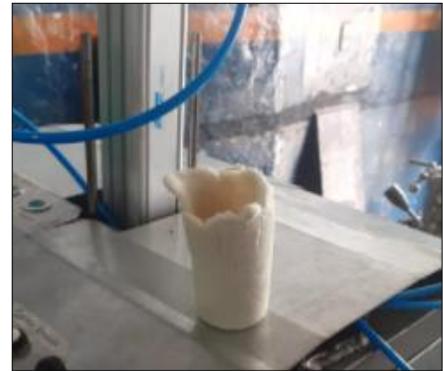
Una vez la maquina se construyó, como observa en la Figura 5, se realizaron diferentes pruebas para validar el correcto funcionamiento de la máquina. En la primera prueba se simuló la fabricación de patacones, como se puede ver en la figura 6 en donde se ejecutaron un total de 100 ciclos de embutido, sin ningún tipo de inconveniente. El compresor neumático se taró a una presión de aproximadamente 5 bar, lo cual es apropiado para el actuador que soporta una presión máxima de 8 bar. Los componentes electrónicos tampoco se vieron afectados por altas temperaturas ni fallas de funcionamiento en la lógica programada en el PLC. Los leds indicativos presentaron un funcionamiento aceptable en la ejecución de las pruebas. En la fila superior de pantalla HMI de configuración se observará el número de ciclos de embutido que se lleven a cabo y la fila inferior de la pantalla se mostrará el tiempo en segundos de encendido de la máquina.

Figura 5. Procesador de alimentos en puesta a marcha.



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Simulación de producto final obtenido.



Fuente: elaboración propia.

A partir del producto obtenido, se puede observar algunos desperfectos en el mismo, alguna parte de la masa queda al interior del molde, por lo cual fue necesario ubicar bolsas plásticas al interior de cada molde. En la Tabla 3 se presenta los resultados de la producción de la máquina.

Tabla 3. Nivel de producción para canastas de patacón.

Número de Ciclo	Tiempo de surtido [s]	Tiempo de espera [s]	Tiempo de embutido [s]	Tiempo de extracción [s]	Tiempo total/ciclo	Número de patacones/ciclo
1	9,2	4	4	12,7	29,9	4
2	8,3	4	4	14,6	30,9	4
Tiempo total					60.8	8 Canastas

Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, se acudió a la ayuda de una persona ajena al proyecto y sin conocimiento del proceso para que realizara también las respectivas pruebas de funcionamiento de la lógica del sistema. Esto se hizo con el fin de evaluar la complejidad de la lógica planteada para el funcionamiento de la máquina. Los resultados de las pruebas arrojaron, a partir de la experiencia experimentada por el operario, que el funcionamiento de la máquina es intuitivo, sencillo y de fácil comprensión para cualquier persona que no sepa del proceso, donde además se tiene el apoyo de la pantalla para saber el número de ciclos realizados y por ende el número de producto final que se ha obtenido. Además, el operario podrá modificar el tiempo de prensado que quiera para obtener un producto final más detallado.

Al finalizar el proceso de desarrollo de la máquina, se programó una visita por parte del cliente final, donde el empresario pudo realizar pruebas con la máquina luego de una pequeña inducción de su funcionamiento. Como resultado de esta visita se tienen las pruebas realizadas por parte del representante legal de la empresa, en donde se cumplió con los requerimientos solicitados teniendo así la aceptación en cuanto a la calidad y el nivel de producción obtenido con la máquina presentando la respectiva carta de aceptación con las observaciones favorables. Luego de esto se procedió a realizar la entrega de la máquina hasta la ciudad de San Juan de Girón (Santander), en donde se instaló para su uso en la cocina usada por la empresa para su producción.

Los resultados obtenidos luego de una semana de uso de la máquina fueron favorables, como se había mencionado anteriormente está solo estaría a una intensidad horaria de aproximadamente 3 a 4 horas destinadas para la producción, teniendo en cuenta, además, que en todo momento no estaría como tal realizando el proceso, pero sí encendida en muchos casos. La máquina no presentó ningún fallo o incidente respecto al funcionamiento eléctrico, electrónico o neumático y pudo producir las canastillas de patacón sin problemas, tal como estaba previsto; de igual forma, los problemas en operación por falta de información o conocimiento de la máquina se resolvieron con facilidad gracias al manual de usuario.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos para el cálculo teórico de la fuerza necesaria para la fabricación de una canasta de patacón coincidieron con las pruebas experimentales realizadas en la máquina. El modo de programación que se usó permite al usuario realizar el menor número de operaciones, además de darle la total autonomía de modificar los tiempos que hacen parte del proceso, así como de mantener en todo momento su humanidad en completa seguridad. A partir del desempeño de la máquina en funcionamiento, se pudo alcanzar el nivel de producción requerido por el empresario, mejorando los niveles de producción y la calidad del producto final con respecto a las estadísticas de la máquina

artesanal de la empresa, pasando de un nivel de producción de 5 a 8 patacones planos por minuto y de 2 a 8 canastas de patacón por minuto, además de mejorar la calidad y complejidad de fabricación del producto final.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que buscan se enfocan a diseñar una máquina con un nivel de automatización más complejo y completo para favorabilidad del operario, implementando sensores y actuadores en cada uno de los moldes del sistema de embutido que permita la dosificación de un tipo de aceite mineral con lo cual se eliminaría la utilización de las bolsas plásticas en los moldes mejorando algunos factores como:

- Niveles de producción, ya que la máquina se lubricaría automáticamente, sin necesidad de invertir tiempo en la preparación de las bolsas en cada molde.
- Complejidad del proceso, con lo cual el operario podrá realizar una labor repetitiva de una manera más sencilla y rápida al solo tener que surtir la máquina con la materia prima y extraer el producto al final del proceso de embutido.
- Disminución en niveles de contaminación, permitiéndose evitar el uso excesivo de plásticos y contribuir con el cuidado del medio ambiente, además de disminuir los costos de producción.

Esta solución se podría implementar gradualmente y a futuro, acorde a las solicitudes o requerimientos adicionales que pueda realizar el cliente, enfocados en un nivel más completo de automatización con objetivo de disminuir en lo más posible la intervención del operario en el proceso y mejorar la calidad del producto final. También para evitar los problemas estéticos presentes en la máquina; también se recomienda reducir el uso de procesos de manufactura ortodoxos e implementar, en cambio, más uso de tornillería y centro de maquinados de control numérico CNC para así obtener piezas más uniformes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la empresa PATACOMA EXPRESS por su apoyo en las diferentes etapas del proceso.

REFERENCIAS

Barrera López, M. A. y Pantano Rodríguez, H. O. (2017). *Diseño y simulación de un sistema automatizado para un procesador de alimentos tipo Patacón*.

Cámara de comercio de Bucaramanga (2016) *Actualidad económica: Sector de restaurantes, área metropolitana de Bucaramanga*. <https://camaradirecta.com/noticias-11-m/1306--estudio-de-comportamiento-del-sector-restaurantes-en-el-area-metropolitana-de-bucaramanga.htm>

Fadillah, F., Rahmawan, A. W., Sanusi, A., Narariya, A. S. F. & Andina, R. I. (2017). Designing an automatic tofu pressing and molding machine for home industry. In *2017 5th International Conference on Electrical, Electronics and Information Engineering (ICEEIE)* (pp. 15-20). IEEE.

Lora, J. L., Jaimes, J. A., y González, H. (2023). <https://doi.org/10.21789/22561498.1941>

Farrant, C. & Watts, M. (2016). U.S. Patent No. 9,526,257 Patent and Trademark Office.

Garbin, N., Wang, L., Chandler, J. H., Obstein, K. L., Simaan, N. & Valdastrì, P. (2018, March). A disposable continuum endoscope using piston-driven parallel bellow actuator. In 2018 *International Symposium on Medical Robotics (ISMR)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISMR.2018.8333287>

González González, J., Gold Morgan, M., Santamaría Ambríz, R., Yáñez Ordóñez, O. y Masjuán del Pino, M. (2011). *Análisis estructural integrativo de organizaciones universitarias*.

González Santander, A. J. y García Reyes, F. J. (2013). *Elaboración y automatización de una máquina empacadora a escala*.

GRUENN S.A.S. (2022). *Máquinas pataconeras multifuncionales industriales*. <https://www.gruenn.com.co/web/maquinas-pataconeras-industriales/>

Rosero Freire, M. C. (2020). *Movimientos repetitivos y trastornos músculo-esqueléticos de miembro superior en trabajadores con discapacidad intelectual de un centro de inclusión y su propuesta de control*.