



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



ITESCA[®]
*Instituto Tecnológico
Superior de Cajeme*

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE CAJEME

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO
DE VACIADO DE GALLETAS
PASTISETAS**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA MECATRÓNICA**

PRESENTA

ING. PAUL GIOVANNY ARMENDARIS GERARDO

Asesor de tesis: Dr. Juan Enrique Palomares

**DICTAMEN DE LIBERACIÓN Y APROBACIÓN**

F02PSA16.04

Fecha

20/09/2023

No. de Registro

MIM-074

Dr. José Efrén Ruelas Ruiz**Coordinador de la Maestría en Ingeniería Mecatrónica****PRESENTE**

A través de este documento, me permito comunicarle que el estudiante **Paul Giovanni Armendaris Gerardo** cuyo proyecto de obtención de grado

AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE VACIADO DE GALLETAS PASTISETAS

Cumple satisfactoriamente, con los Lineamientos para la Operación de Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica, por lo que ha sido aceptado para la obtención del grado:

Maestro en Ingeniería Mecatrónica

Sin más por el momento, quedo de Usted.

Juan Enrique Palomares Ruiz**Nombre y Firma del Director (a) de proyecto**

Director (a) de proyecto de obtención de grado

20/09/2023

Fecha**DICTAMEN DE ACEPTACION - COMISIÓN REVISORA****PRESIDENTE**

Dr. Juan Enrique Palomares Ruiz

Nombre**Firma**

20/09/2023

Fecha**MIEMBRO 1**

Dr. Flavio Muñoz Beltrán

Nombre**Firma**

20/09/2023

Fecha**MIEMBRO 2**

Dr. José Guadalupe Castro Lugo

Nombre**Firma**

20/09/2023

Fecha

DEDICATORIAS

Dedico el resultado de este trabajo a toda mi familia. Principalmente a mis padres quienes siempre me han apoyado en los momentos buenos y malos. Gracias por estar siempre para mí y darme su cariño incondicional. Por sus sacrificios y su apoyo constante que han sido la clave de mi éxito.

A mis maestros y mentores por su dedicación y pasión por la enseñanza además de sus consejos sabios.

A mis compañeros por los momentos de risas y estudio.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre y padre, por guiarme en mi camino y darme siempre su amor y cariño además de esforzarse para que yo pueda cumplir mis metas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por su apoyo económico y al Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (ITESCA) así como sus docentes por su atención y ayuda.

A mis compañeros de maestría por su amabilidad y su entusiasmo a la hora de compartir sus conocimientos.

RESUMEN

El presente documento, detalla la metodología y actividades realizadas para el desarrollo de un proyecto, el cual es una máquina capaz de automatizar el proceso de vaciado de las galletas llamadas pastisetas en charolas.

La finalidad de este proyecto es mejorar los tiempos de producción de galleta pastiseta, ya que el proceso realizado actualmente es manual y la duración de este es demasiado alta. El dispositivo que se expone mejora de manera considerable los tiempos de vaciado de masa, lo cual se traduce en una mayor producción y por lo tanto en más ingresos para la empresa familiar.

La máquina consta de componentes neumáticos y electrónicos con los cuales se logra automatizar el proceso, simplificando así las actividades de los trabajadores.

ABSTRACT

This document details the methodology and activities carried out for the development of a project, which is a machine capable of automating the process of making cookies called pastisetas in trays.

The purpose of this project is to improve the production times of pastiseta cookies, since the process currently carried out is manual and its duration is too long. The exposed device considerably improves the times of emptying the dough, which translates into greater production and therefore more income for the family business.

The machine consists of pneumatic and electronic components with which it is possible to automate the process, thus simplifying the activities of the workers.

Índice

Capítulo I	1
Introducción	1
Antecedentes	1
Planteamiento del Problema.....	4
Justificación.....	4
Objetivos	4
Alcances y limites	5
Capítulo II.....	6
Marco Teórico.....	6
2.1 Mecatrónica	6
2.1.1 Sistema mecatrónico	6
2.1.2 Relación de la mecatrónica con el control industrial	7
2.2 Electrónica	7
2.2.1 Sensores.....	7
2.2.2 Sensores de proximidad	8
2.2.3 Circuitos lógicos.....	8
2.3 Neumática	9
2.3.1 Compresores.....	9
2.3.2 Cilindro de simple efecto	10
2.3.3 Cilindro de doble efecto	11
2.3.4 Válvula reguladora de presión.....	11
2.3.4 Electroválvulas	12
2.3.5 Válvula neumática de 5/2 vías	12
2.4 Simulación	12

2.5 Clasificación tecnológica	13
2.5.1 Lógica cableada.....	13
2.5.2 Lógica programada.....	14
2.6 Automatización	15
2.6.1 Niveles de automatización	16
2.6.2 Descripción tecnológica del automatismo.....	17
Capítulo III	19
Metodología	19
3.1 Tipo de Investigación.....	19
3.2 Diseño de Investigación.....	19
3.3 Hipótesis y Variables	19
3.3.1 Hipótesis de Investigación y Nula.....	20
3.3.2 Variables.....	20
3.4 Objeto de Investigación	21
3.5 Materiales e Instrumentos	21
3.6 Procedimiento del Diseño.	22
Capítulo IV	23
Desarrollo.....	23
4.1 Búsqueda de información sobre máquinas de galletas	23
4.2 Diseño general	23
4.3 Creación de la estructura.....	24
4.4 Selección de componentes neumáticos.	26
4.5 Selección de componentes electrónicos.....	31
4.6 Ensamble.....	34
4.7 Simulación	36

4.8 Pruebas y resultados.....	46
Capítulo V	52
Conclusiones	52
5.1 Beneficios del proyecto	52
5.2 Recomendaciones.....	52

Índice de figuras

Figura 1. Esquema de mecatrónica.....	6
Figura 2. Tipos de compresores.....	10
Figura 3. Cilindro de simple efecto.	11
Figura 4. Cilindro de doble efecto.....	11
Figura 5. Diagrama clasificación tecnológica.	13
Figura 6. Estructura de un sistema automatizado.	15
Figura 7. Diseño conceptual.	24
Figura 8. Perfil tubular rectangular.....	25
Figura 9. Estructura realizada.....	26
Figura 10. Compresor de aire.	27
Figura 11. Cilindro neumático.....	28
Figura 12. Válvula.	29
Figura 13. Electroválvula.	29
Figura 14. Manguera neumática.	30
Figura 15. Regulador de presión.....	30
Figura 16. Unidad de mantenimiento.	31
Figura 17. Módulo relevador.	32
Figura 18. Sensor fotoeléctrico.....	32
Figura 19. Botonera ON/OFF.....	33
Figura 20. Clemas.....	33
Figura 21. Estructura montada con todos los componentes.	34
Figura 22. Pedal accionador.	35
Figura 23. Sensores fotoeléctricos ensamblados.	35
Figura 24. Electroválvulas montadas.....	36
Figura 25. Simulación del sistema en estado de reposo.	37
Figura 26. Grafcet en estado de reposo.	38
Figura 27. Simulación del sistema al detectar el primer sensor y presionar el pedal activador.	39
Figura 28. Grafcet al detectar el primer sensor y presionar el pedal activador.	40

Figura 29. Simulación del sistema al detectar el segundo sensor fotoeléctrico.	41
Figura 30. Grafcet al detectar el segundo sensor fotoeléctrico.....	42
Figura 31. Simulación del sistema al detectar el tercer sensor fotoeléctrico.....	43
Figura 32. Grafcet al detectar el tercer sensor fotoeléctrico.	44
Figura 33. Simulación del sistema al terminar la secuencia.	45
Figura 34. Grafcet al terminar la secuencia.	46
Figura 35. Cilindro de alimentación.	47
Figura 36. Émbolo encargado de empujar la masa.....	47
Figura 37. Bloque de obstrucción.....	48
Figura 38. Sellos colocados en las mangueras.	49
Figura 39. Sellos colocados en bloque de obstrucción.....	49
Figura 40. Contenedor con masa para galleta pastiseta.....	50
Figura 41. Máquina de galletas pastisetas en funcionamiento.	50
Figura 42. Primera charola completa de pastisetas realizada.	51
Figura 43. Segunda y tercera charola completa de pastisetas realizada.	51

Índice de tablas

Tabla 1. Variables.....	21
Tabla 2. Tabla comparativa de tiempos.....	52

Capítulo I

Introducción

La industria alimentaria de México juega un papel importante en la economía, ya que es responsable de abastecer con sus productos a una población en crecimiento. Recientemente, el tema mundial de la autosuficiencia alimentaria ha cobrado importancia debido a los problemas ocasionados por el aumento constante de los precios y la escasez de alimentos. Se han señalado varios factores en relación con el tema, como el crecimiento de las economías en desarrollo de Asia (y su mayor demanda de alimentos), la orientación de los cultivos básicos al uso de biocombustibles y el almacenamiento. - control por parte de las grandes corporaciones de la cadena agroalimentaria sobre la producción y/o manipulación genética de semillas para producir “alimentos” cuyo consumo se fomenta sin contribuir necesariamente a mejorar la nutrición de los consumidores.

En el caso de México, estos factores no son las únicas causas de la escasez de alimentos y el aumento de los precios. En esto también influyen otras condiciones, por un lado la existencia de grandes complejos agroindustriales con empresas semilleras, agro biotecnológicas, agroquímicas, agroindustriales y de la industria alimentaria de diversas partes del mundo, que tienen capacidad y poder para controlar la producción, la distribución y los servicios en todo el mundo.

Con todo lo anterior, la industria de alimentos en nuestro país tiene una importancia relevante en la economía, ya que se encarga de suministrar sus productos a una población en crecimiento, además de que, utilizando un envase adecuado, los alimentos se conservarán desde su procesamiento hasta que son consumidos.

Antecedentes

Hoy en día, la automatización juega un papel muy importante en la industria, introduciendo sistemas de producción diseñados para aprovechar la capacidad de las máquinas para realizar tareas que antes realizaban los humanos y para gestionar la secuencia de trabajo sin intervención humana.

En 2016 Quispe y Calderón [1], comentan que, en la actualidad, estos sistemas se utilizan para efectuar diversas tareas con más rapidez o mejor de lo que podría hacerlo un ser humano. En particular, este desarrollo de prototipos, máquinas o materiales innovadores permite una mayor rapidez en aquellas actividades que requieren más tiempo. Además, para garantizar la seguridad de las personas que realizan actividades que pueden poner en peligro su salud, como la exposición al calor de la cocina o cosas calientes durante muchas horas al día, que pueden causar quemaduras.

Machado en 2010 [2], menciona que las primeras máquinas simples reemplazaban una forma de esfuerzo en otra forma que pudieran ser controladas por el ser humano, tal como levantar un peso de gran peso con sistema de poleas o una palanca. Más tarde, las máquinas pudieron reemplazar las formas naturales de energía renovable, como el viento, las olas o las corrientes de agua, por energía humana.

La robótica industrial puede ser la parte más visible de la automatización en la actualidad. Algunos de los beneficios incluyen repetibilidad, control de calidad más estricto, mayor eficiencia, integración con sistemas comerciales, mayor productividad y mano de obra reducida. Algunas de las desventajas incluyen altos requisitos de capital, pérdida severa de flexibilidad y mayor dependencia del mantenimiento y la reparación.

Desde mediados del siglo XX, la automatización ha existido a escala pequeña durante muchos años, utilizando mecanismos simples para lograr automatizar operaciones de producción simples. Sin embargo, el concepto se volvió realmente práctico solo con la adición (y el desarrollo) de las computadoras digitales, cuya flexibilidad hizo posible manejar todo tipo de tareas. En la década de 1960 comenzaron a aparecer computadoras digitales con la velocidad, potencia de cómputo, precio y tamaño necesarios. Antes de eso, las computadoras industriales eran exclusivamente computadoras analógicas y computadoras híbridas. Desde entonces, las computadoras digitales se han hecho cargo de las tareas más simples, repetitivas, semicualificadas y especializadas, con algunas excepciones notables en la producción e inspección de alimentos.

Pineda en 2011 [3] menciona que con el incremento en población exponencial que ocurre actualmente, es evidente que una de las industrias de mayor constante demanda y crecimiento

es la industria alimenticia. La automatización en esta área no es nada nuevo, la tecnología se ha introducido a todos los niveles para mejorar los procesos, desde el principio de los tiempos ha existido la necesidad de aumentar la producción, reducir costos y mejorar la calidad del producto. La automatización es un sector importante en la industria alimentaria. Está establecido en todos los países industrializados y se está extendiendo rápidamente en las partes en desarrollo del mundo. El principal atractivo de la tienda de galletas es la amplia selección de diferentes tipos. Son alimentos convenientemente nutritivos y tienen una larga vida útil. La mayor desventaja de algunos países es que, según nuestro concepto, la producción de galletas se basa en harina de trigo, y comprar este grano puede no ser barato.

La producción de galletas se ha movido hacia la mecanización en masa y se está moviendo hacia la automatización. Su transición del arte a la ciencia aún no está completa, por lo que tanto la comprensión como la experiencia de los procesos siguen siendo muy importantes. Reducir los costos de mano de obra y eliminar el trabajo difícil, poco claro y repetitivo es uno de los logros de la automatización en la industria y ha aumentado la importancia del diseño y el mantenimiento mecánico.

El deseo de los países en desarrollo de invertir en máquinas de galletas buenas y eficientes en sus fábricas modernas es comprensible. Existe un deseo generalizado de copiar tipos populares de galletas europeas, a pesar de que las materias primas locales sean más adecuadas para otros productos.

Pelayo en 2010 [4] comentaba que la baja tasa de error de los mecanismos automáticos, además de la reproducción exacta de los procesos establecidos, es de gran ayuda para asegurar la calidad del producto y los parámetros estándar. Otro punto donde se recomienda la automatización robótica es la continuidad de los procesos productivos en esta industria, donde las líneas muchas veces solo se detienen en paradas técnicas para limpieza, desinfección o ajustes.

Algunos aspectos de las aplicaciones de la robótica en la industria alimentaria son cruciales para limitar su implementación. Esto se debe a su alto costo de inversión inicial, a pesar de que se amortizará en el futuro. Las barreras técnicas también se sienten en la industria, donde la selección y los procesos de muchos productos, a menudo delicados e irregulares, dificultan su combinación. El desarrollo de herramientas robóticas específicas para alimentos es esencial para

una aplicación exitosa. Es especialmente interesante crear equipos multidisciplinares donde trabajen juntos expertos en robótica y alimentación.

Para diseñar e implementar procesos automatizados utilizando robots, hay que analizar temas económicos de rentabilidad frente a inversión, determinar la flexibilidad con nuevas vías o cambios en líneas de producción y exigir que se permitan procesados higiénicos que sean fáciles de lavar y desinfectar. Además, se deberán admitir sistemas de control confiables que aseguren la vigilancia de los parámetros de seguridad y calidad establecidos para el producto. (Pelayo, 2010)

Planteamiento del Problema

El proceso utilizado actualmente en una empresa familiar para la elaboración de galletas pastisetas, es manual y casero. Dentro de este, el proceso aplicado para el vaciado de dichas galletas es lento, ya que es una persona quien vacía las galletas una por una, utilizando una manga repostera y una duya. Una vez vaciada la mezcla en charolas se procede a enviarlas al área de horneado donde al terminar serán empacadas y distribuidas en tiendas locales, todo este proceso requiere de un tiempo considerablemente alto lo que se traduce en producciones pequeñas. Al ser una empresa familiar pequeña, no cuenta con los recursos necesarios para adquirir una máquina galletera ya que esas tienen un costo muy elevado en el mercado.

Justificación

Con este proyecto se pretende lograr un nivel de producción de mayor con una eficiencia aproximada al 60 %, logrando así la reducción de tiempos y costos de mano de obra, además de reducir la cantidad de mermas ocasionadas por el error humano.

Objetivos

1.4.1 Objetivo general

El objetivo de este proyecto es automatizar el proceso de vaciado de pastisetas en charolas mediante el uso de la neumática para disminuir los tiempos de elaboración e incrementar la producción.

1.4.2 Objetivos específicos

- 1) Aumentar la producción un 60%.
- 2) Fabricar el dispositivo mecatrónico.
- 3) Instrumentarlo mediante sensores de posición.

Alcances y limites

1.5.1 Alcances

- 1) Se fabricará un dispositivo para incrementar la producción un 60%.
- 2) Se definirán los límites de carrera del pistón.

1.5.2 Limites

- 1) El dispositivo será utilizable solamente en el tipo de masa para el que fue diseñado.
- 2) El costo del dispositivo debe ser accesible.

Capítulo II

Marco Teórico

En este capítulo se presentan los temas que fundamentan este proyecto.

2.1 Mecatrónica

La mecatrónica según Pérez en 2003 [5] es una idea o concepto inventado por una empresa japonesa de robótica. Inicialmente, se definió como la combinación de dispositivos mecánicos y electrónicos en una máquina o producto, pero luego se estableció como una especialidad de la ingeniería y se le han agregado otros elementos como los sistemas informáticos, los desarrollos de la microelectrónica, la inteligencia artificial, la teoría de control y otros relacionados con las telecomunicaciones.

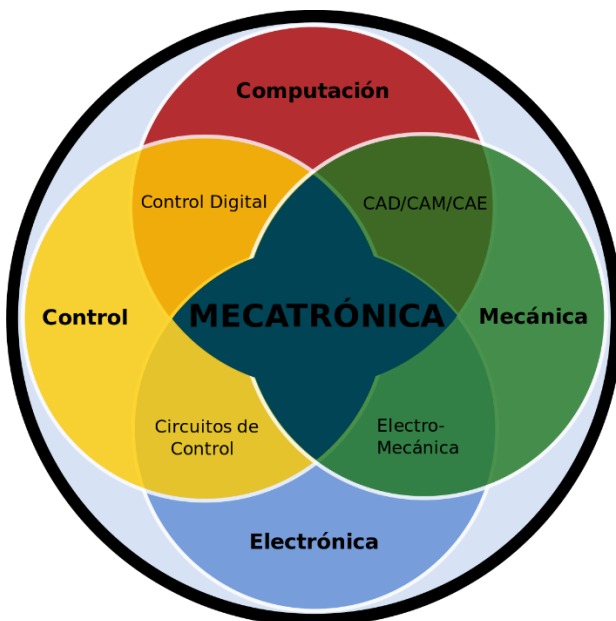


Figura 1. Esquema de mecatrónica.

2.1.1 Sistema mecatrónico

Un sistema mecatrónico como lo menciona Bolton en 2006 [6] es aquel en el cual se emplea la integración de control basado en microprocesadores, sistemas eléctricos y sistemas mecánicos,

no es solamente la unión de sistemas mecánicos y eléctricos, y más que un simple sistema de control es una integración completa de todo lo antes mencionado.

2.1.2 Relación de la mecatrónica con el control industrial

Como lo menciona Rojas en 2005 [7] la creación y el desarrollo de sistemas mecatrónicos y de control que permite la automatización en la industria impulsan la modernización de los sistemas productivos, a los cuales se les reduce la intervención humana haciéndolos así menos propensos a tener errores.

2.2 Electrónica

Según Rossano en 2011 [8] La electrónica es una rama de la ingeniería que estudia el uso de la electricidad en varios componentes o dispositivos para su fabricación, transmisión o almacenamiento.

Hoy en día, los dispositivos electrónicos son una parte importante de nuestra vida. Es difícil imaginar una sociedad moderna sin dispositivos electrónicos que realicen diversas funciones: nos ayudan a medir el tiempo; realizar cálculos complejos en una fracción de segundo; entretenernos con música, videos o juegos; Nos permiten comunicarnos a largas distancias en tiempo real, automatizar tareas industriales complejas, almacenar grandes cantidades de datos e incluso facilitar el desarrollo de vehículos robóticos que exploran planetas distantes y que pueden controlarse desde la Tierra. Su funcionalidad parece infinita, por lo que la electrónica es actualmente una de las ramas más importantes de la ciencia y la tecnología.

2.2.1 Sensores

Los sensores según Bolton en 2006 [6] son componentes que, al aplicarles un cambio o señal física, experimentan un cambio y lo traducen a una variación de voltaje, es decir, los sensores son transductores, estos convierten señales de una forma dada en otra distinta.

Existen sensores de diferentes clasificaciones los cuales son: sensores de posición lineal, sensores de pequeños desplazamientos o deformaciones, sensores de velocidad, sensores de fuerza, sensores de presión, sensores de nivel.

2.2.2 Sensores de proximidad

Pozo (2018) [9] comenta que los sensores fotoeléctricos responden a un cambio de intensidad de luz detectada en función a una intensidad de luz umbral preestablecida. Esta variación de intensidad de luz recibida permite detectar la presencia de un objeto sin ser necesario estar en contacto físico con este. Algunas de las aplicaciones en las que se puede encontrar esta tecnología están ligadas a la industria, en la que se integran dispositivos de detección fotoeléctricos para contar el paso de objetos, medir su altura, comprobar su tamaño, detectar colores, controlar posiciones o monitorizar velocidades.

Además, se pueden controlar variables como la iluminación, la suciedad en el ambiente o la presencia de humo ya que afectan directamente a la intensidad de luz detectada. Estos sensores se componen principalmente de dos componentes electrónicos: El elemento emisor emite luz y el elemento receptor ve cambios en la luz emitida. La acción se basa en el principio de reflexión de la luz. El funcionamiento se basa en el principio de reflexión de la luz. El elemento emisor, generalmente un LED, emite una longitud de onda (luz visible, infrarrojo) que es recibida por el elemento receptor. Si algo interfiere con la luz, hay un cambio en la intensidad de la luz vista por el receptor, cambiando la corriente que fluye a través de ella de acuerdo con el valor especificado. Los sensores fotoeléctricos se pueden dividir en tres tipos según su disposición de emisores y receptores: Los sensores fotoeléctricos se pueden clasificar en función de la disposición de sus elementos emisor y receptor en tres tipos: configuración de detección de barrera, configuración de detección autorreflexiva, configuración de detección reflexiva con reflector.

2.2.3 Circuitos lógicos

Bolton en 2006 [6] menciona que los circuitos lógicos manejan la información en forma de “1” y “0”, dos niveles lógicos de voltaje fijos, “1” nivel alto o “high” y “0” nivel bajo o “low”. Los circuitos lógicos están compuestos por elementos digitales como compuertas lógicas como la AND, OR o XOR o alguna combinación de éstas.

La electrónica actual utiliza electrónica digital para realizar muchas funciones. Aunque los circuitos electrónicos pueden parecer muy complejos, están formados por una gran cantidad de

circuitos simples. En un circuito lógico digital, la información binaria (0 y unos) se transfiere entre estos circuitos y se obtiene un circuito complejo con la combinación de bloques de circuitos simples.

2.3 Neumática

Ebel, Idler y Prede en 2010 [10] mencionan que la palabra «neumática» proviene del griego «pneumatikós», que significa respiración. En general, la neumática se entiende como una rama de la ciencia física que estudia las propiedades de los gases, por lo tanto del aire.

La neumática y la electroneumática se utilizan en muchas áreas de la tecnología de automatización industrial. Los sistemas de control de energía eólica se utilizan en plantas industriales de todo el mundo para controlar el funcionamiento de los equipos de producción, las líneas de ensamble y las máquinas de envasado.

Los avances en materiales, diseño de equipos y métodos de fabricación han dado lugar a componentes de aire diversos y de alta calidad, por lo que su uso está muy extendido en la actualidad. Además, el avance tecnológico y la mayor complejidad de los requisitos han supuesto un claro cambio en el sistema de control.

En cuanto al procesamiento de señales, los relés han sido reemplazados en muchas ocasiones por sistemas de control lógico diseñados para cubrir estas necesidades, además de contar con diferentes soluciones. El rendimiento de los últimos sistemas electroneumáticos también se ha optimizado para satisfacer las necesidades específicas de la industria actual.

2.3.1 Compresores

Según Ebel, Idler y Prede en 2010 [10] la elección del compresor depende de la presión de trabajo y de la cantidad de aire necesarios. Los compresores se distinguen según su tipo de construcción.

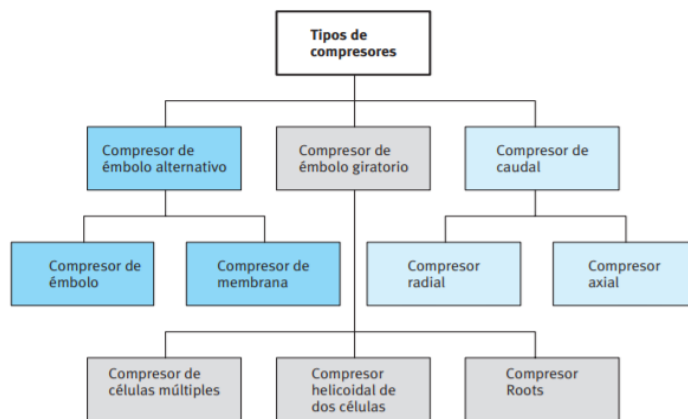


Figura 2. Tipos de compresores.

- Compresores de émbolo

En un compresor de émbolo alternativo, el aire aspirado a través de la válvula de admisión se comprime. El aire se suministra al sistema a través de una válvula de descarga. Este tipo de compresor es muy común, ya que permite obtener un rango de presión muy amplio. Para generar presiones más altas, se utilizan compresores de varias fases. El aire comprimido se enfría entre cada una de las fases de compresión.

- Compresor de membrana

El compresor de membrana pertenece al grupo de los compresores de émbolo. La cámara de compresión está separada del émbolo mediante una membrana. La ventaja de esta solución es que el aceite del compresor no contamina el aire. Por esta razón, los compresores de membrana se utilizan a menudo en las industrias alimentaria, farmacéutica y química.

- Compresor de émbolos rotativos

En un compresor de émbolos rotativos, el aire se comprime por la rotación del pistón. Durante el proceso de compresión, el volumen de la cámara de compresión disminuye.

2.3.2 Cilindro de simple efecto

Los cilindros de simple efecto reciben aire comprimido de un solo lado. Por lo tanto, estos cilindros solo pueden trabajar en una dirección. El vástago se retrae debido a la fuerza del resorte

incorporado o a la fuerza externa. La fuerza del resorte incorporada se define por la forma en que el pistón regresa a su posición original sin carga, pero con una velocidad adecuada.

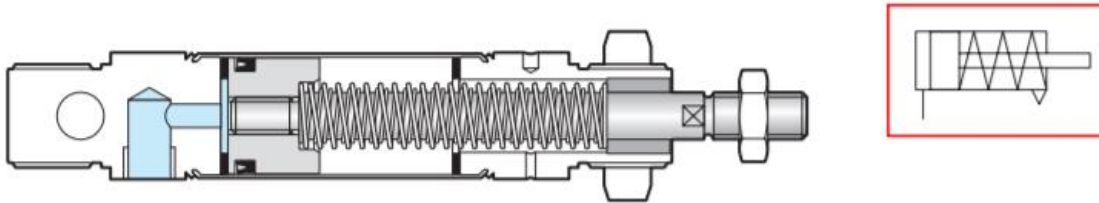


Figura 3. Cilindro de simple efecto.

2.3.3 Cilindro de doble efecto

El diseño de un cilindro de doble efecto es similar al de un cilindro simple. Sin embargo, un cilindro de doble efecto no tiene un resorte de retorno, ya que ambos puertos se utilizan para suministrar y expulsar aire. El cilindro de doble efecto tiene el beneficio de poder funcionar en ambas direcciones. Por lo tanto, es un cilindro ideal para muchas aplicaciones. La fuerza ejercida sobre el vástago es relativamente mayor en la dirección de avance que en el sentido de retorno, ya que el área superficial en el lado del pistón es mayor que en el lado del vástago.

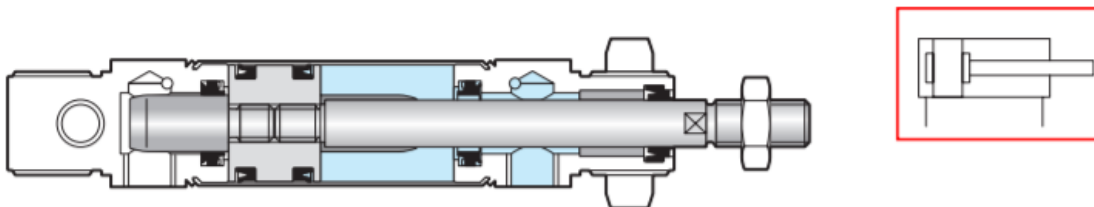


Figura 4. Cilindro de doble efecto.

2.3.4 Válvula reguladora de presión

También comentan Ebel, Idler y Prede en 2010 [10] que el aire comprimido generado por el compresor está sujeto a oscilaciones. Las fluctuaciones en la presión de la tubería pueden afectar el funcionamiento de las válvulas, la sincronización de los movimientos realizados por los cilindros y la función de control de las válvulas de aceleración e impulso. Para que el sistema neumático funcione de manera correcta, es indispensable disponer de una presión de trabajo constante. Para contar con esta presión constante, se conectan reguladores de presión a la red. Estos reguladores de montaje central proporcionan un suministro constante de aire comprimido

(presión secundaria), independientemente de los cambios de presión en el circuito de control principal (presión primaria). Un reductor o regulador de presión instalado después del sistema de aire comprimido se encarga de mantener una presión de trabajo estable. El nivel de vacío siempre debe corresponder al aire comprimido requerido en la sección de instalación correspondiente.

2.3.4 Electroválvulas

Un sistema de control electroneumático funciona con dos agentes energéticos:

- Energía eléctrica en la parte de control y procesamiento de señales
- Energía neumática en la parte funcional

Las válvulas de control eléctricas o válvulas de solenoide forman la interfaz entre los dos componentes de un sistema de control electroneumático. Estas válvulas cambian debido a las señales de la unidad de control y cierran o abren el paso en la unidad operada neumáticamente.

2.3.5 Válvula neumática de 5/2 vías

Una válvula de 5/2 vías tiene 5 conexiones y 2 posiciones. Estas válvulas se utilizan principalmente como elemento de maniobra para el accionamiento de cilindros de doble efecto. La parte de control controla el émbolo, con su ayuda, al realizar movimientos longitudinales, crea una conexión entre las conexiones correspondientes o cierra la conexión entre ellas. En este tipo de válvulas se utiliza menos fuerza de trabajo, a diferencia de lo que sucede con las válvulas de bola o de plato, porque no es necesario vencer la fuerza que produce el aire comprimido o un resorte.

La válvula biestable neumática de 5/2 vías, accionada por aire comprimido por ambos lados, recuerda su cambio de posición. Cuando se retira la señal, la posición de conmutación se mantiene hasta que la válvula recibe la señal nuevamente.

2.4 Simulación

Como lo menciona Tarifa en 2010 [11] a la acción de experimentar con un modelo se le llama simulación, esta se realiza para reducir los factores de costo, seguridad y otros problemas que

surgen al momento de querer realizar pruebas de determinado proceso, ya que es más complicado llevar a cabo éste en físico que simularlo.

Cuando se habla de simulación es necesario tener en cuenta las siguientes definiciones

- Sistema: Es un conjunto de objetos o ideas que se interrelacionan o vinculan unos con otros como una unidad para lograr una meta (Shannon, 1988), o en palabras más simples se define como la parte del universo que será objeto de simulación.
- Modelo: Un objeto X es un modelo del objeto Y para el observar Z, si Z puede emplear X para responder cuestiones que le interesan acerca de Y.
- Simulación: Este es el proceso de crear un modelo de un sistema real y realizar experimentos en él para estudiar el comportamiento del sistema o explorar diferentes formas de operar el sistema. (Shannon, 1988).

2.5 Clasificación tecnológica

García comenta en 2001 [12] que el desarrollo de los controladores, su complejidad y su éxito han estado ligados a los avances tecnológicos que se han producido a lo largo del tiempo. En general, la división que se muestra en la siguiente figura se puede basar en dos puntos principales: lógica cableada y lógica programada.

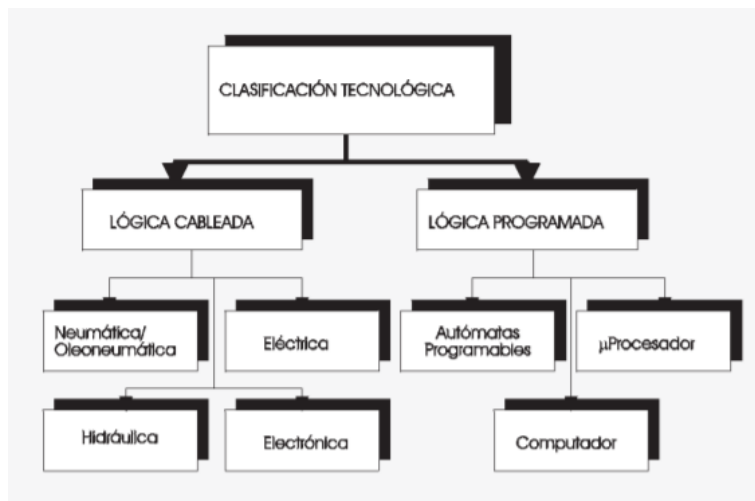


Figura 5. Diagrama clasificación tecnológica.

2.5.1 Lógica cableada

Su nombre viene dado por el tipo de material que interviene en su funcionamiento. En términos de ingeniería eléctrica, las conexiones físicas están hechas de cables eléctricos, electroimanes, interruptores, botones, etc.

Cuando se trata de tecnología electrónica, las puertas lógicas son los bloques de construcción más importantes que componen los controladores. En cuanto a la tecnología del agua, su implementación se realiza con tuberías de acero, cobre, PVC, etc. así como componentes como válvulas, distribuidores, válvulas de cambio, reductores de presión, etc.

La neumática se utilizó y se sigue utilizando en la automatización industrial, aunque va quedando relegada a los accionamientos de cierta potencia con algoritmos de control relativamente simples y también para aplicaciones de carácter especial (para ambientes explosivos), ya que frente a la lógica programada presenta las siguientes limitaciones:

- Imposibilidad de realización de funciones complejas de control.
- Gran volumen y peso.
- Escasa flexibilidad frente a modificaciones.
- Reparaciones costosas.

Sin embargo, las soluciones a menudo se desarrollan en un proceso mixto, utilizando los mejores aspectos de ambas tecnologías, neumática y lógica programada con controladores industriales conectados a dispositivos de interfaz.

2.5.2 Lógica programada

Esta tecnología se desarrolló con la llegada del microprocesador y los dispositivos programables basados en él, las computadoras, controladores lógicos y autómatas programables. En todo momento, debido a los altos niveles de integración que se encuentran en la microelectrónica, la rentabilidad de la tecnología se reduce y en comparación con la lógica alámbrica ofrece:

- Gran flexibilidad
- Posibilidad de cálculo científico
- Implementación de algoritmos complejos de control de procesos
- Arquitecturas de control distribuido

- Comunicaciones y gestión.

Como desventajas a corto y medio plazo, se encuentra la necesidad de capacitación en las empresas de personal adecuado para su programación y asistencia, al tratarse de verdaderas herramientas informáticas, también su relativa vulnerabilidad frente a las agresivas condiciones del medio industrial, si bien, al transcurrir el tiempo, el nivel de fiabilidad y disponibilidad de estos sistemas se ha mejorado considerablemente.

2.6 Automatización

Según Sanchis y Romero en 2010 [13], un sistema automatizado (máquina o proceso) se define como la capacidad de responder de manera independiente (sin la acción del operador) a los cambios que ocurren dentro de él, para realizar las acciones necesarias y así completar la tarea para la cual fue diseñado. La figura 5 muestra la estructura típica de un sistema automatizado.

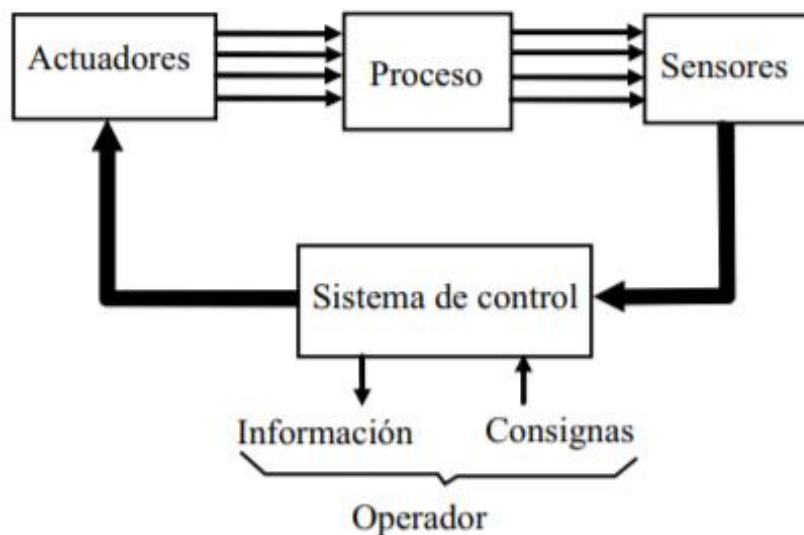


Figura 6. Estructura de un sistema automatizado.

Como se puede ver, este es un sistema cerrado en el que se procesa la información sobre los cambios en el comportamiento, registrados por sensores, lo que da como resultado las acciones necesarias que se realizan en el sistema mediante actuadores. Este sistema de control finalmente se comunicará con el operador, recibiendo de él instrucciones operativas, tales como arrancar,

parar, cambiar el método de producción, etc., y enviar información sobre el estado de el proceso(para la supervisión del correcto funcionamiento). Automatización es el nombre de todo el sistema, aunque este término muchas veces se refiere al sistema de control, ya que es el que realiza acciones de forma automática en base a la información obtenida por los sensores. Las señales de entrada y salida pueden ser de cualquier tipo, sin embargo el concepto tradicional de automatización se utiliza para sistemas de eventos discretos (también llamados sistemas secuenciales) donde estas señales son binarias, es decir. solo puede tomar 2 valores, activo o inactivo (estos valores se suelen representar como 1 o 0). En ese caso el sistema de control implementa el algoritmo de lógica binaria que relaciona los valores que van tomando en cada instante las entradas (1 ó 0) con los valores que deben ir tomando en cada instante las salidas (también 1 ó 0) para que el sistema funcione adecuadamente.

2.6.1 Niveles de automatización

La automatización de los procesos de producción persigue los objetivos:

- Mejorar la calidad y mantener un nivel de calidad uniforme.
- Producir las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Incrementar la productividad y reducir costos.
- Hacer más flexible el sistema productivo (facilitar los cambios en la producción).

Estos objetivos se han convertido de hecho en requisitos indispensables para mantener la competitividad, por lo que el aumento del nivel de automatización de los procesos es simplemente una necesidad para sobrevivir en el mercado actual.

Se pueden distinguir varios niveles en la automatización de un proceso productivo:

1. Nivel de máquina. En este nivel se considera la automatización de una máquina que realiza una tarea productiva simple determinada.

2. Nivel de célula (de grupo). En este nivel se considera el control automatizado de un conjunto de máquinas que trabajan conjunta y coordinadamente para realizar un proceso de producción más complejo.

3. Nivel de planta. En este nivel se considera el control automatizado de toda la planta de producción que trabaja de forma coordinada para cumplir unos objetivos de producción global de la fábrica.

4. Nivel de empresa. En este nivel se considera el conjunto de la empresa (gestión, ventas, producción).

Los niveles 3 y 4 requieren de una red informática que permita el flujo de todos los datos de la empresa relacionados con la producción y la gestión. En esencia estos niveles se implementan mediante ordenadores conectados entre sí y con las células de producción del nivel 2. En el nivel 2 puede haber una red local de comunicación entre los distintos elementos de una célula (si las máquinas están muy separadas). La implementación de los niveles 1 y 2 se realiza mediante sensores, accionadores y equipos de control. Un automatismo es en esencia una máquina o un proceso automatizado. Los automatismos definen, por tanto, los niveles 1 y 2.

2.6.2 Descripción tecnológica del automatismo

La descripción tecnológica del automatismo es el conjunto de elementos físicos que lo forman. En concreto, estos elementos son los sensores, los actuadores y el sistema de control. Por otra parte, está la descripción funcional, que se refiere a las características de funcionamiento del sistema automatizado. Los sensores son cosas que le permiten obtener información sobre lo que está sucediendo en el proceso. En función de la información que proporcionen, se pueden distinguir dos tipos de sensores:

Detectores. Son los sensores que proporcionan una salida binaria (activa o inactiva). Son los que más se utilizan en los automatismos secuenciales. Los más frecuentes son los detectores de proximidad, que normalmente detectan la presencia de un objeto, aunque también son frecuentes los detectores de nivel, de temperatura o de presión.

Captadores. Son los sensores que proporcionan una salida continua proporcional a una magnitud física. Esta salida puede ser analógica (en tensión o en corriente), o digital (codificada en binario, o en forma de pulsos). Los captadores se utilizan en los sistemas de control continuo (como los PID), en los que se controla una variable continua. En automatismos secuenciales también son frecuentes, utilizándose el valor continuo para obtener un valor binario mediante

comparación con un límite determinado (la temperatura es superior o inferior a 70o, por ejemplo).

Los actuadores son los elementos que permiten traducir las señales eléctricas de salida del sistema de control en actuaciones físicas sobre el proceso. Fundamentalmente pueden ser neumáticos, hidráulicos o eléctricos. En los tres casos se distingue entre preactuadores y actuadores. Los preactuadores neumáticos e hidráulicos son las electroválvulas, mientras los actuadores son principalmente los cilindros (aunque también hay actuadores de giro neumáticos o hidráulicos). Los preactuadores eléctricos pueden ser los relés o contactores, o equipos más complejos como variadores de frecuencia, mientras que los actuadores eléctricos por excelencia son las máquinas eléctricas (principalmente rotativas, aunque también las hay de movimiento lineal). También son actuadores eléctricos las resistencias calefactoras. El sistema de control está formado normalmente por un autómatas programable industrial (aunque también puede ser un PC industrial o una tarjeta basada en microcontrolador).

Capítulo III

Metodología

En este capítulo se presentarán todos los tópicos de relevancia para el apoyo con la realización de este proyecto. Los tópicos por mencionar son los aspectos generales que trata la automatización de procesos, como también sus características generales. Se describe el enfoque, tipo y diseño de investigación, así como el objeto de estudio que se realizaron para la elaboración del proyecto.

3.1 Tipo de Investigación

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, combinatorio y probatorio. Ya que cada etapa puede ser trabajada independientemente gracias al diseño del proyecto. El orden es de tipo flexible porque se puede trabajar cualquier fase y redefinir cualquier área en todo momento. Partiendo de una idea general que se va delimitando por cada paso y una vez delimitada, se derivan los objetivos, tanto general como específicos y preguntas de investigación, se construyó el marco teórico. De las preguntas generadas se estableció la hipótesis, se desarrolló el procedimiento, y se trazó un plan, se generó una serie de conclusiones y recomendaciones (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

3.2 Diseño de Investigación

Este proyecto tiene un diseño de Investigación Descriptivo ya que busca detallar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice, describiendo el proceso de creación de una máquina galletera. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006). Este proyecto presenta el diseño, desarrollo, implementación de una máquina que mediante la aplicación de la neumática automatizará el proceso de vaciado de galletas pastisetas. Es una Investigación transeccional o transversal ya que el Proyecto se realizó en un solo momento, en un tiempo único que fue en el año 2021-2023 del mes de agosto a Diciembre (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006).

3.3 Hipótesis y Variables

3.3.1 Hipótesis de Investigación y Nula

Hipótesis de Investigación (Hi): Desarrollar una máquina capaz de realizar el proceso de vaciado de pastisetas en charolas, aplicando componentes neumáticos y electrónicos, para disminuir los tiempos de producción.

Hipótesis Nula (Ho): La creación de la máquina no cumplió con la calidad de galleta necesario ni los tiempos de producción requeridos.

3.3.2 Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional
Dependiente Electroneumática	El término de electroneumático se define a partir de las palabras electro que significa eléctrico y neumático que significa presión de aire. Por lo tanto, un sistema electroneumático es una integración de la electricidad y los componentes mecánicos con fuente de aire comprimido. La transferencia de energía en la neumática, como el bombeo de aire en un cilindro neumático debe ser controlado. Esta puede controlar la presión	Funcionamiento principal de toda la máquina, realiza todas las operaciones, ya que esta máquina no contiene ningún microcontrolador, sino que esta automatizada con pura electroneumática, utilizando relevadores, válvulas, entre otros componentes

	abriendo manualmente una válvula, detectando automáticamente su presión, o enviando una señal.	
Independiente Máquina de pastiseta	La máquina para galletas contribuye a mejorar la automatización de las panaderías, siendo indispensable debido a la popularidad de dichos bocadillos. Las galletas las podemos encontrar en diferentes formas, colores y sabores, y ya es posible realizarlas con un solo equipo.	Esta máquina podrá seguir todo el proceso desde cero para la realización y creación de las galletas pastisetas

Tabla 1. Variables

3.4 Objeto de Investigación

El objeto de investigación fue el proceso de vaciado de galletas pastisetas en charolas mediante la implementación de componentes neumáticos y eléctricos.

3.5 Materiales e Instrumentos

- Cilindros Neumáticos
- Sensores infrarrojos
- Válvulas neumáticas
- Compresor de aire
- Reguladores neumáticos
- Elementos electrónicos

- Investigación documental, se realizó una búsqueda y recuperación, análisis e interpretación de información obtenida por otros investigadores, fuentes documentales, manuales impresos y audiovisuales.

3.6 Procedimiento del Diseño.

El siguiente procedimiento representa los pasos que se realizaron para dar cumplimiento al objetivo específico del presente trabajo.

- Crear un diseño a partir de la idea de funcionamiento de la máquina galletera.
- Obtener los componentes requeridos para la creación del equipo.
- Realizar pruebas con diferentes tipos de secuencias para el vaciado de la masa en charolas.
- Realizar los ajustes necesarios para la obtención del producto solicitado.

Capítulo IV

Desarrollo

En el presente capítulo se muestra el desarrollo del proyecto. Empezando por la búsqueda de diseño y funcionamiento de máquinas de galletas para posteriormente crear diseño e implementación.

4.1 Búsqueda de información sobre máquinas de galletas

Existe una gran variedad de tipos de máquinas para fabricar galletas, Máquinas individuales y líneas completas para la fabricación de todo tipo de galletas: Amasadoras, líneas de laminación, troquelado, y corte de alambre, hornos, enfriamientos y equipos de sandwichado. Cada una con diferentes componentes y funcionamiento.

Para este caso en específico se buscó la manera óptima para la realización de las galletas tipo pastisetas. Se tomaron de referencias dispositivos comerciales, buscando específicamente máquinas que funcionaran con pura electrónica y neumática, sin ningún tipo de controlador, ya que esta máquina funcionará de esa forma.

Una de las máquinas vistas fue de la empresa IDEALMAC, ya que estas son alimentadas por aire comprimido y electricidad y montadas en una estructura equipada con ruedas pivotantes.

Los movimientos de la máquina son todos neumáticos gracias al empleo de aire comprimido y aseguran la potencia necesaria para las galletas.

4.2 Diseño general

Al tener definida el funcionamiento de la máquina y haber visto algunos modelos, lo siguiente fue la creación del diseño de la estructura general de toda la máquina. El diseño conceptual de la estructura principal de la máquina se realizó en el software Solid Works, en el cual crearon varios modelos hasta llegar a la base que deseaba y cumpliera con las características necesarias para el trabajo.

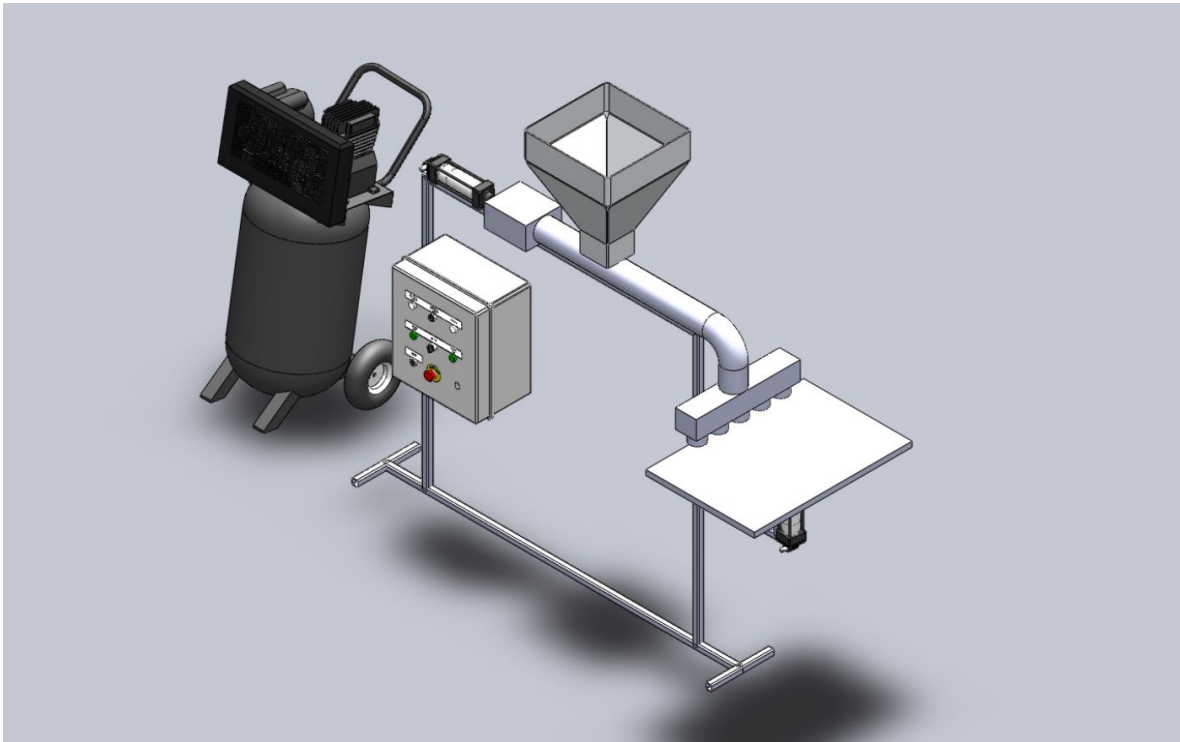


Figura 7. Diseño conceptual.

La estructura fue diseñada considerando la funcionalidad de la máquina, en donde se colocarán los componentes tanto neumáticos como electrónicos. Este diseño es el preliminar y se fueron agregando algunas modificaciones en la creación de la estructura física. Algunas de las modificaciones que se realizaron fueron que de la botonera se utilizaron dos botones, el botón de arranque y el botón de paro, fundamentales en el diseño de cualquier funcionamiento de máquina.

4.3 Creación de la estructura

Después del diseño se creó la estructura física. Para lo que primero se buscó el material para este. El material seleccionado fue ptr de 2 x 2. Ptr son las siglas de perfil tubular rectangular y, como su nombre lo indica se refiere a un material de perfil de acero que se caracteriza por ser una barra hueca, que se utiliza en la industria de la construcción para la fabricación de estructuras que no requieren un gran tamaño ni soportar gran peso.

Este material, esencial en la construcción y la herrería es considerado como elemento estructural con alta eficiencia ya que es capaz de admitir cargas porque puede incrementar su servicio de resistencia al combinarse con otros perfiles de acero.



Figura 8. Perfil tubular rectangular.

Como se muestra el diseño primero se empezó por la base inferior, que es lo que mantiene en pie la estructura de la máquina. El proceso que se llevó a cabo para la unión de los tubos de prt fue de soldadura. Encontrando la estabilidad de la estructura se siguió con cada elemento de esta, siguiendo el diseño realizado previamente. De esta forma siguiendo con toda la estructura general.

Lo siguiente fue agregar las bases donde los componentes se apoyarían, como la cama de sensores, la base para los componentes neumáticos, un panel donde se agregarían las electroválvulas y los componentes electrónicos, buscando siempre el soporte de todo y creando la sinergia para que los cables no tuvieran problema a futuro. Soldando cada parte y agregando tornillos para mayor estabilidad en donde se requiriera. Para al final soldar la parte de la bandeja y donde se lleva a cabo el proceso donde se empuja la masa.

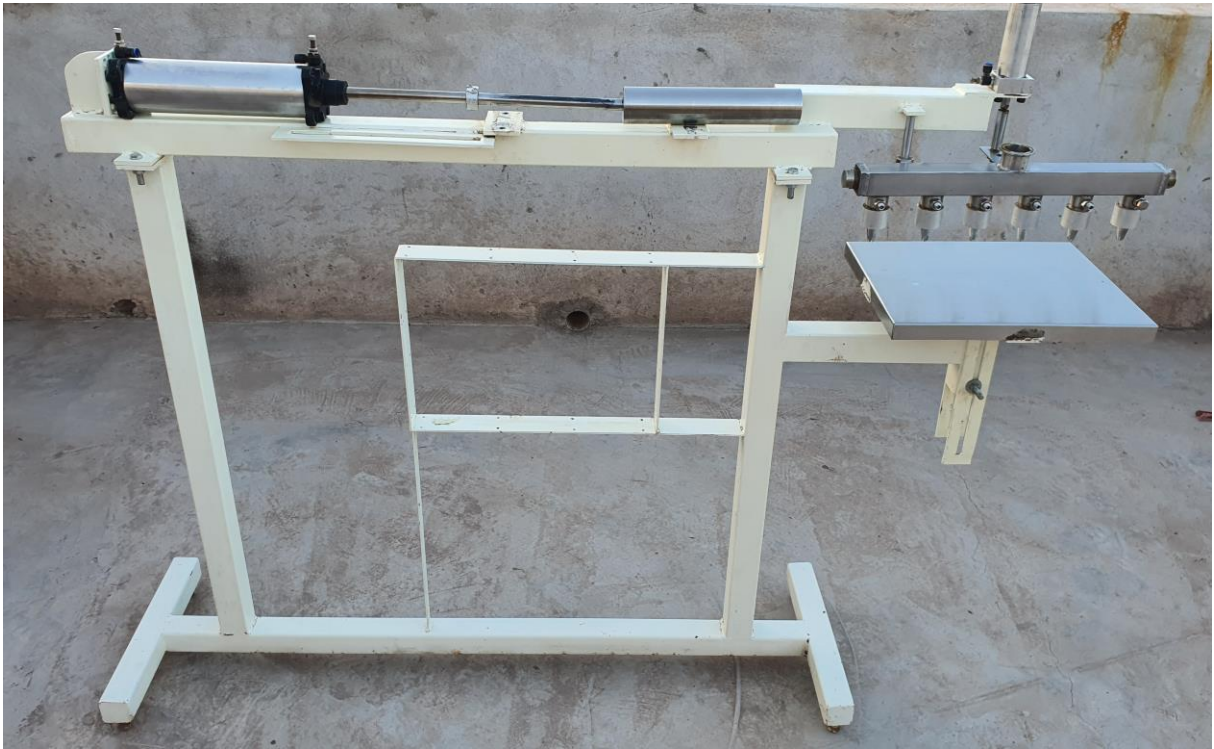


Figura 9. Estructura realizada.

4.4 Selección de componentes neumáticos.

Como se ha mencionado previamente en este documento para el proyecto se utilizará neumática, siendo una fuente de energía fácil de obtener y de fácil tratamiento para el control de máquinas y otros elementos sometidos a movimiento. La generación de este, su almacenaje y la utilización del aire comprimido son relativamente baratos y además ofrece un índice de peligrosidad bajo. Ideal para esta máquina.

El aire comprimido es limpio y no produce ningún ensuciamiento. Esto es muy importante, por ejemplo, en las industrias alimenticias.

Teniendo todas esas consideraciones lo primero que se obtuvo fue la fuente de poder de esto, lo que es un compresor de aire comprimido.



Figura 10. Compresor de aire.

Caballos de fuerza: 5 HP

Tanque: Vertical

Capacidad: 190 litros

Velocidad: 3400 RPM

Potencia: 2.2 KW

Alimentación: 127 Volts / 60 Hz / 15.6 A

Capacitor de arranque: 600 uf

Capacitor de trabajo: 80 uf

Tanque:

Presión: 123 psi / 0.85 MPa

Se prosiguió con la búsqueda de los componentes neumáticos como lo son los pistones neumáticos.



Figura 11. Cilindro neumático.

Material: aleación de aluminio

Diámetro interior: 100 mm

Diámetro exterior de la varilla del pistón: 24 mm

Carrera: 200 mm

Tipo de acción: doble acción

Medio de trabajo: aire

Rango de presión de funcionamiento: 0.15-1.0 MPa (22-145 psi)

Temperatura de trabajo: -20 °C - 80 °C

Una válvula es un interruptor empleado para controlar el flujo de aire, necesario para tener un control en toda la red neumática, por lo que se eligieron las siguientes válvulas.



Figura 12. Válvula.

Presión de trabajo recomendada: 1.0 MPa

Materiales: cuerpo y esferas fabricados de latón, palanca de acero.

Al igual que las válvulas se necesitaban electroválvulas para poder controlarlas con el circuito eléctrico.



Figura 13. Electroválvula.

Modelo: 4V320-08

Tipo: 5 vías 2 posiciones

Alimentación: 12VDC $\pm$ 10%

Fluido: Aire, Agua, Gas

Presión de trabajo: 0.15-0.8Mpa

Otros elementos necesarios para el circuito neumático son las mangueras que es donde se transporta el aire a cada componente, los reguladores y estranguladores para poder controlar la presión del aire y poder regularla a las necesidades requeridas. Y por último la selección de la unidad de mantenimiento para todo este circuito.



Figura 14. Manguera neumática.

Diámetro: 6 mm exterior - 4 mm interior

Material: Tubo de poliuretano

Fluido: Aire, Agua

Presión de trabajo: 0.8 MPa

Temperatura mínima y máxima soportada: 0 °C – 60 °C



Figura 15. Regulador de presión.

Medición: MPa – Psi

Presión: 0-1 MPa

Peso: 500 gramos

Longitud: 10 cm

Ancho: 10 cm



Figura 16. Unidad de mantenimiento.

Medición: MPa – Psi

Presión: 0-1 MPa

Peso: 800 gramos

Longitud: 15 cm

Ancho: 10 cm

4.5 Selección de componentes electrónicos.

Para el control de la maquina se utilizaron sensores y contactores, que unidos controlan las electroválvulas del circuito neumático y así se puede realizar de manera correcta la secuencia.

Los primeros elementos fueron los relés, estos componentes conectan y mandan con un coste energético relativamente bajo; se aplican preferentemente al procesamiento de señales. El relé

se puede contemplar como un interruptor accionado electromagnéticamente, para determinadas potencias de ruptura.



Figura 17. Módulo relevador.

Modelo: SRD-05VDC-SL-C

Corriente: 10 A

Voltaje máximo: 250 V AC

Tamaño: 53 x 18 x 17.5mm

Peso: 15 gramos

Para la detección de los fenómenos que suceden en el proceso de la elaboración de las galletas se colocaron sensores ópticos. Los cuales tienen la tarea de detectar la posición de los pistones.



Figura 18. Sensor fotoeléctrico.

Modelo: E18-B03P1

Voltaje: 6-36 VDC

Corriente de salida: 300 mA

Distancia de detección: 5-30 cm

Para el control del accionamiento y paro del circuito se creó una botonera, la cual contiene distintos componentes que la conforman. Teniendo leds en esta y en distintos lugares del circuito para tener constancia física de la verificación de las acciones.



Figura 19. Botonera ON/OFF.

Corriente: 10 A

Voltaje máximo: 380 V

Dimensiones: 15 x 6 x 4 cm

Para el ensamble y acomodo de todo los componentes y conexiones se seleccionó banco de terminales o clemas blancas y se eligió cable para el cableado.



Figura 20. Clemas.

Corriente: 10 A

Voltaje máximo: 380V AC

Dimensiones: 117 x 20 x 16 mm

4.6 Ensamble

Después de la selección de todos los componentes neumáticos y electrónicos se realizaron pruebas y caracterización de cada componente por separado para confirmar el correcto funcionamiento de cada elemento.

Al verificar el funcionamiento de cada uno de los componentes se montaron en la estructura, teniendo en cuenta el proceso de la realización de las galletas, montado todo en la estructura previamente diseñada y fabricada, utilizando los elementos seleccionados y cableando de manera respectiva.



Figura 21. Estructura montada con todos los componentes.



Figura 22. Pedal accionador.

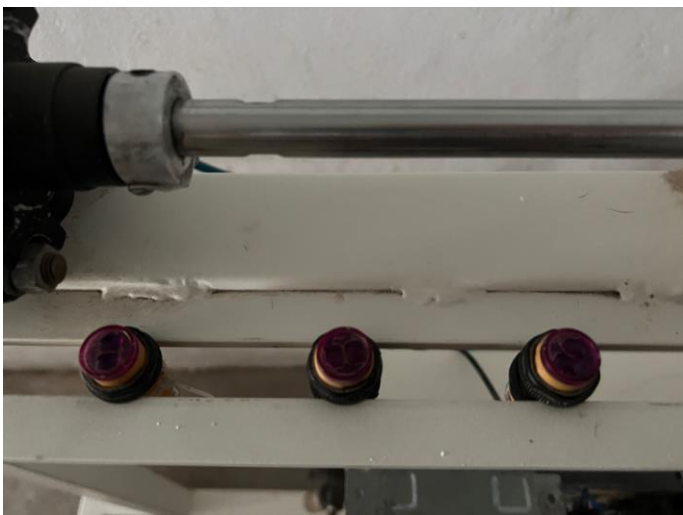


Figura 23. Sensores fotoeléctricos ensamblados.



Figura 24. Electroválvulas montadas.

4.7 Simulación

Se realizó una secuencia sencilla en el software FluidSim para pruebas, esta consiste en, un cilindro que se encuentra suministrando masa al sistema de manera continua, mientras un cilindro que se encarga de dejar entrar o no la masa al cilindro de empuje principal.

El sistema esta compuesto por los tres cilindros que componen a la maquina con sus respectivas electrovalvulas que los controlan, contemplando la parte neumatica del circuito. Se tienen representados los tres sensores fotoelectricos en el primer cilindro de la simulacion y colocados con distancias que correspondan a los sensores reales. Tambien se tiene representado el pedal de accionamiento con un switch y una valvula de alimentacion. La secuencia fue simulada por el modelo grafcet, en donde se determinaron las entradas y salidas, se colocaron los estados, las transiciones y condiciones.

En la imagen se muestra el sistema en estado inicial o de reposo, en el cual el cilindro obstructor permite el paso de masa, además el cilindro principal y cilindro elevador se encuentran contraídos. Tambien se puede apreciar el Grafcet, en donde se tienen de entrada el pedal de inicio y un boton de paro. De salida tenemos los solenoides que activan a las electrovalvulas.

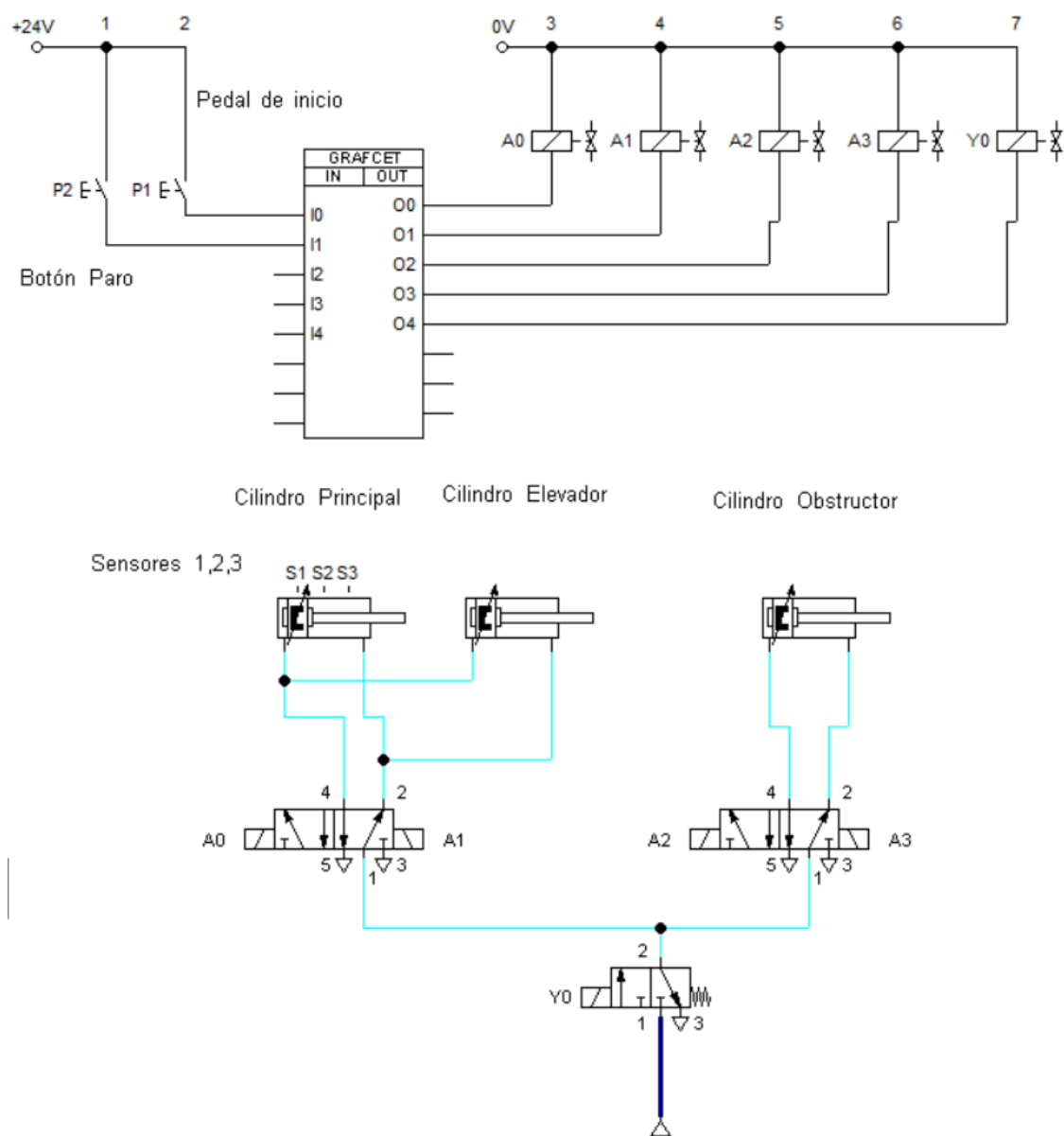


Figura 25. Simulación del sistema en estado de reposo.

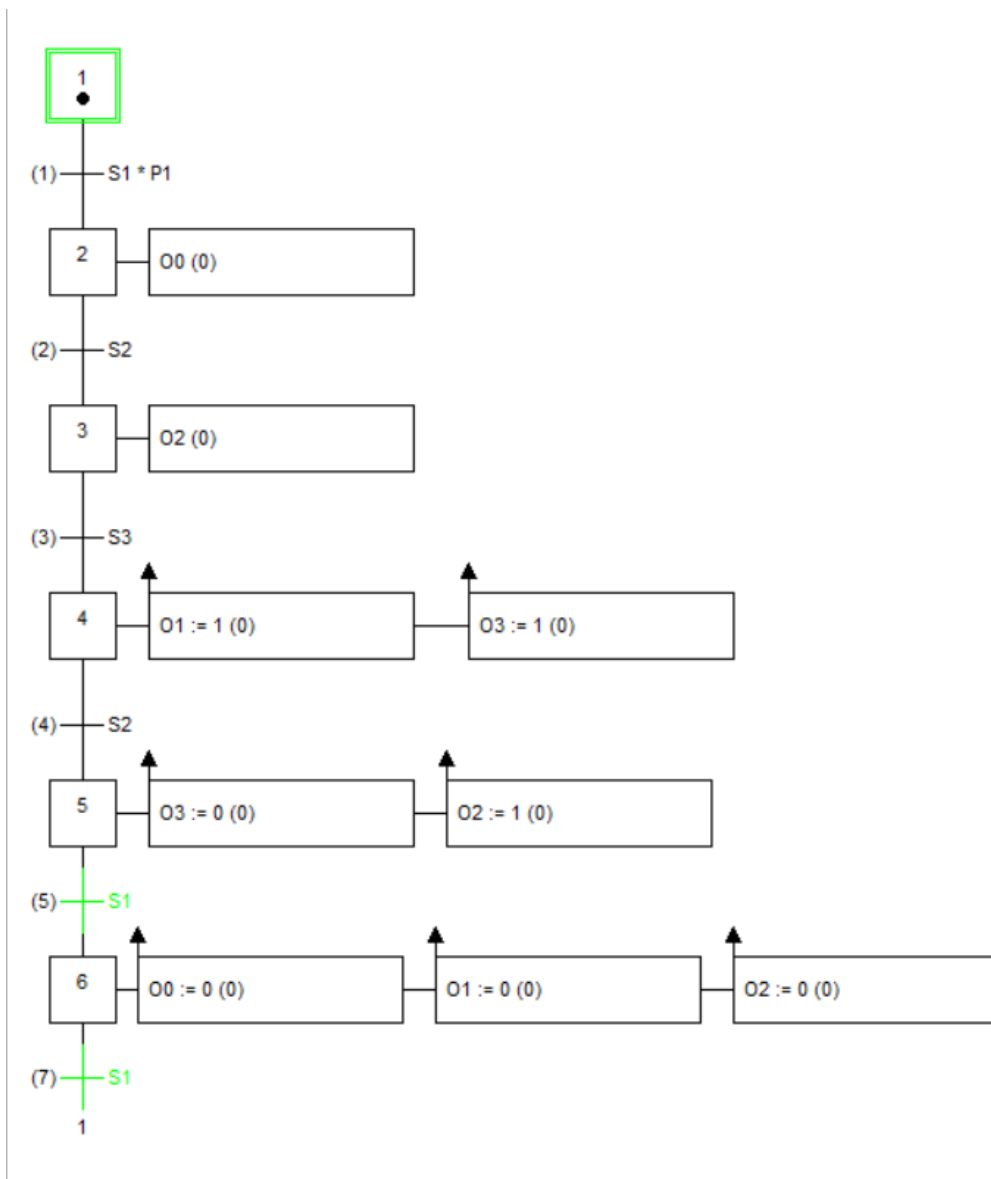


Figura 26. Grafcet en estado de reposo.

Aquí está el código del grafcet de la secuencia. Para que la secuencia inicie la primera condición es que tiene que estar activado el primer sensor S1 y estar presionado el pedal de accionamiento P1, cuando estos dos estén activados continúa al siguiente paso que es la activación de la primera electroválvula. Cuando se activa esta electroválvula saca los dos primeros pistones, los cuales son de empuje de masa y de elevación de las ducas. Cuando se activen estos cilindros se detectará el sensor S2, el cual activa la segunda electroválvula y saca el pistón tres, cuando el

pistón 1 llegue al final de carrera los tres cilindros regresaran a su posición inicial, pero cuando se vuelva a detectar el sensor S2 el pistón 3 volverá a salir.

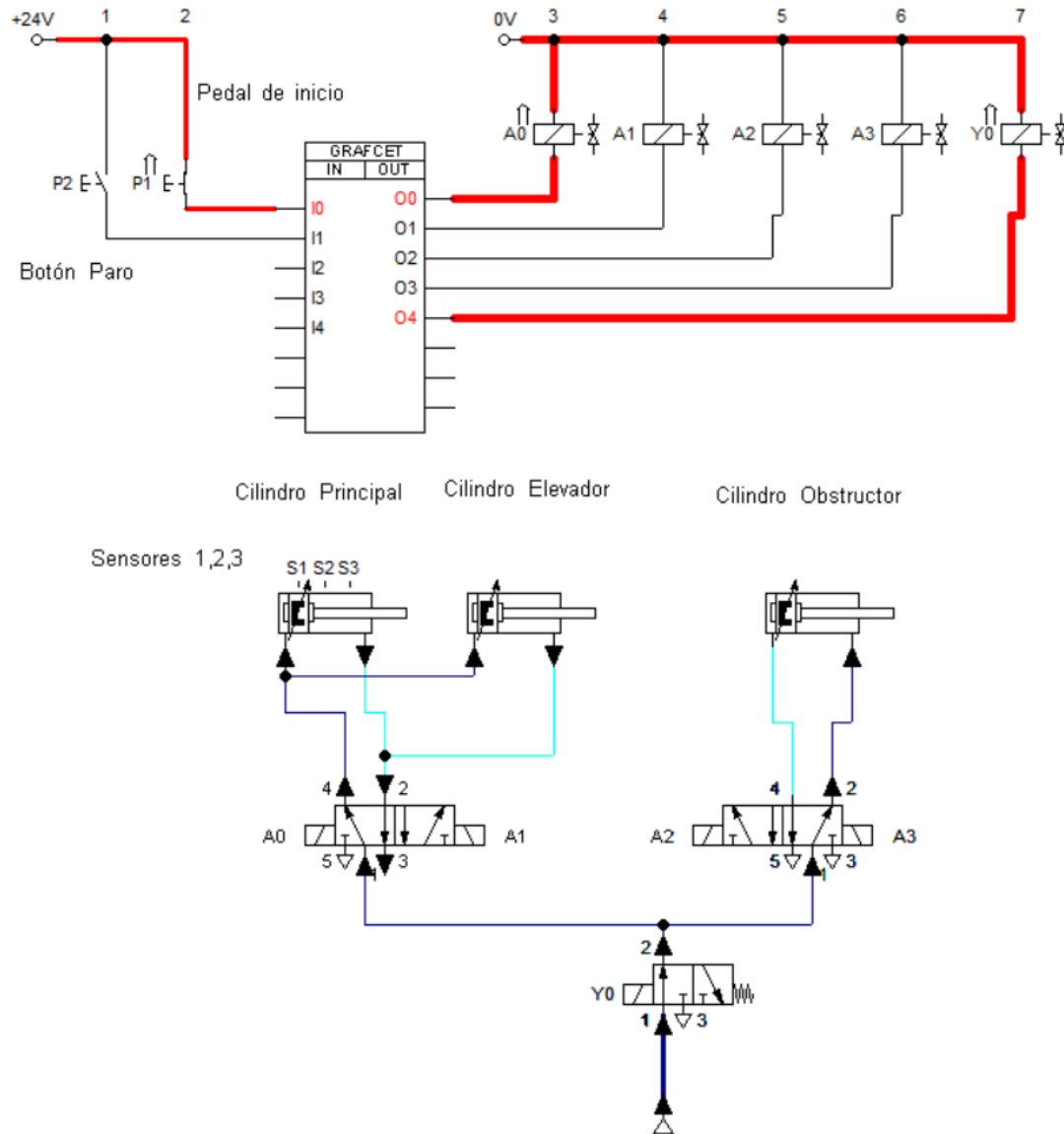


Figura 27. Simulación del sistema al detectar el primer sensor y presionar el pedal activador.

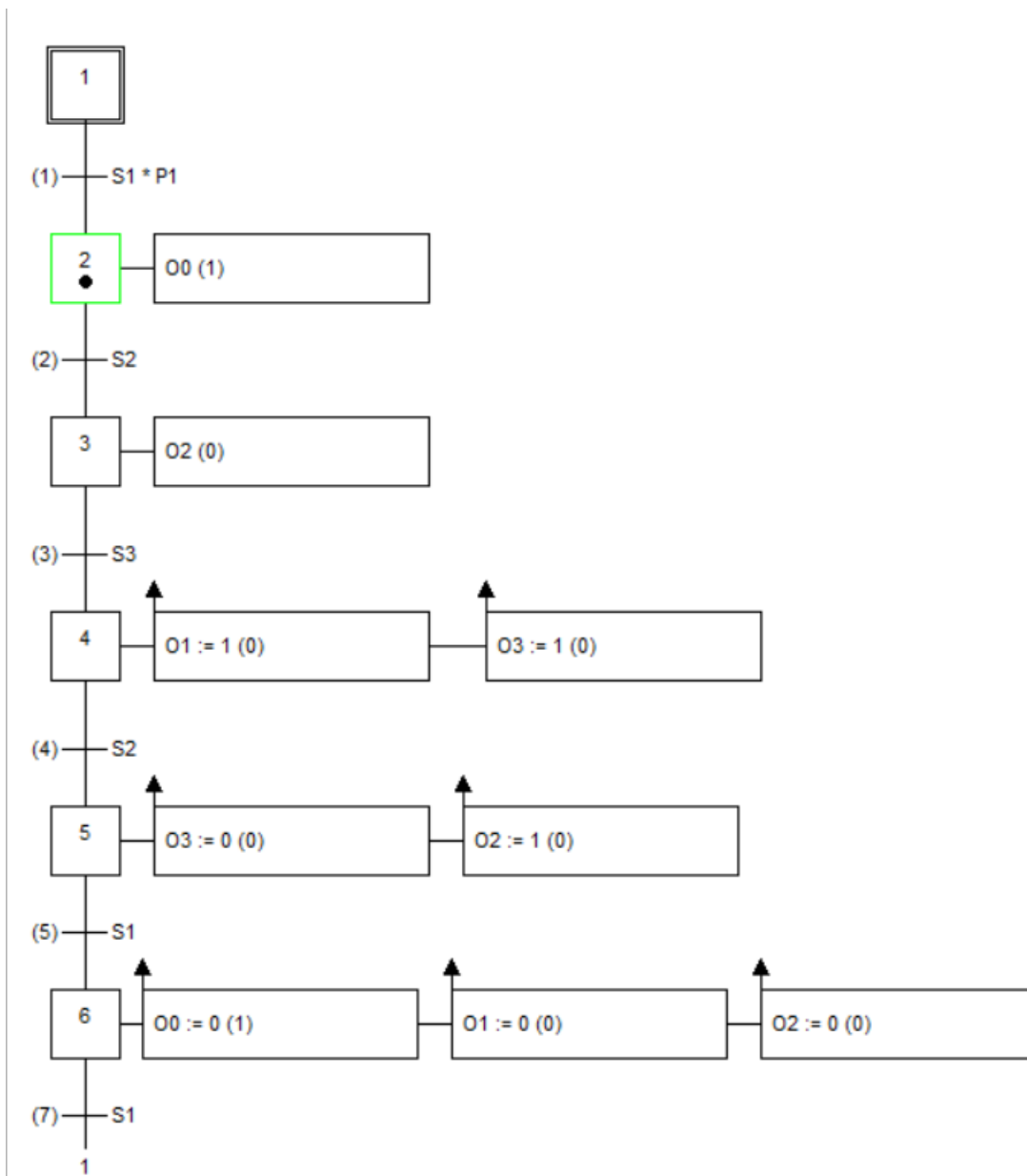


Figura 28. Grafcet al detectar el primer sensor y presionar el pedal activador.

Como se puede apreciar en la imagen se cumple la primer condicion y pasa al siguiente paso.

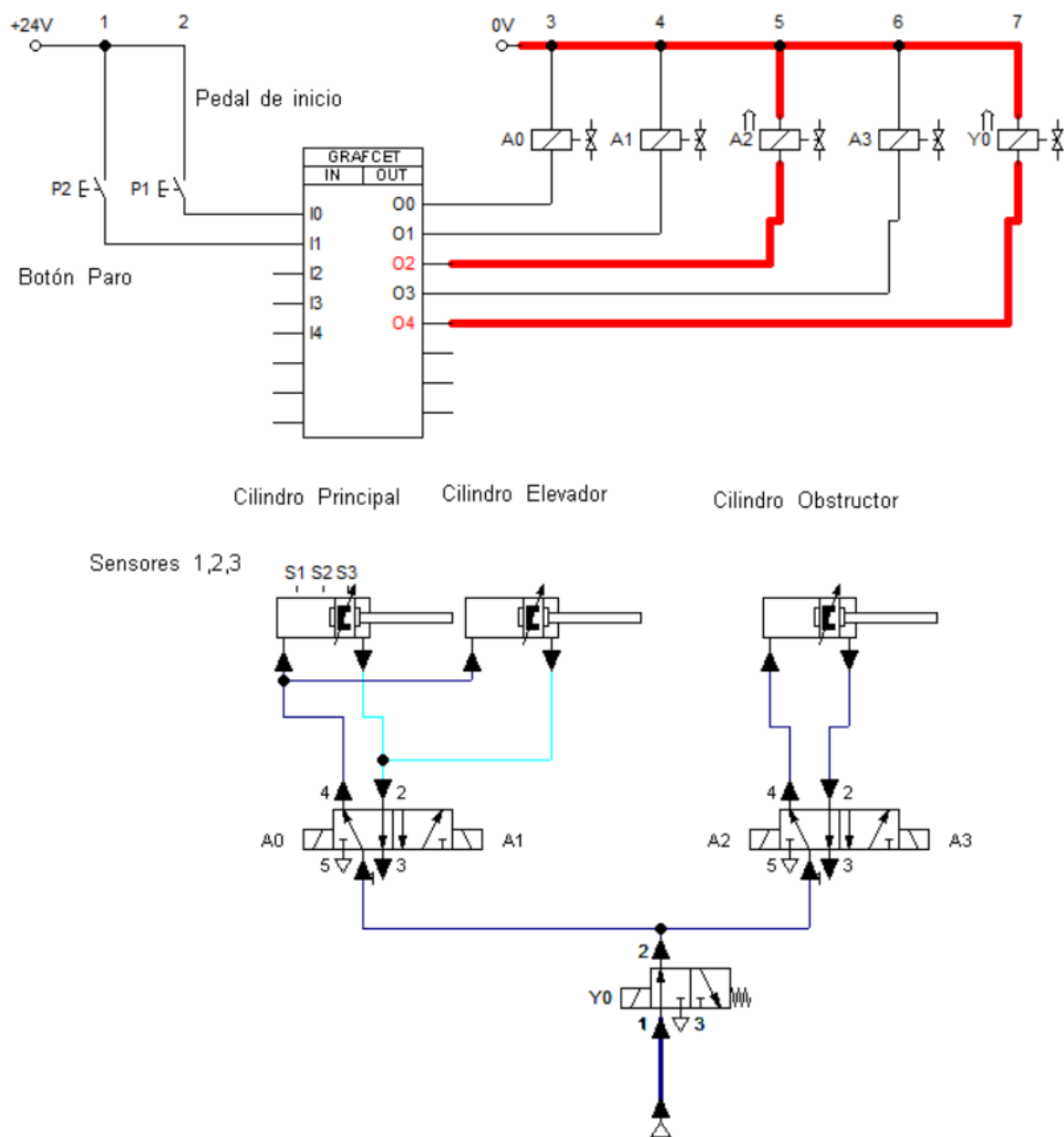


Figura 29. Simulación del sistema al detectar el segundo sensor fotoeléctrico.

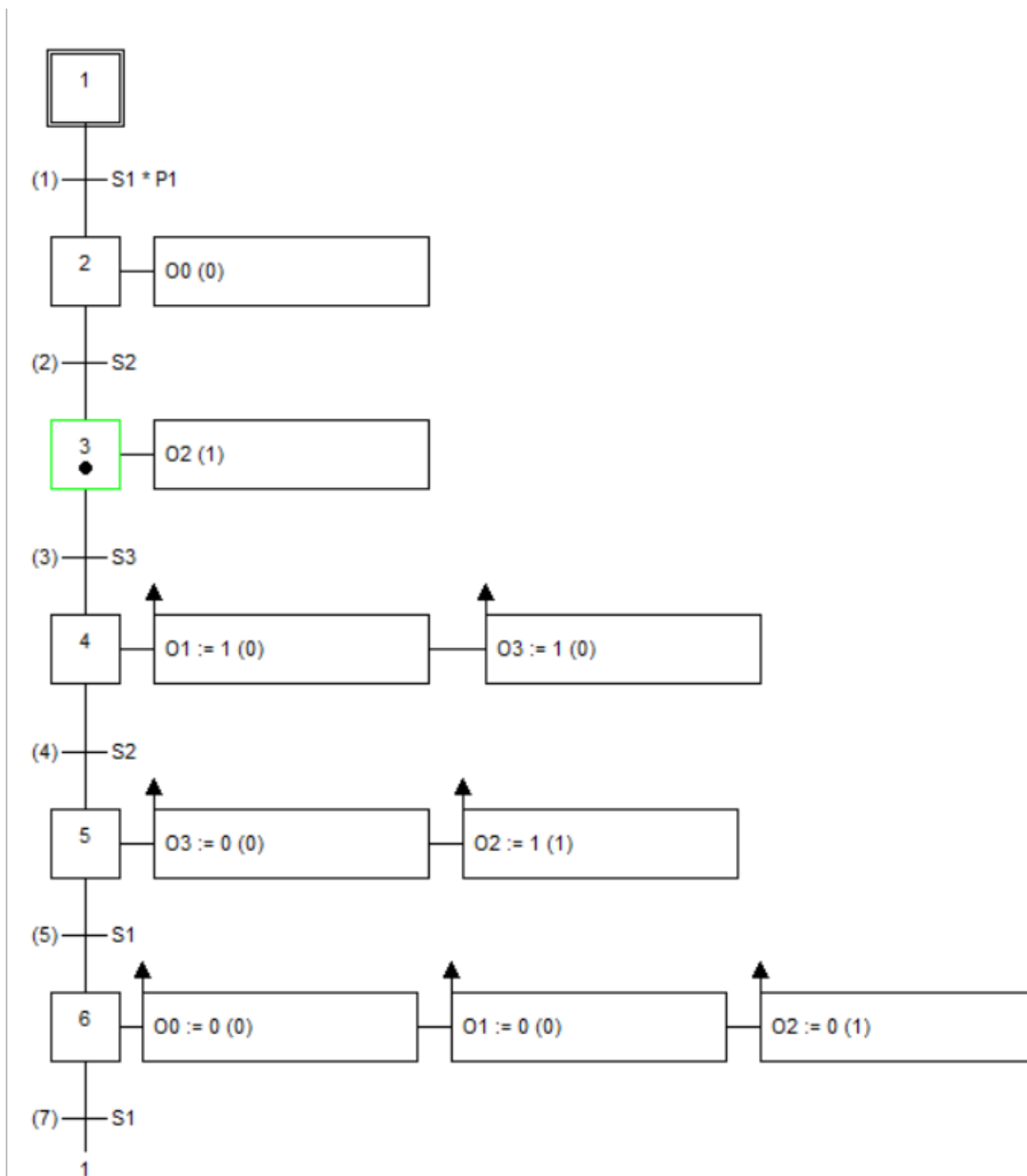


Figura 30. Grafet al detectar el segundo sensor fotoeléctrico.

Cuando el cilindro principal realice completamente su recorrido activará el tercer sensor óptico contrayendo así los tres cilindros, regresándolos a su posición inicial, y permitiendo que se ingrese más masa de nuevo al sistema para resetear la secuencia.

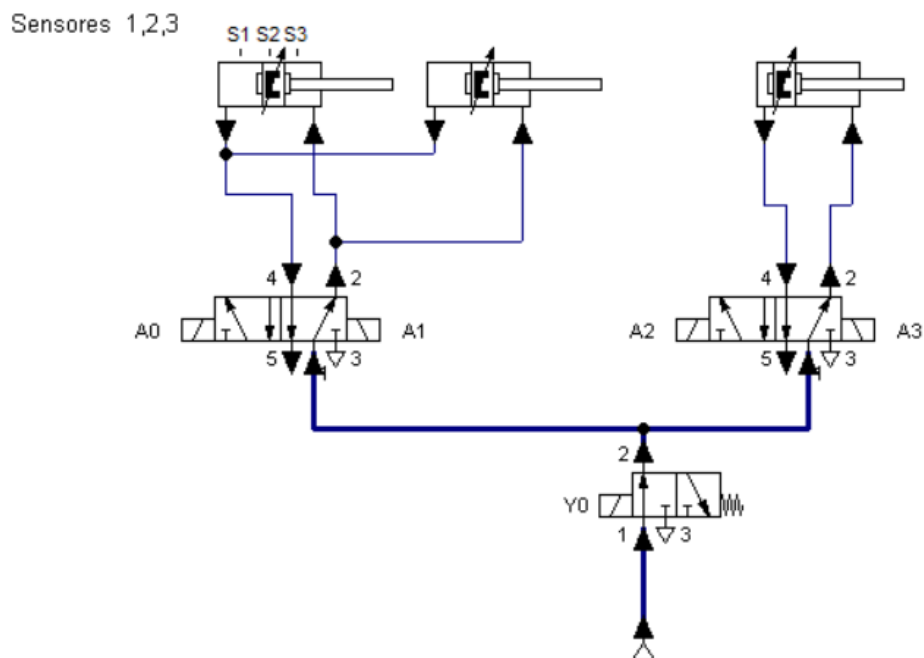
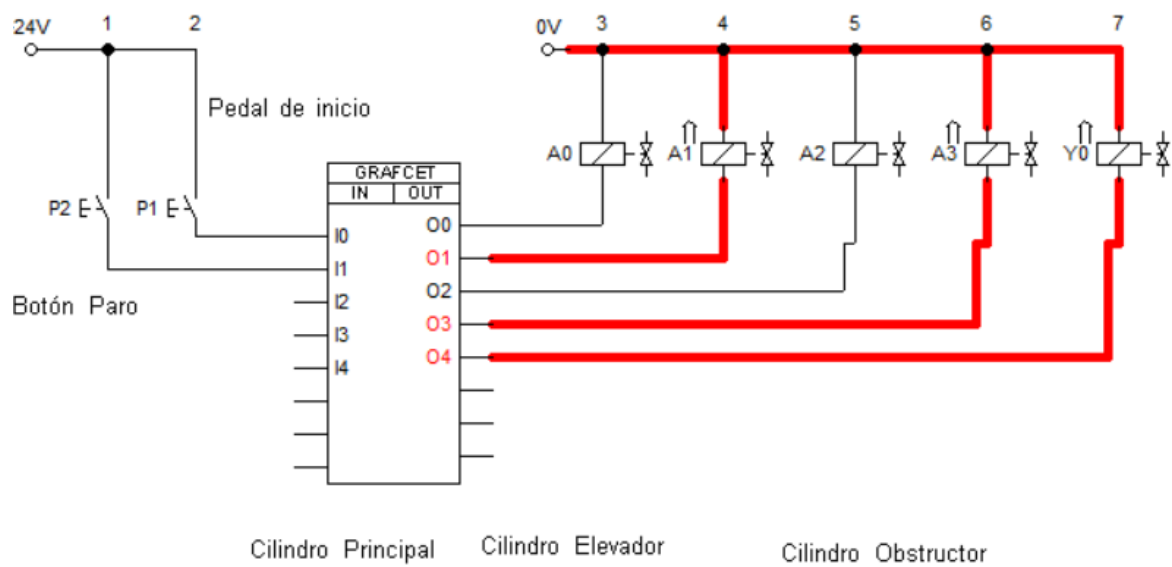


Figura 31. Simulación del sistema al detectar el tercer sensor fotoeléctrico.

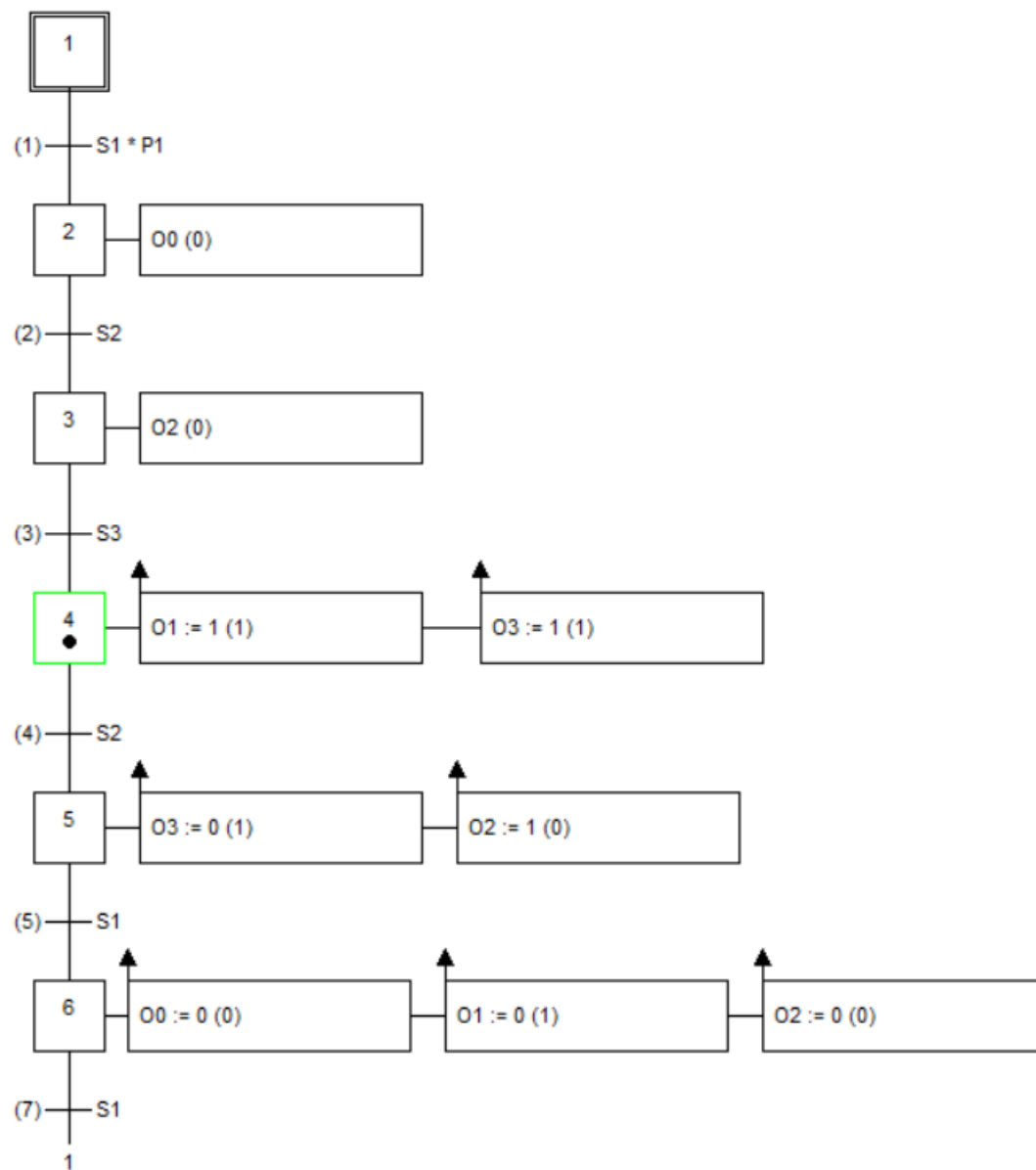


Figura 32. Grafcet al detectar el tercer sensor fotoeléctrico.

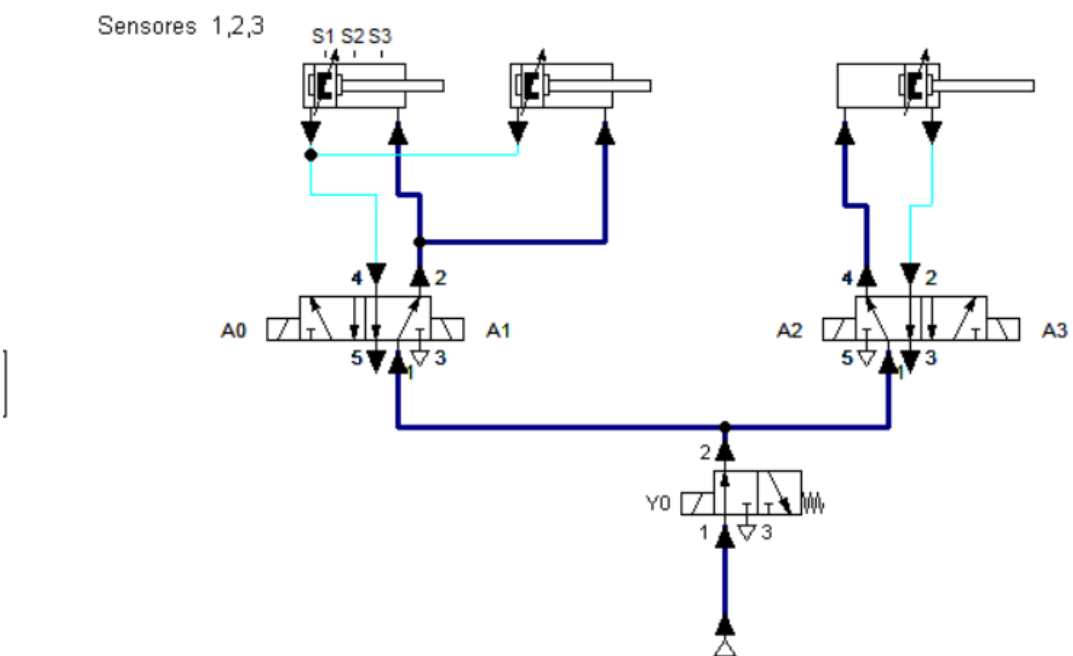
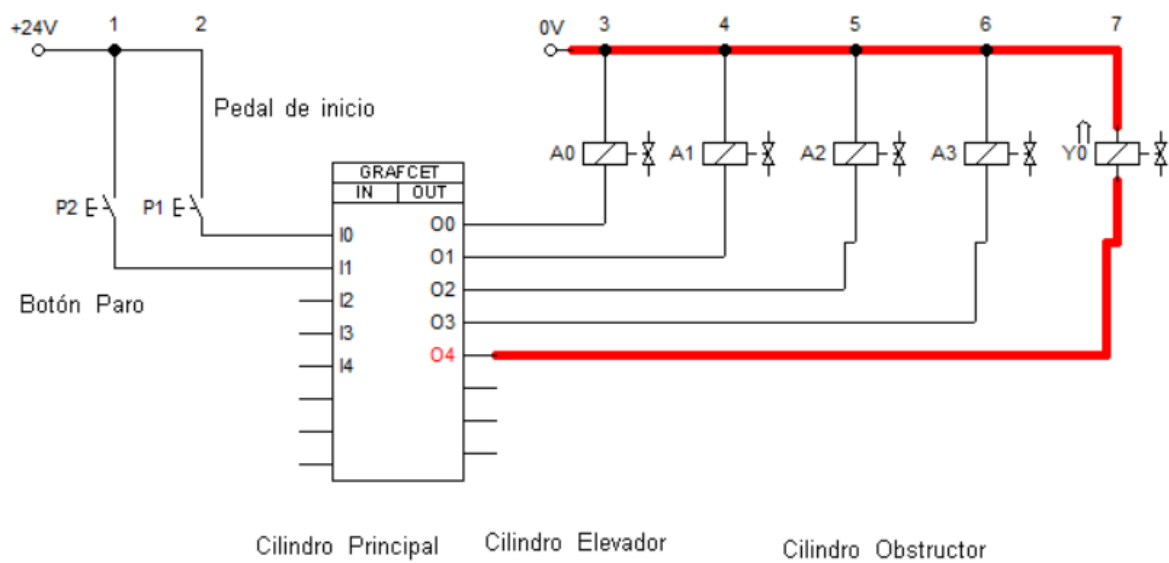


Figura 33. Simulación del sistema al terminar la secuencia.

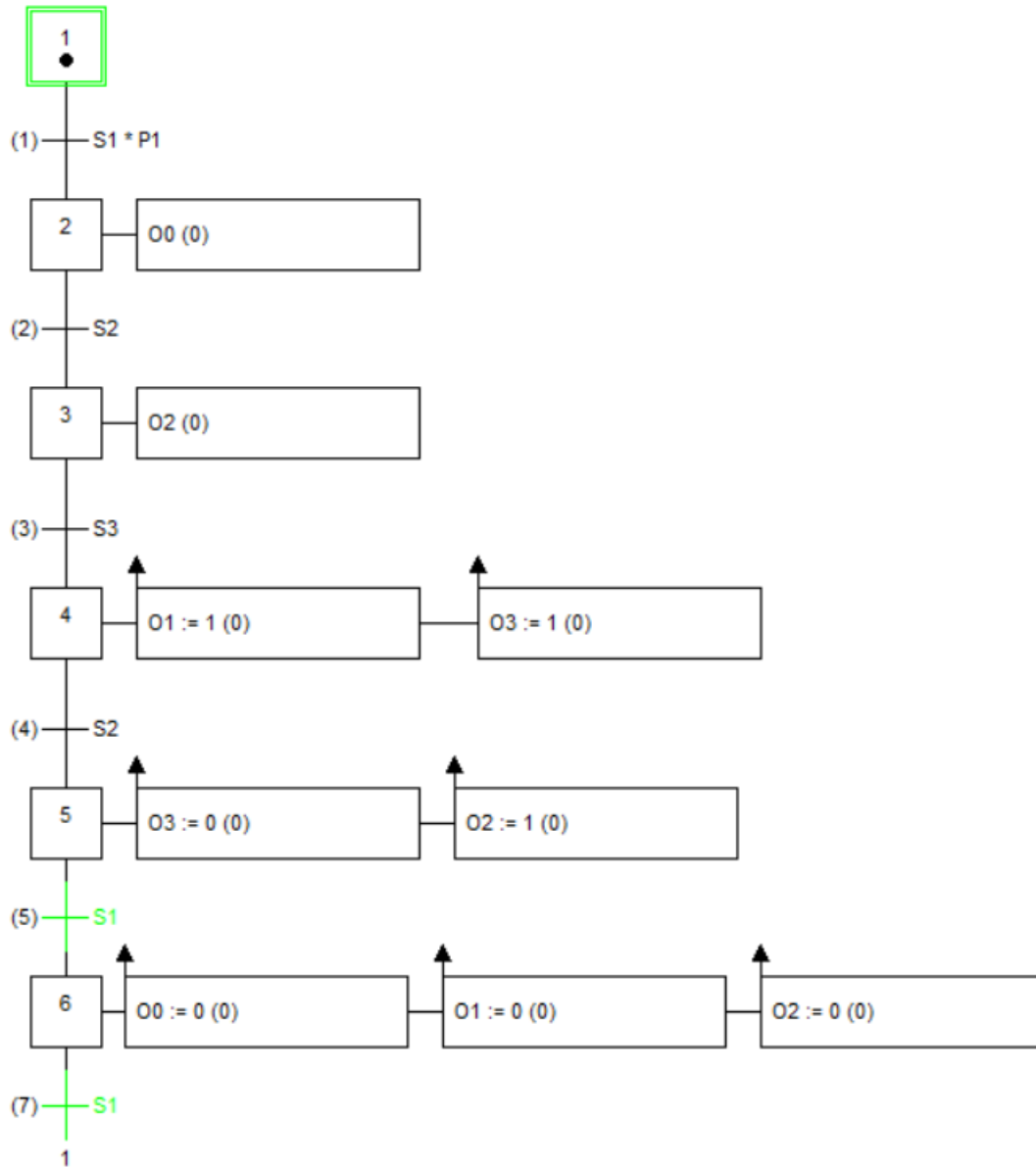


Figura 34. Grafcet al terminar la secuencia.

4.8 Pruebas y resultados

Al tener la secuencia funcionando físicamente, el siguiente paso fue determinar la forma de alimentación de la masa al sistema, se utilizó un cilindro de acero inoxidable el cual se llenaba con producto y encima se colocaba una pieza que simulaba un émbolo, al conectar el cilindro

al compresor dicho émbolo se encarga de empujar la masa a través de una manguera la cual inyecta la masa a la máquina.



Figura 35. Cilindro de alimentación.



Figura 36. Émbolo encargado de empujar la masa.

Una vez funcionando el sistema de alimentación de masa, se procedió a probar el bloque de obstrucción, es decir la parte de la máquina encargada de permitir o denegar el paso de más producto al sistema. Esta parte del proceso es de suma importancia ya que si no se evita el

ingreso de más producto la masa continuará avanzando a través de las mangueras, y no se tendrá la forma ni tamaño deseados.

A continuación, se muestra una imagen del bloque de obstrucción realizado.



Figura 37. Bloque de obstrucción.

Al momento de realizar las pruebas del bloque de obstrucción ocurrieron fugas de producto, estas fueron corregidas aplicando unos sellos y empaques en cada una de las mangueras y en cada conexión del bloque.



Figura 38. Sellos colocados en las mangueras.



Figura 39. Sellos colocados en bloque de obstrucción.

Una vez corregidas las fugas se procedió a calibrar el sistema, es decir, ajustar los reguladores de presión y ajustar las distancias entre los sensores ópticos, ya que, a mayor distancia entre los sensores, mayor tiempo de inyección tendrá y esto se traduce en una galleta de mayor tamaño. También se ajustaron los reguladores integrados de los pistones, con la finalidad de tener una velocidad moderada de los cilindros y así realizar la secuencia de manera correcta.

Al tener la máquina calibrada y todos los componentes funcionando de manera correcta se realizaron pruebas nuevamente. Esta vez teniendo resultados positivos, obteniendo una forma y tamaño de galleta aceptables.



Figura 40. Contenedor con masa para galleta pastiseta.



Figura 41. Máquina de galletas pastisetas en funcionamiento.



Figura 42. Primera charola completa de pastisetas realizada.



Figura 43. Segunda y tercera charola completa de pastisetas realizada.

Capítulo V

Conclusiones

5.1 Beneficios del proyecto

Al lograr automatizar el proceso de vaciado de galletas pastisetas se obtienen beneficios muy significativos ya que se consigue reducir el tiempo necesario para llenar las bandejas o charolas, lo cual se traduce en una mayor producción y por lo tanto en mayores ganancias para la empresa.

Se muestra a continuación una tabla comparativa entre el tiempo necesario para llenar charolas manualmente y el tiempo necesario para llenarlas utilizando la máquina creada.

Charolas	Tiempo método manual	Tiempo método máquina
1	1 minuto 50 segundos	40 segundos
10	18 minutos 20 segundos	6 minutos 40 segundos
20	36 minutos 40 segundos	13 minutos 20 segundos

Tabla 2. Tabla comparativa de tiempos

Utilizando la información obtenida en la tabla anterior, podemos calcular que en una hora de trabajo se producen manualmente un total de 32.7 charolas, mientras que utilizando la máquina se producen un total de 90 charolas, esto se traduce en un aumento de la producción de galleta pastiseta de un 175%.

5.2 Recomendaciones

El dispositivo funciona de manera correcta, sin embargo, se deben considerar algunas recomendaciones, es indispensable realizar una sesión de entrenamiento a los trabajadores que manipularán el equipo, donde se explique los elementos básicos que lo componen, así como el

funcionamiento básico de este. Es recomendable realizar un mantenimiento preventivo al equipo al menos cada dos meses, así como una limpieza completa de los componentes.

La máquina cuenta con áreas de oportunidad que pueden ser mejoradas a futuro, las dos principales son:

Mejorar el sistema de ingreso de masa al sistema, es decir buscar una forma más eficiente de colocar la masa de pastiseta en el sistema sustituyendo el cilindro vertical actual.

Detectar una solución a las burbujas de aire que aleatoriamente se filtran al sistema.

Con estas mejoras el sistema mejorará aún más la calidad de producción, además de hacer más productivo el proceso ya que se evitarían retrabajos o mermas.

Referencias

- Quispe y Calderón (2016) Uso de sensores industriales en la preparación de alimentos. [1]
- Machado (2010) Automatización de los procesos Productivos en la planta II División Partes y Piezas para la Empresa Indurama S.A. [2]
- Pineda (2011) Automatización del proceso de vaciado de galletas pastisetas en charolas. [3]
- Maite Pelayo (2010) Automatización de procesos alimentarios. [4]
- Dester Perdomo Pérez (2003) La mecatrónica en la ingeniería contemporánea. [5]
- W. Bolton (2006) Mecatrónica Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica, 5ta Edición. [6]
- Jaime Humberto Carvajal Rojas (2005) Revisión y análisis de diseño mecatrónico para diseño curricular transdisciplinario de programas de ingeniería multidisciplinares. [7]
- Victor Rossano (2010) Electrónica Digital. [8]
- Victor Pozo (2018) “Aplicación de sensores de proximidad para automatización de tareas en entornos hospitalarios”. [9]
- Ebel, Idler y Prede (2010) Neumática Electroneumática FESTO. [10]
- Enrique Eduardo Tarifa (2010) Teoría de Modelos y Simulación. [11]
- Emilio Garcia Moreno (2001) Automatización de procesos industriales Robótica y Automática. [12]
- Sanchs Llopis, R., Romero Pérez, J. A., & Ariño Latorre, C. V. (2010). Automatización industrial. Francia: Universitat Jaume. [13]