

Tema: Manufactura

“Desarrollo y automatización de máquina para tlacoyos”

Flores Francisco^{a*}, Alva Rodrigo^a, Nava Francisca^a, Baltazar Gustavo^a

^aUnivesidad Tecnológica del Valle de Toluca, Carretera del Departamento del DF km 7.5 Santa María Atarasquillo,
Lerma, CP 52044, México

*ffloresgalvan@yahoo.com.mx

RESUMEN

El presente documento describe el proceso para desarrollar y automatizar una máquina para la producción de tlacoyos. La máquina fue hecha a petición y patrocinio de una empresa metalmeccánica del ramo alimentario y desarrollada por estudiantes y profesores de la Carrera de Mecatrónica de la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca. Se detalla la secuencia para lograr la sincronización de los cabezales utilizados y los subsistemas como el sistema de relleno, el suaje, las bandas transportadoras, el desarrollo del control y la lógica de programación utilizada. También se muestra como se solucionaron los diferentes problemas mecánicos presentados durante la puesta en marcha de la máquina, además de los diagramas de control y fuerza del tablero de control para de la máquina.

Palabras Clave: tlacoyo, sistema de relleno, suaje, industria alimentaria, maíz

ABSTRACT

This work shows the process followed to develop and automate a machine for tlacoyos production. The machine was required and funded by a metalmechanic enterprise and developed by students and professors from the Mechatronics Program of Universidad Tecnológica del Valle de Toluca. The description includes the synchronization of heads and the subsystems as filling, cutting and conveyors, the control development and the programming used. It also shows how the different mechanical problems presented through the start-up of the machine were solved in addition to the control and force diagrams as well as the wiring of the control module to monitoring of the machine.

Keywords: Tlacoyo, filling system, cutting system, food industry, corn

Introducción

El consumo de tlacoyos es muy popular en México y su elaboración es artesanal, con una amplia variedad de rellenos. En la empresa Tortimex S.A. de C.V. se tiene la necesidad de fabricar una máquina automática para la elaboración de tlacoyos de distintos rellenos, como son: frijol, chicharrón, queso o haba, en cantidades de producción que superen por mucho a la mano de obra tradicional. Esto debido a que uno de sus clientes ha encontrado un nicho de mercado en la venta de tlacoyos a granel de forma precocida en distintos puntos de venta en el país.

Al atender esta necesidad, la empresa satisface los requerimientos de su cliente y se posiciona como la primera en fabricar y comercializar una máquina de este tipo.

Objetivo general

Desarrollar y automatizar una máquina para la elaboración de tlacoyos con la implementación de un sistema flexible, manufactura de componentes mecánicos y ensambles, para aumentar la producción de tlacoyos.

1. Medición de variables y reconocimiento de la maquinaria

El proyecto comenzó con el reconocimiento de la máquina y su funcionamiento básico, ya que, al ser una máquina nueva y primera en su tipo contiene fallas en su funcionamiento que se tuvieron que mejorar. Por lo tanto se tomaron en cuenta diferentes variables que eran importantes de conocer para los distintos sub-ensambles que se implementaron para la automatización.

Los subsistemas que componen a la máquina para tlacoyos son:

- Cabezal de rodillo
- Cabezal de tolva
- Sistema dosificador

- Sistema de suaje
- Banda transportadora
- Comales
- Panel de control

La configuración propuesta entre estos subsistemas es la que se muestra a continuación en la figura 1.

Las variables fueron, velocidad lineal de la máquina y la velocidad de rotación de la banda transportadora. Con esto se realizaron análisis para el tipo de material y el equipo a emplear. Además se realizaron medidas de las longitudes de la máquina para calcular el espacio que se tendría en la adaptación de los sub-ensambles.

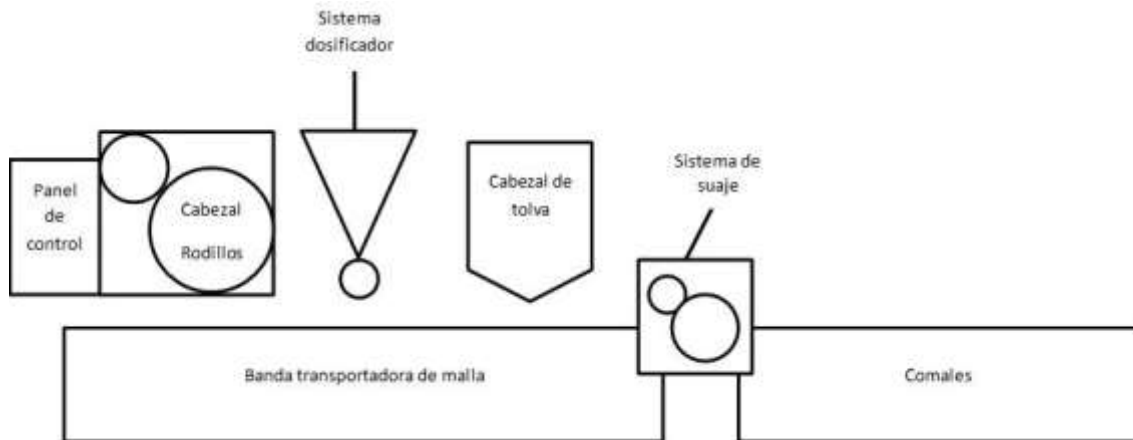


Figura 1. Subsistemas y configuración de la máquina para tlacoyos.

La máquina cuenta con dos tipos de tecnología para la producción de tortilla, la primera denominada máquina tortilladora, su función parte de la extrusión de masa normalmente conocida como "cabezal de tolva" fig. 2.



Figura 2. Cabezal de tolva

La segunda denominada máquina de rodillos, su función parte del troquelado o laminación de masa fig. 3.



Figura 3. Cabezal de rodillos

La idea principal de tener dos tipos de tecnología es hacer versátil la producción como: tortilla de mesa, totopo, huarache, nacho y el producto principal que es el tlacoyo.

Posteriormente se realizaron las primeras pruebas con los dos cabezales que deberían de sincronizarse y realizar figuras similares, la máquina de rodillos realizaría una figura que sería tomada como la base del tlacoyo así en la base se depositaría el relleno, la máquina de tolva realizaría otra figura que sería tomada como la tapa fig. 4, con esto; finalmente se sellaría con un suajador solo dejando una mínima parte de recorte reutilizable en alguno de los dos cabezales.



Figura 4. Forma del tlacoyo

Al realizar las pruebas se observó que los dos cabezales trabajaban a distintas velocidades y había que sincronizar su funcionamiento para cumplir con lo requerido.

2. Sincronización de la máquina

Como primer objetivo a realizar se comenzó por estudiar el funcionamiento mecánico de los dos cabezales, los cuales, al trabajar con una transmisión por catarinas y cadenas fig. 5 se tiene que mantener una misma relación de las velocidades y el número de dientes de cada catarina, con el fin de mantener una velocidad constante tanto en la producción de la base como en la de la tapa y así poder empalmarlos correctamente.



Figura 5. Transmisión por cadenas

Esto complico las cosas ya que al ser dos cabezales distintos, en funcionamiento surgió el problema de desfase de la tapa con respecto a la base. Después de distintos estudios y análisis se llegó a la conclusión de que la sincronía entre las dos tolvas no se lograría por tres motivos: el primero era que los dos cortadores tanto de el cabezal de tolva y el de rodillos eran distintos, el segundo era que la velocidad de laminación era más rápida que la de extrusión y por último que al ser una transmisión por catarinas y cadenas cada separación entre la catarina y la cadena acarrea un error milimétrico que va incrementando y al final se tiene un desfase considerable.

Cuando se observó este comportamiento en la máquina se comenzaron a realizar pruebas con solo la base con la forma del tlacoyo y una cortina de masa del ancho del tlacoyo para así saber si sería posible coordinar la parte del suaje con la salida de la base de tlacoyo y así mantener un recorte mínimo, para esto se comenzó con la manufactura de piezas para los distintos sub-ensambles que se requerían.

3. Ensamble para suajador

Ya identificado el problema se realizaron varios prototipos de la parte del suajador, primeramente se realizó una extensión de la banda transportadora de malla fig. 6 con el fin de colocarla después de la banda principal, además una malla o cinta transportadora de teflón.



Figura 6. Extensión de banda transportadora de malla.

El principal objetivo de esta cinta de teflón es hacer el corte y sellado de los tlacoyos sobre ella, además de transportar el producto al final del proceso que es la pre-cocción del tlacoyo fig. 7.



Figura 7. Banda de teflón.

Este tipo de cintas es comúnmente utilizado en la industria alimenticia por su anti adherencia y fácil limpieza, para poder realizar el suaje. Al hacer el montaje de esta banda se tuvieron dificultades para ponerla en marcha ya que se deslizaba o recargaba a un lado dañando los costados de la misma.

No logrando corregir estos problemas se optó por eliminar definitivamente esta banda.

Al quitar la banda de teflón se colocó únicamente un rodillo liso del mismo diámetro que el suaje para mantener una relación 1:1 fig. 8.



Figura 8. Rodillo liso de nylonid para suaje.

El colocar este rodillo evitó el uso de cadenas y catarinas adicionales para la transmisión de movimiento, este sistema facilita el transporte y suaje del tlacoyo hacia la siguiente etapa.

Al realizar pruebas con las modificaciones hechas se observó que la parte restante del tlacoyo o (recorte) continuaba el recorrido con el tlacoyo y esto no debería de ocurrir ya que la idea era recoger ese recorte y reutilizarlo.

La primer idea que surgió para poder solucionar este problema fue la de colocar unos pequeños deslizadores o laminillas para que sobre de estos se deslizara el tlacoyo y el recorte se dirigiera por debajo de la banda que lleva hacia la etapa de cocción fig.9. Se llegó a la conclusión de que el rodillo base no debería de ser completamente liso más bien ser parecido al rodillo de suaje y formar un tipo de tijera para recortar dando forma al tlacoyo y deslizarlo a la banda y el recorte pasa por debajo de la banda transportadora que lleva a la etapa de cocción. Poniendo a prueba este sistema conseguimos resultados satisfactorios.



Figura 9. Deslizadores para coleccionar recorte de masa.

4. Desarrollo del concepto del dosificador de relleno

Se observó la forma de rellenar tradicionalmente el tlacoyo, los ingredientes para su relleno comúnmente usados, la cantidad de producción con respecto al tiempo y la forma física que tiene el mismo. Considerando lo anterior se recabó información sobre los métodos empleados para rellenar envases con alimentos de manera automática y la similitud que existe entre estos procesos con el proyecto que se está realizando para la adaptación del surtidor. Teniendo en cuenta los subsistemas se realizaron varios bosquejos fig. 10 para los tipos de dispositivos que se podrían manufacturar y ensamblar en la empresa para la ejecución de la tarea deseada.

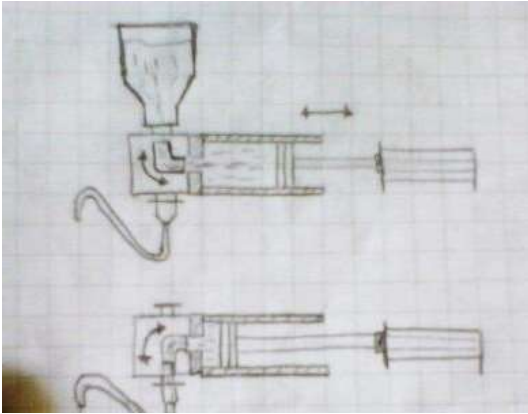


Figura 10. Dibujos a mano alzada del posible dispositivo despachador.

En los diseños se consideró lo siguiente:

- Tamaño del Tlacoyo. 7 x 15 cm.
- Tipo de relleno (densidad). Frijol (densidad = 0.75g/cm^3).
- Dosis a surtir (gramaje; 30 gramos por par).
- Tiempo de distribución tomando en cuenta la velocidad de la banda transportadora (3.5 segundos).

Teniendo estas medidas surgieron nuevas preguntas como que variables afectarían el diseño del surtidor. Las más relevantes son:

- Espacio disponible (tolva y accesorios)
- Velocidad de vaciado
- Velocidad en la banda transportadora
- Tipos de relleno

Con estos datos se realizó una lluvia de ideas entre los participantes del proyecto. La producción esperada por la empresa será de 30 tlacoyos por minuto aproximadamente, además que el control de dosificación podría ser independiente.

En el primer diseño se quiso aprovechar el dosificador facilitado por la empresa, solo modificando la salida basado en la extrusión por medio de sinfin fig. 11, su funcionamiento es similar al sistema utilizado en el cabezal de tolva para empujar la masa hacia el cortador, la presión para la extrusión del relleno no fue suficiente y la velocidad de dosificado no era la adecuada para el correcto vaciado del material en las bases del tlacoyo.

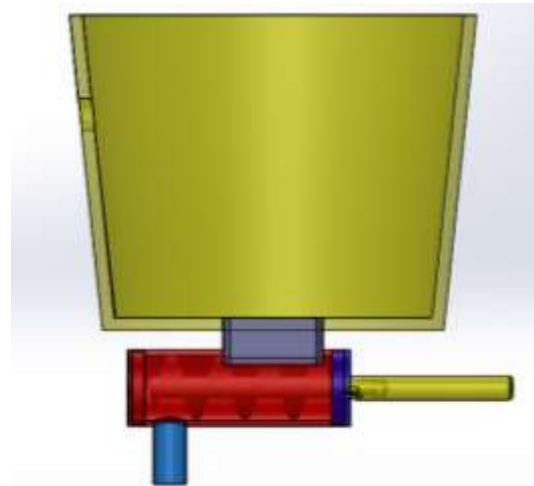


Figura 11. Diseño de surtidor uno.

Posteriormente se hicieron pruebas con un prototipo de dosificador con relleno de masa disuelta para poder garantizar el funcionamiento del surtidor fig.12.



Figura 12. Pruebas del dosificador.

Se tomó en consideración las densidades del relleno y la velocidad de dosificado, se adaptó un sistema que funciona por medio de la succión del relleno fig. 13 que se encuentra en la tolva a una cavidad (cilindro) y después por medio de una válvula giratoria se realiza la expulsión hacia las boquillas y a la base del tlacoyo; similar a como se comporta una jeringa fig.14.



Figura 13. Sistema de dosificado por succión.

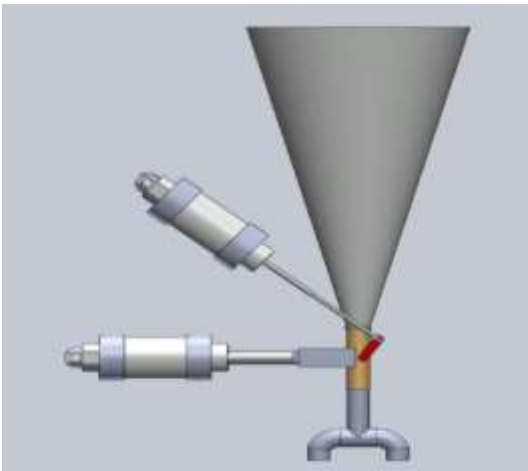


Figura 14. Vista frontal sistema de dosificado.

5. Componentes del sistema de dosificado

El sistema de dosificado es electro neumático y consta de 2 electroválvulas 5/2, 2 cilindros neumáticos de doble efecto además de 2 sensores tipo reed. Cuenta con un mecanismo para la apertura o cierre de una válvula de tipo bola y tubo alargado con una tapa acoplada al cilindro de mayor diámetro en este tubo, cuando el cilindro neumático se retrae se genera un vacío en la mezcla o semilíquido a dosificar como se muestra Fig.15.



Figura 15. Sistema Neumático de dosificado.

6. Selección de PLC, fuente de voltaje, sensores para el proceso y arrancador para el control del motor de la máquina

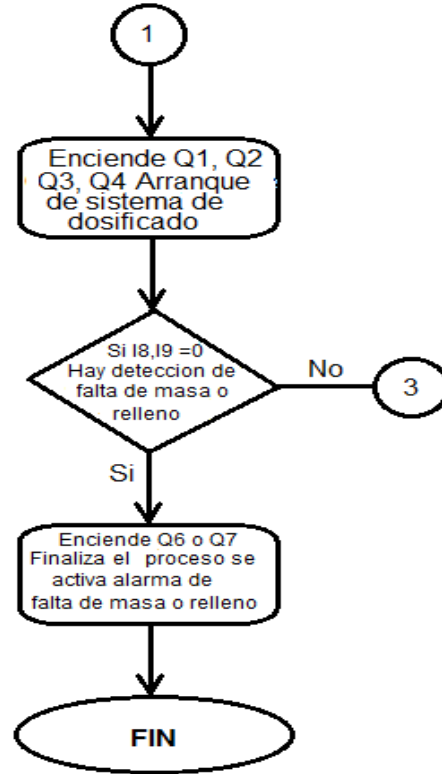
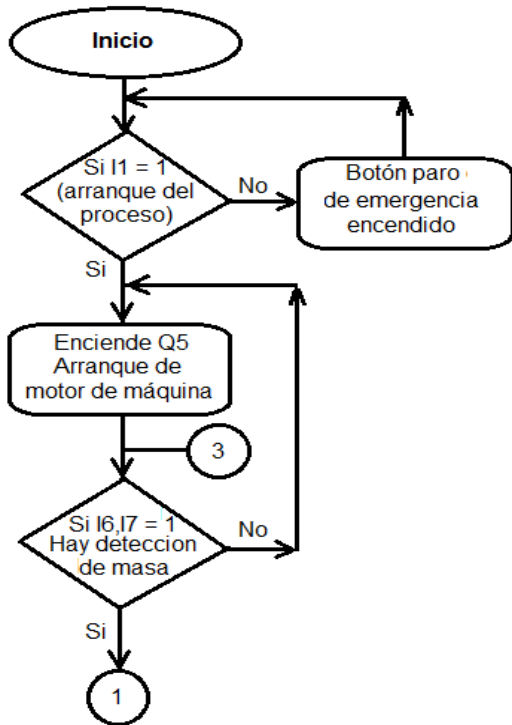
Para realizar el control para la automatización de este proceso se seleccionó un PLC de la marca Telemecanique SR3B261BD con alimentación de 24VDC que cuenta con 16 entradas a 24 VDC y 10 salidas a relevador de 8 amperes y 5 amperes respectivamente.

Fuente de voltaje de la marca siemens modelo: SITOP PSU200M, con entrada de alimentación 127/220 VAC y salida a 24 VDC a 5 amperes.

4 sensores fotoeléctricos OPTEX FA Z2D-80 difuso reflexivo, ajustables con conexión NPN o PNP.

Arrancador de la marca telemecanique modelo: LC1D0BD9 a 24 VDC 9 amperes, que cuenta con 2 contactos auxiliares N.O. y N.C., y un interruptor térmico de la marca WEG.

Un fragmento de la lógica de programación para el arranque de la máquina para la producción de tlacoyos es la siguiente:



7. Planteamiento de la secuencia sistema de dosificado

Se tiene una máquina para producción de tlacoyos con la siguiente secuencia, al oprimir el botón de arranque funciona la banda transportadora, rodillos y tolva de masa, al momento que el sensor detecte las 2 cortinas (rodillos y tolva) enciende el sistema de dosificado donde el pistón A succiona, el pistón B Abre la válvula y el pistón A expulsa el producto succionado.

Las alarmas se activaran cuando el nivel de masa y relleno sean bajos y detendrá el proceso, cuando los niveles sean correctos al oprimir el botón de arranque la máquina continuara trabajando al oprimir el botón de paro general o de emergencia el proceso se detiene por completo. Esto se ilustra en el siguiente diagrama. Para la programación de la lógica del proceso se utilizó un PLC 1214 AC/DC/RELA Y para las pruebas previas.

Diagramas de Fuerza y Neumático figs. 16 y 17.

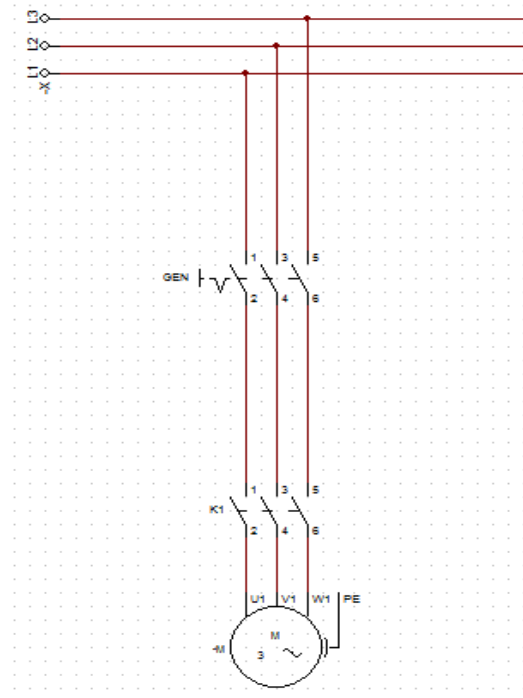


Figura 16. Diagrama de fuerza.

8. Diseño, armado y distribución del tablero Eléctrico para la máquina para la producción de tlacoyos

Se diseñó previamente la distribución de elementos de control en el tablero como se muestra a continuación, Fig. 18.

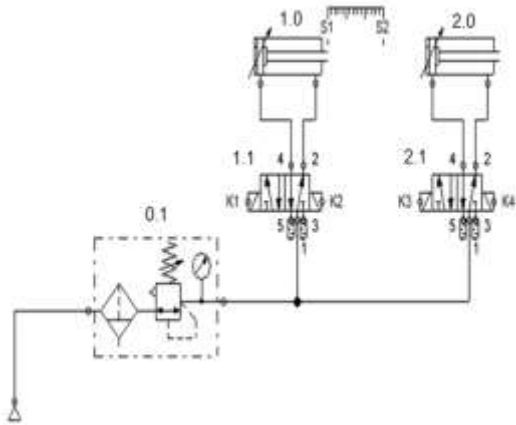


Figura 17. Diagrama neumático para dosificador de máquina.

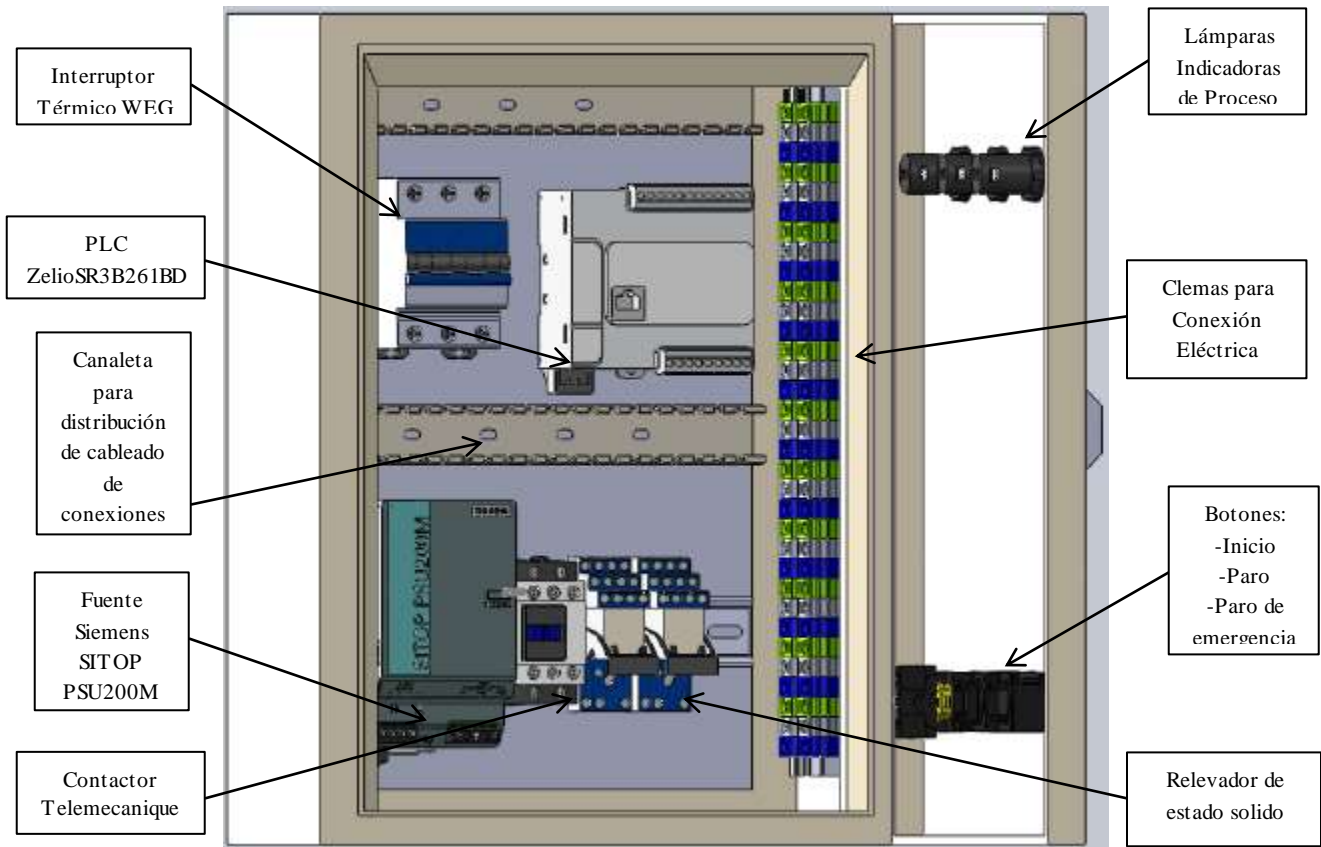


Figura 18. Parte interna tablero de control.

8.1 Parte interna del tablero

- 1 Fuente de voltaje siemens modelo: SITOP PSU200M
- 1 PLC ZelioTelemecanique modelo:SR3B261BD
- 1 ContactorTelemecanique con 2 contactos Auxiliares modelo: LC1D0BD9
- 1 Interruptor termo magnético WEG
- 30 Clemas para tablero eléctrico marca legrand

Posteriormente se realizó físicamente la distribución y construcción del tablero de control eléctrico, fig. 19.



Figura 19. Distribución Interna del tablero de control y distribución externa del tablero de control de la máquina para la producción de tlacoyo.

9. Pruebas

En las pruebas se detectaron fallas mecánicas como:

1.- La porción de relleno para el tlacoyo es excesiva como se muestra en la Fig. 20. El sistema dosificador proporciona de 30 a 40 gramos por tlacoyo y lo requerido es que dosifique 15 gramos de relleno.



Figura 20. Pruebas sistema de dosificado.

2.- El corte en el rodillo que le da la forma al tlacoyo no cumple con lo especificado como se muestra en la Fig. 21.



Figura 21. Pruebas de corte de tlacoyo.

Puede ser que el mal corte lo ocasione el dosificado ya que genera una bola de relleno de 30 a 40 gramos, entonces al momento de caer la cortina las porciones tienden a deformar esta capa y al introducirse en el rodillo no corta de forma correcta, es posible que exista problema en la transmisión ya que genera un pequeño desfase entre la catarina y la cadena que provoca que el rodillo se mueva entre si y no embone para realizar un corte perfecto.

9.1 Corrección de errores en proceso

Se hicieron los ajustes necesarios para mejorar y controlar el proceso, Fig. 22.



Figura 22. Exceso de relleno.

Para poder corregir el exceso de relleno se ajustó la carrera del pistón de la cámara de vacío que es la que determina la cantidad de relleno, además se ajustaron las boquillas de dosificado para reducir el área y permitir un relleno uniforme obteniendo como resultado 15 gramos de relleno como se muestra en la Fig. 23.



Figura 23. Disminución de exceso de relleno.

Los errores de corte sucedieron por falta de presión del troquel de corte la falta de un tensor en la cadena de tracción del rodillo y el apriete incorrecto de tuercas en la máquina como se muestra en las Fig. 23.



Figura 24. Corrección del corte en el tlacoyo.

Para hacer las correcciones en el corte del tlacoyo fue necesario sincronizar el troquel con sistema de dosificado para que el relleno se distribuyera correctamente y de manera uniforme además de que se tuvo que ejercer más presión en el troquel y corregir el error del tensor en la cadena del mismo los resultados obtenidos después de esos ajustes se muestran en la Fig. 25.



Figura 25. Corte correcto del tlacoyo.

Conclusión

- Se integraron los subsistemas de cabezal de rodillos y tolva, además de desarrollar los sistemas de suaje y relleno de tlacoyos.
- La automatización de la máquina para la producción de tlacoyos fue realizada conforme a la necesidad de producción del cliente, 30 piezas por minuto.
- El sistema de dosificación neumático nos proporciona una distribución correcta del relleno para el tlacoyo, aproximadamente 15g en cada tlacoyo por dos piezas a la vez y pudiéndose adecuar los tiempos de dosificado según se requiera.

Agradecimientos:

Se reconoce y agradece el apoyo recibido en la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca para realización de las estadías en la empresa A Tortimex Tortilladoras de México S.A. de C.V. por el patrocinio y facilidades para realizar el proyecto. Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología, COMECYT por el apoyo otorgado para su publicación. A los alumnos: Pedro Valencia Mora, José Jesús Rito López y Gilberto Pliego Reyes por su entusiasmo y profesionalismo mostrado en el desarrollo de este proyecto.