



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE CAJEME

AUTOMATIZACION DE MAQUINA ARMADORA DE CAJAS MODELO K

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN INGENIERIA MECATRÓNICA

PRESENTA

ING. FRANCISCO MANUEL ANGUIS ESQUER

DIRECTOR DEL PROYECTO

DOC. ALBERTO RAMÍREZ TREVIÑO



DICTAMEN DE LIBERACIÓN Y APROBACIÓN

F02PSA16J03

Fecha

30 de Noviembre 2021

No. de Registro

MIM-01

Dr. José Efraín Ruelas Ruiz.

Coordinador del Programa de la Maestría en ~~en~~ Ing. En Mecatrónica

PRESENTE

A través de este documento, me permito comunicarle que el alumno
cuyo trabajo de Innovación o tesis:

ING. FRANCISCO MANUEL ANGUIS ESQUER

AUTOMATIZACION DE MAQUINA ARMADORA DE CAJAS MODELO K (SECCIÓN PROGRAMACIÓN)

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 en Mecatrónica.

Sin más por el momento, quedo de Usted.

Dr. Alberto Ramírez Treviño

Nombre y Firma del Director de Tesis

Director de Tesis

30 de Noviembre de 2021

Fecha

DICTAMEN DE ACEPTACION - COMISIÓN REVISORA

PRESIDENTE

Dr. Alberto Ramírez Treviño

Nombre

Firma

30 de Nov de 2021

Fecha

MIEMBRO 1

Mtro. Dagoberto Rodríguez Rendón

Nombre

Firma

30 de Nov de 2021

Fecha

MIEMBRO 2

Dr. José Efraín Ruelas Ruiz

Nombre

Firma

30 de Nov de 2021

Fecha

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS:

Quiero dedicar esta tesis principalmente a mi familia, los cuales siempre han estado para apoyarme y darme ánimo para poder cumplir todas mis metas, al igual que a todos mis maestros que en cada paso fueron exigiéndome más y mejores cosas, logrando desarrollar mis habilidades para culminar con un grado más. A mi esposa por su infinito apoyo e insistencia.

INDICE

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS:	3
RESUMEN:	7
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 Antecedentes	8
1.2 Definición del Problema.....	9
1.3 Justificación	9
1.4 Objetivos	10
1.5 Alcances y Limitaciones	10
1.6 Estado del Arte.	11
CAPÍTULO II	12
FUNDAMENTO TEÓRICO.....	12
2.1 Sistema Mecánico.	12
2.1.1 Diseño asistido por computadora.	12
2.1.1.1 SOLIDWORKS	13
2.1.2 Sistemas Neumáticos.	14
2.1.2.1 Compresores de Aire.....	15
2.1.2.2 Actuadores Neumáticos.	16
2.1.2.3 Cálculo del consumo de aire.	18
2.2 Sistemas Eléctricos y Control.	19
2.2.1 Sensores Eléctricos.	20
2.2.2 Sensores Ópticos.	21
2.2.2 Sensores de proximidad.....	22
2.3 Sistema de Control.	22
2.3.1 Controlador Lógico Programable (PLC).....	23
2.3.1.1 Diagrama de escaleras.	24
CAPÍTULO III	25
PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS.....	25
3.1 Sistema Mecánico.	25
3.1.1 Diseño asistido por computadora (CAD).	27
3.1.2 Análisis Mecánico.....	27
3.1.2.1 Sistema de gatillos.	27

3.1.2.2 Sistema de compresión interna.	28
3.1.2.2.1 Sistema de compresión interna parte superior.	30
3.1.2.2.2 Sistema de compresión interna parte inferior.....	31
3.1.3 Mandril Utilizado.	32
3.2 Sistema Neumático.	33
3.2.1 Calculo de pistones neumáticos.	33
3.2.1.1 Sistema de gatillos.....	33
3.2.1.2 Sistema de compresión interna.	33
3.2.2 Calculo del consumo de aire.	34
3.2.2.1 Sistema de gatillos.....	34
3.2.2.2 Sistema de compresión interna.	34
3.2.3 Resumen Neumático.	34
3.3 Sistema Eléctrico y Control.	35
3.3.1 Etapa de alimentación.	35
3.3.2 Componentes de entrada.....	36
3.3.3 Sistema de control.....	37
3.3.3.1 PLC delta.....	37
3.3.3.2 Entradas y Salidas.	39
3.3.3.3 Definición de lógica y software utilizado.....	39
3.3.4 Etapa de potencia.....	41
3.4 Armado Físico.	42
3.5 Ajustes, pruebas y corrección de errores.	42
CAPÍTULO IV	43
RESULTADOS.....	43
4.1 Sistema Mecánico.	43
4.2 Sistema Neumático.	46
4.2.1 Resultados.....	46
4.2.1.1 Sistema de gatillo.....	46
4.2.1.2 Sistema de compresión interna.	47
4.3 Sistema Eléctrico y Control.	48
CAPÍTULO V	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49

5.1 Conclusiones.....	49
5.2 Recomendaciones.....	49
REFERENCIAS.....	50
ANEXO 1.....	52
ANEXO 2	53
ANEXO 3.....	55
ANEXO 4.....	63
ANEXO 5.....	64

RESUMEN:

En pleno siglo XXI, la industria es un campo que requiere innovación, mejora constante, evolución y optimizar tiempos y recursos para poder cumplir con las metas estipuladas. Es entonces cuando la ingeniería, de mano con las nuevas tecnologías entran en escena para brindar un soporte a la industria y permite crear mejoras a métodos tradicionales, menos costosos, más eficientes y que requieren menos mano de obra, eso es la meta de la automatización industrial, y en este trabajo, se ejemplifica lo que permite la ingeniería al momento de planearla, desarrollarla y ponerla en marcha, con el fin de cumplir las expectativas de la era contemporánea.

El presente trabajo habla sobre la automatización realizada a una maquina armadora de caja de la empresa Celulosa y Corrugados de Sonora S.A. de C.V., empresa que cuenta con una gran variedad de cajas y, de igual manera, de máquinas armadoras correspondientes a cada modelo de caja. En esta tesis se hablará sobre la máquina de modelo K. fabricada por el Centro de investigación en ingeniería de procesos y desarrollo tecnológico, CIIPDETEC por sus siglas.

La automatización de la máquina modelo K., consiste en la utilización de un PLC de marca delta para controlar un sistema electro neumático con la ayuda de pistones neumáticos y sensores de 24 volts. Todo con el fin de resolver un problema relacionado a la producción de cajas armadas y ajuste de la máquina.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Celulosa y Corrugados de Sonora C.A. de C.V. (CECSO) es una empresa dedicada a la fabricación de papel y cajas de cartón corrugadas a partir del reciclado de papel y cartón. En la fabricación de cajas de cartón corrugado se emplean varios procesos que comienzan desde la fabricación de una lámina de cartón hasta el troquelado, impresión y tratamientos especiales que brindan a cada caja las características requeridas por el cliente.

Los principales clientes de dicha empresa, son los agricultores que siembra sus tierras de cultivo para exportar su producto, ya sea tomate, aguacate, mangos, entre otros más, a lugares como Estados Unidos para obtener mayores ganancias. Por lo mismo, se compran cantidades mayores a medio millón de cajas, generando un problema al momento de armar las cajas manualmente, puesto que el proceso manual aumenta el costo del producto, junto a la cantidad de mano de obra requerida y tiempo de empaque.

CECSO, en su búsqueda de brindar un servicio mejor al cliente y productos de calidad, investiga y desarrolla distintos modelos de cajas, con propiedades especiales ajustados a la necesidad del cliente. Una caja especial, llamada modelo K, nació de la problemática generada al momento de estibar las cajas con producto dentro de congeladores, las cuales perdían su fuerza, resultando en el vencimiento de las mismas. El diseño resultó en un éxito, pero debido a la complejidad de los pliegues requeridos para el armado de dichas cajas, se solicitó una máquina con la capacidad de armar dicha caja.

1.2 Definición del Problema

El sistema actual de producción de las empresas cliente de CECISO, requiere que se lleve un monitoreo y mantenimiento constante por parte del Supervisor de Máquina o de “Empaques”, quien constantemente revisa el funcionamiento y realiza los ajustes preventivos y correctivos a las máquinas armadoras. Adicionalmente, cuando los clientes utilizan varios tipos de caja, suelen armarse con una sola máquina, por lo que el mismo supervisor se encarga de calibrar la máquina para una caja u otra. El sistema es funcional, pero tiene como defectos los siguientes puntos:

- Dificultad a la hora de encontrar una falla.
- Tiempos de reparación largo al momento de realizar ajustes.
- Calibración tardada.
- Paro constante de producción para poder brindar servicio a las máquinas.

Aparte de los problemas mencionados, la cantidad de supervisores es muy limitada, y con varios clientes y máquinas en la región, se requiere que los mismos supervisores, roten entre empaques y tengan que ir de prisa a otro empaque, facilitando los errores humanos al momento de ajustar.

Por lo tanto, el problema se resume en lo siguiente:

“Ineficiencia en los ajustes de la maquina armadora de cajas”.

1.3 Justificación

Se requiere mejorar el proceso de ajuste de la maquina armadora de cajas para aumentar la eficiencia de los supervisores, para lo cual se propone automatizar mediante un controlador lógico programable (PLC) y actuadores neumáticos mejorar el proceso de ajusté. El plan es reducir en al menos un 40% los ajustes de máquinas y aumentar la producción de las maquinas armadoras en al menos 20%.

Si se logra resolver esta problemática, CECSO podrá ampliar su mercado de cajas, gracias a la mayor eficiencia de las máquinas y a su vez, sus clientes tendrán más variedad de cajas a escoger sin tener el problema de que no cuenten con máquina.

1.4 Objetivos

Objetivo General

Automatizar y sustituir mecanismo de máquinas armadoras de cajas modelo K, pertenecientes a Celulosa y Corrugados de Sonora para disminuir tiempos de ajuste, mantenimiento y servicio y mejorar la velocidad de producción de las mismas.

Objetivo Específico

- Ubicar y analizar los mecanismos con margen de mejora.
- Diseñar opciones para sustituir los mecanismos mecánicos existentes.
- Definir proceso y pasos lógicos para funcionamiento de nuevos mecanismos.
- Construir y poner en marcha los nuevos mecanismos.
- Probar y mejorar el proceso en medida de lo posible.

1.5 Alcances y Limitaciones

El trabajo se limita únicamente a la maquina armadora modelo K.

El trabajo tiene un alcance referente a la disponibilidad de la empresa, por no enfocarse en un solo proyecto.

1.6 Estado del Arte.

En la actualidad en el estado del arte se encuentran diferentes empresas que realizar maquinas armadoras, ya sea el modelo mecánico o el automatizado, como por ejemplo una empresa llamada COMESA (ver anexo 2), la cual presenta su armadora modelo K automatizada, con varias diferencias de acomodo, pero los mecanismos tienen el mismo principio de trabajo, el sistema de pegamento es igual pero el producto (la caja) lo bajan a 90 grados de diferencia.

Otras empresas se enfocan mucho en los armados de cajas con un sistema de encintado, pero ya dependiendo sus necesidades empezaran a buscar otros mercados para expandirse. Por el momento esa empresa COMESA es la única que realizar ese modelo de caja en especial.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Sistema Mecánico.

2.1.1 Diseño asistido por computadora.

El diseño asistido por computadora, más conocido por sus siglas inglesas CAD (computer-aided design), es el uso de un amplio rango de herramientas computacionales que asisten a ingenieros, diseñadores y arquitectos. [1]

Las versiones actuales de la mayor parte de los paquetes CAD (ver Figura 1), permiten que la geometría de las piezas se codifique como modelados solidad en una base de datos para tres dimensiones. En un modelo solido se definen los contornos y las caras de las piezas. De esta información tridimensional, es posible generar automáticamente vistas ortogonales bidimensionales, las convencionales, si así se desea. La ventaja más importante de crear una base de datos geométrica de modelos sólidos 3-D para cualquier diseño es que la información correspondiente a propiedades de la masa se calcula con rapidez.

El usuario puede asociar a cada entidad una serie de propiedades como color, capa, estilo de línea, nombre, definición geométrica, material, etc., que permiten manejar la información de forma lógica. Además, se pueden renderizar los modelos 3D para obtener una pre visualización realista del producto.

Los sistemas de modelado solido proporcionan una interfaz con uno o más programas de análisis de elemento finito (FEA) y permiten una transferencia directa de la geometría del modelo al paquete FEA para análisis de esfuerzos, vibraciones y transferencia de calor. Algunos sistemas CAD, contienen una herramienta de creación de mallas, que genera automáticamente la malla FEA antes de enviar datos al programa también nombrado FEA. Esta combinación de herramientas es un medio poderoso de lograr diseños superiores, cuyos esfuerzos, cuando se trata de geometría muy compleja, se conoce con mayor exactitud de lo que sería posible con técnicas convencionales de análisis. [1]

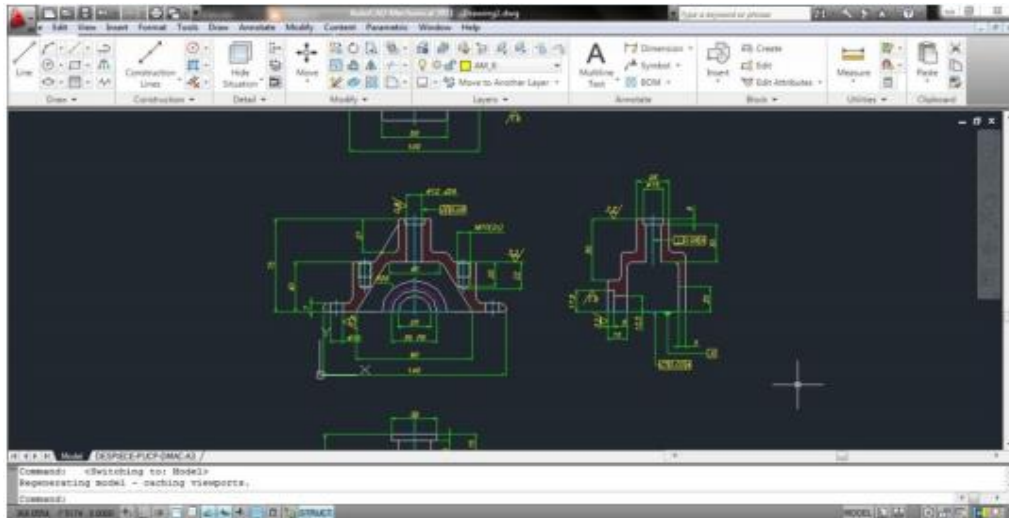


Figura 1 - Diseño realizado en el software Autocad Mechanical.

2.1.1.1 SOLIDWORKS

SolidWorks es un programa de diseño asistido por computadora para modelado mecánico desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp., para el sistema operativo Microsoft Windows. Es un modelador de sólidos paramétrico. Fue introducido en el mercado en 1995 para competir con otros programas CAD como Pro/ENGINEER, NX, Solid Edge, Autodesk Inventor, CATIA.

El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en trasvasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada. (ver Figura 2). [2]

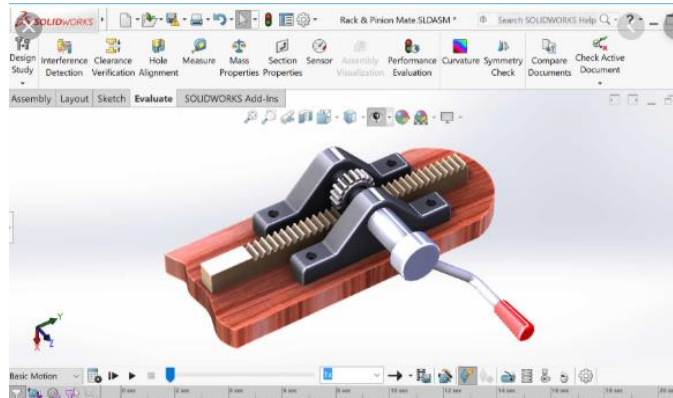


Figura 2 - Diseño en Solidworks.

2.1.2 Sistemas Neumáticos.

Los sistemas de aire comprimido proporcionan un movimiento controlado con el empleo de cilindros y motores neumáticos, y se aplican en herramientas, válvulas de control y posicionadores, martillos neumáticos, pistolas para pintar, motores neumáticos, sistemas de empaquetado, elevadores, prensas neumáticas, robots industriales, vibradores, frenos neumáticos, etc.

Las ventajas que presenta el uso de la neumática son el bajo coste de sus componentes, su facilidad de diseño e implementación y el bajo par o fuerza escasa que puede desarrollar a las bajas presiones con que trabaja, lo que constituye un factor de seguridad. Otras características favorables son el riesgo nulo de explosión, su conversión fácil al movimiento giratorio, así como al lineal, la posibilidad de transmitir energía a grandes distancias, una construcción y mantenimiento fáciles y la economía en las aplicaciones.

Entre las desventajas, figura la imposibilidad de obtener velocidades estables debido a la compresibilidad del aire, los altos costes de la energía neumática y las posibles fugas que reducen el rendimiento.

La neumática precisa de una estación de generación y preparación de aire comprimido formada por un compresor de aire, un depósito, un sistema de preparación de aire (filtro, lubricador y regulador de presión), una red de tubería para llegar al utilizador y un conjunto de preparación del aire para cada dispositivo neumático individual (ver Figura 3). [3]

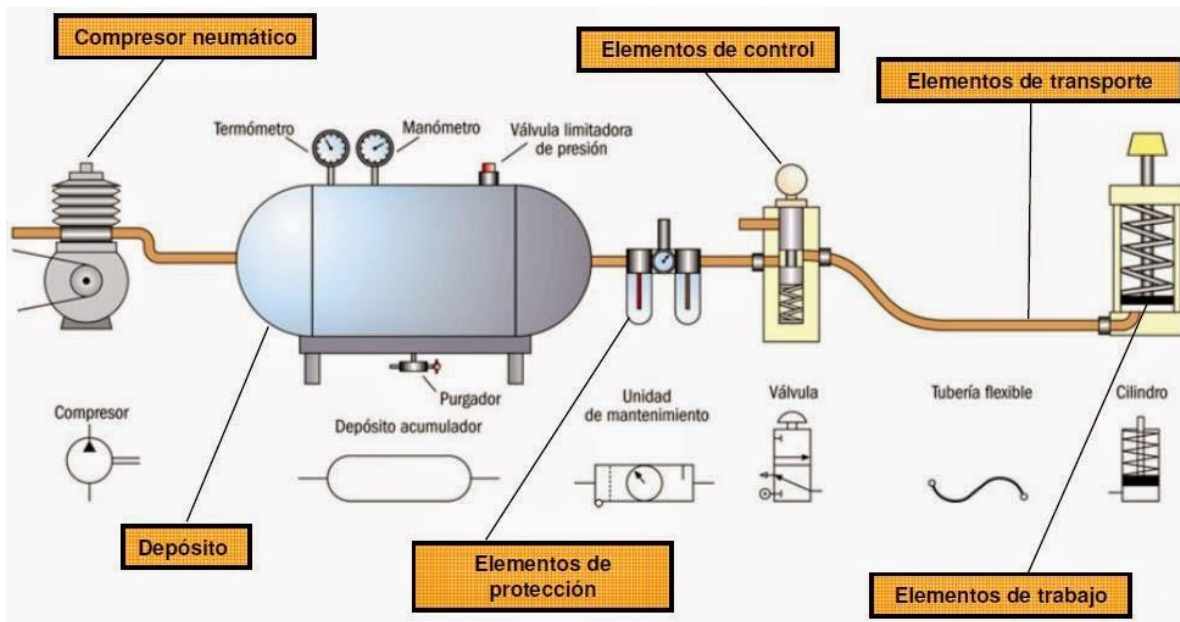


Figura 3 - Componentes de un sistema neumático.

2.1.2.1 Compresores de Aire.

Existen diversos tipos de compresores neumáticos, que son la fuente de energía de estos sistemas. Su función es básicamente generar aire comprimido mediante la reducción de volumen de aire encerrado en una cámara de almacenamiento. Los más comunes son los de desplazamiento positivo, cuyo funcionamiento se da gracias a la compresión generada con un actuador rotativo que ayuda a la dirección y encierro del aire mediante pistones.

Hay mucha variedad de tipos de Compresores, y se clasifican según:

- Número de etapas.
- Disposición de los cilindros con respecto al cigüeñal.
- Disposición geométrica.
- Tipo de actuador principal.
- Montaje.
- Lubricación.
- Enfriamiento.

Con esas características y con la necesidad de generación de aire y capacidad del tanque, se define cuál compresor es necesario elegir, aunque en términos más prácticos, los datos más importantes a conocer y que definen el compresor son la capacidad de entrega de aire y la presión que alcanza.

Los compresores de desplazamiento positivo requieren de algún método de lubricación, el cuál puede contaminar el aire comprimido y debe tenerse en cuenta al momento de elegirlo, aunque hay algunos diseñados para no requerir ninguna lubricación.

Los tanques de aire comprimido son un componente que se considera también como parte del compresor y que ayudan a reducir las caídas de presión en la salida y ayuda a mantener reservas en el mismo. Se deben tener en cuenta El volumen de entrega del compresor, consumo de aire y las tuberías que conectarán al compresor con el resto del sistema neumático. [4]

2.1.2.2 Actuadores Neumáticos.

Los componentes encargados de convertir el aire en energía mecánica son llamados actuadores neumáticos y se dividen principalmente en lineales y rotativos, aunque existen una combinación de los mismos llamados convenientemente Lineal-Rotativos. Los Lineales suelen ser los conocidos Cilindros y los rotativos Motores neumáticos, siendo los primeros los más utilizados y los que mayor variedad de aplicaciones presentan.

Los cilindros neumáticos son unos componentes que consisten en un cilindro cerrado en cuyo interior se encuentra un pistón que se mueve dentro de un vástago mediante la aplicación de una presión de aire comprimido. El cilindro se encuentra aislado y cuenta con una o más de entradas de aire, dependiendo de si se trata de un cilindro de simple efecto o de doble efecto o inclusive de los multiposición.

Los de simple efecto tienen una sola entrada de aire y cuentan con un resorte interno que permite que regrese a una posición predeterminada. (Ver Figura 4)

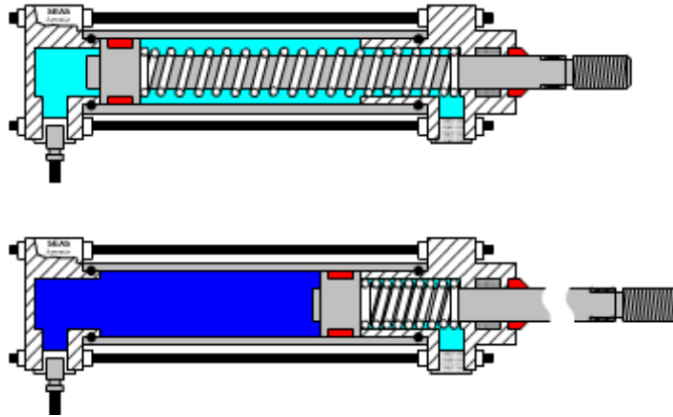


Figura 4 - Cilindro de simple efecto. (Atlantic International University).

Los de doble efecto son cilindros que cuentan con dos entradas de aire y tiene aire en sus dos cámaras. Su funcionamiento es mediante el empuje de aire de una de sus cámaras mientras que en el otro se retira el aire. Son los más comunes de utilizar y suelen ser controlados con válvulas direccionales. Su ventaja principal es el poder controlar tanto el avance como el retroceso. (Ver Figura 5).

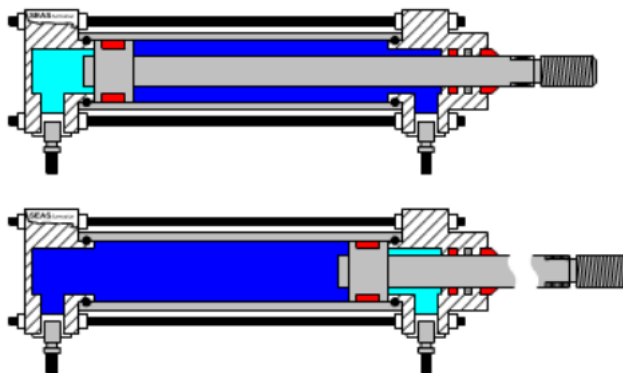


Figura 5 - Cilindro de doble efecto. (Atlantic Internacional University)

Existen otros cilindros como los Guiados, que son anti giro del vástago, los de doble efecto multiposición, tándem, telescópicos, etc.

Dentro de los actuadores giratorios tenemos actuadores de giro limitado como el actuador de paleta, que consiste en una paleta que gira con el impulso del aire y rara vez supera los 270°, cilindros de piñón cremallera, y en actuadores de giro no

limitado tenemos los motores de émbolo, motores de aire comprimido, motores de aletas y de engranajes. [5]

2.1.2.3 Cálculo del consumo de aire.

El consumo de aire del cilindro es una función de la relación de compresión, del área del pistón y de la carrera, según la fórmula:

Consumo de aire= (Relación de compresión) * (área Pistón) * (Carrera) * (Ciclos/minuto)

La relación de compresión referida al nivel del mar está dada por:

$$\frac{0.987 + P_{aire} (BAR)}{0.987}$$

El volumen de aire requerido para una carrera del pistón expresado en Cm^3 es:

$$V (dm^3) = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{D^2 (mm^2)}{10,000} \cdot \frac{L (mm)}{100} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4,000,000}$$

El consumo de aire en condiciones normales de presión y temperatura en un cilindro de doble efecto es:

$$Q=2\left(\frac{0.987+P_{aire} (BAR)}{0.987} \cdot \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4,000,000} \cdot n\right)$$

donde:

Q= Consumo total de aire en (dm^3/min).

D=Diámetro del cilindro(mm).

L= Carrera en (mm).

n = Ciclos por minuto.

2.2 Sistemas Eléctricos y Control.

Otra de las fuentes de energía que se utilizan en los sistemas de control, es la energía eléctrica, que es la fuente principal para el control y operación de muchas partes.

La electricidad es una rama de la física que estudia el movimiento de las cargas que presentan los electrones, mientras que la electricidad es una energía generada aprovechando las propiedades de los electrones y es de las fuentes de energía más utilizadas en todo tipo de sistemas, contando con distintos componentes que conforman un sistema eléctrico o electrónico. [6]

Un sistema eléctrico es un sistema que se alimenta y manipula la energía eléctrica para generar un resultado controlado y definido, como, por ejemplo, el encendido de un motor eléctrico.

Un sistema eléctrico suele dividirse en distintas etapas, utilizando diversos componentes con funciones específicas que aprovechan las propiedades físicas de los materiales para poder cumplir dicha función. Las principales cualidades que varían son la resistencia eléctrica y la capacitancia, siendo la resistencia eléctrica el impedimento de paso de electricidad por un material, y la capacitancia siendo el diferencial del potencial eléctrico en relación con la carga eléctrica.

Una característica particular de la Electricidad es que se generan campos magnéticos que permiten crear fenómenos físicos, como en el caso de los motores.

Las etapas principales de un sistema eléctrico son:

-Alimentación.

En la etapa de alimentación es cuando se introduce la electricidad a un sistema, en algunas ocasiones se manipula para ser transformada, ya sea convirtiendo la energía en directa o cambiando el voltaje con ayuda de un transformador.

-Seguridad y Aislamiento eléctrico.

En la etapa de seguridad se introducen varios componentes eléctricos que permiten proteger al sistema de fallos eléctricos como caídas de tensión, sobre carga, calentamiento, etc.

-Entrada y Control.

La etapa de control consiste en una serie de componentes que ayudan a la toma de decisiones tales como encendido y apagado de componentes, detección de estados, entre otras funciones más. En esta etapa se suelen utilizar sensores, y transductores para la entrada de datos, y se puede utilizar algún componente electrónico para el procesamiento de estos, ya sea un microcontrolador, un PLC o simplemente arreglos lógicos con relevadores y otros componentes eléctricos que permitan procesar las señales de entrada.

-Potencia.

En la etapa de potencia se reciben las señales eléctricas de control y se transforman en señales de potencia, que viene siendo la energía que utilizarán los actuadores para funcionar, por ejemplo, se tiene una señal de 10VDC y se quiere encender un motor 220AC, lo más sencillo sería mandar la señal de control de 10VDC a un relevador y en la salida alimentar de 220VAC que se dirija al motor en cuestión.

-Actuadores.

Los actuadores son todos los componentes encargados de realizar acciones físicas, como los motores, cargas eléctricas, electroválvulas, generación de luz o de sonido, etc. [7]

2.2.1 Sensores Eléctricos.

Los sensores son componentes electrónicos utilizados en todos los procesos de automatización para identificar estados o propiedades físicas, cuya característica principal es el cambio de un tipo de energía o señal a un cambio eléctrico el cuál puede ser procesado por algún controlador.

Se puede decir que son como los “Sentidos” del sistema y que permiten conocer diversas propiedades como lo son: posición, temperatura, humedad, etc.

Los sensores nos permiten medir magnitudes físicas que nos ayudan para tener conocimientos o control sobre los mismos.

Los hay de diversos tipos e inclusive algunos requieren de componentes extra para poder funcionar correctamente como los que dependen de materiales piezoeléctricos para funcionar correctamente debido a que las variaciones internas de los sensores pueden ser muy pequeñas o inestables.

Los sensores son a medida utilizados en ambientes industriales, en máquinas, en electrodomésticos, en sistemas electrónicos varios, en robots y hasta en los celulares. Cada sensor tiene sus propias características y funcionamiento. Los más comunes son los interruptores, mecánicos y magnéticos, de límite, resistivos, capacitivos, inductivos, fotoresistivos, piezoeléctricos, ópticos, ultrasónicos, de temperatura y codificadores. [8]

2.2.2 Sensores Ópticos.

Los sensores ópticos son un tipo de sensores fotoeléctricos que consisten en una pequeña ampolla transparente que se encuentra entre dos placas metálicas y que al excitarse con una señal de luz, permite el paso de corriente. Suelen aprovechar las características de reflexión de otro objeto para detectar cuando hay o no un objeto en un punto específico. De acuerdo a su montaje hay varias clases de este tipo de sensores y también varía la corriente que utiliza. [9] [10](Ver figura 6)



Figura 6 - Sensor óptico (WEG)

2.2.2 Sensores de proximidad.

Los sensores de proximidad utilizados para detectar la posición de un pistón son pistones de tipo magneto-resistivos que detectan el campo magnético del émbolo del cilindro neumático de imán permanente y que son fáciles de instalar y no requieren mucho espacio. Existen diferentes subtipos según su montaje, su configuración y los tipos de protección requerida. [11]

2.3 Sistema de Control.

El sistema de control es una parte fundamental de la automatización y la ingeniería que consiste en utilizar componentes que permitan el procesamiento de información conocidos generalmente como entrada de datos, para obtener un resultado conocido como salida de datos. Sistemas hay muchos, pero todos requieren de diversos sensores y actuadores para poder generar lo deseado como la manipulación de fenómenos físicos. Los sensores forman parte de la entrada de variables y los actuadores conforman la salida de datos y se toman muy en consideración los tiempos y el análisis de estos, puesto que una de las razones para implementar control en un sistema, es el reducir los tiempos de un proceso mediante la optimización del mismo.

Un sistema de control (ver figura 7) en sí es el cerebro de una máquina que se encarga de controlar diversas variables físicas en el entorno que usualmente son medidas constantemente mediante sensores y manipuladas con actuadores, se encarga de procesar señales y tomar decisiones para el cumplimiento de algún algoritmo que requiera el proceso. [12]

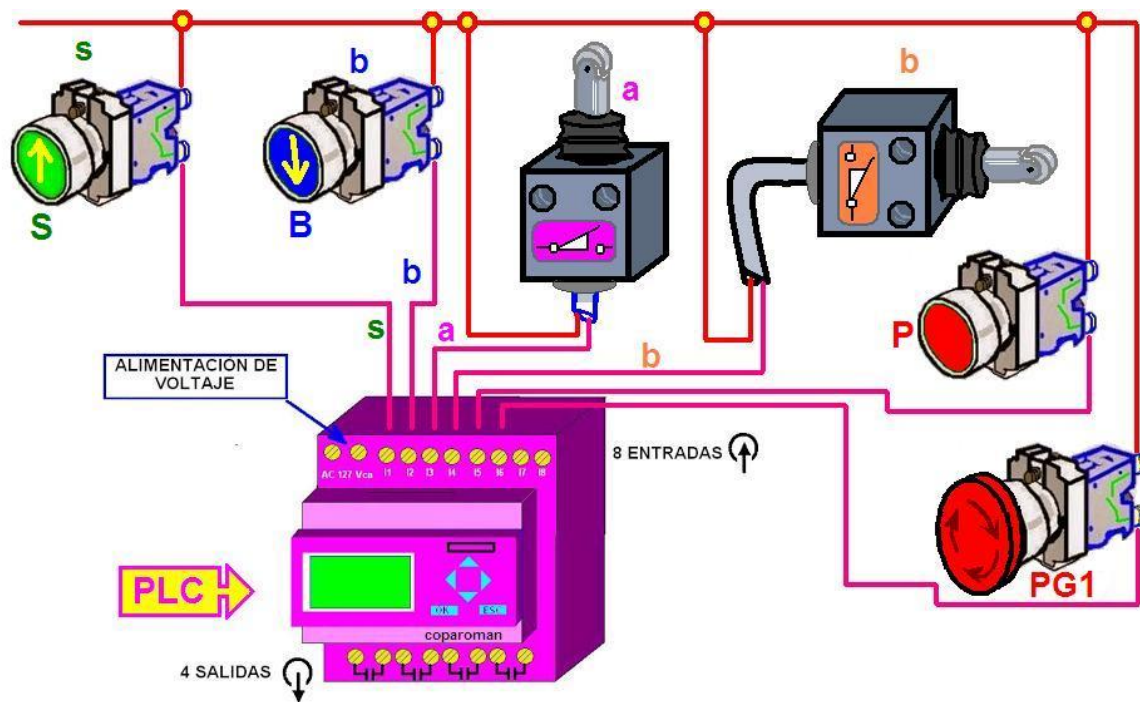


Figura 7 – Sistema de control. (coparoman.blogspot)

2.3.1 Controlador Lógico Programable (PLC).

El Controlador Lógico Programable o PLC, por su sigla en Inglés Programmable Logic Controller, es una computadora digital utilizada en sistemas industriales para el procesamiento de señales y toma de decisiones automáticas mediante la ayuda de instrucciones lógicas creado para sustituir la lógica eléctrica utilizando relevadores.

Consta puertos de entradas, salidas y un CPU que funciona como el cerebro de todo (ver Figura 8). El procesador ejecuta un programa creado por el usuario con el fin de que siga una secuencia de operaciones lógicas utilizando principalmente los comandos AND, OR y NOT.

Algunos modelos de PLC cuentan con diversas funciones como contadores, banderas, temporizadores e inclusive algunos pueden procesar señales analógicas.

Son ampliamente utilizados por la facilidad de modificación, por reducción de costos, reducción de cableado y componentes, aparte de su capacidad de control de más de una máquina. [13]



Figura 8 –Esquema de trabajo de un plc (Electromatic)

2.3.1.1 Diagrama de escaleras.

Los diagramas de escalera son una manera gráfica de programar un PLC, el cuál consiste en una serie de instrucciones lógicas que conforman una estructura que asemeja a una escalera y se basa en los diagramas utilizados anteriormente para representar la lógica de los relevadores.

Este diagrama es una representación gráfica de un circuito de control, donde se determina si un componente o entrada se encuentran en estado encendido o apagado para que, si se cumple una condición deseada, se obtenga un resultado o salida.

EL PLC revisa de manera constante los estados de las entradas y verifica que se cumplan los estados deseados indicados en el diagrama de escalera, para luego encender o apagar las salidas correspondientes indicadas en el mismo programa.

[14]

CAPÍTULO III

PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

Para comenzar la automatización de la maquina armadora se investigó el bosquejo de la caja que armaría la máquina, así como las dimensiones exteriores e interiores y su espesor para la fabricación de las nuevas piezas.

Después se coordinó con el departamento de proyecto de la empresa para saber los requerimientos solicitados.

Se realizó una visita a la planta de Celulosa y Corrugados de Sonora S.A. de C.V. subsede en Culiacán, Sinaloa; para conocer la maquina armadora que es totalmente mecánica, se tomaron algunas fotografías para utilizarlas como referencia a la hora de realizar el diseño en la computadora.

3.1 Sistema Mecánico.

Para realizar la automatización completa de la máquina, se decidió dividir el trabajo por módulos para simplificar el dibujo y facilitar su revisión. Se dividió en módulo de gatillo y módulo de compresión interna.

Primero se investigó cual sería el desarrollo de la caja que la máquina armaría (ver figura 9), luego se viajó a la ciudad de Culiacán, Sinaloa; para investigar el proceso de armado de la caja por medio de la máquina armadora mecánica. Ya de vuelta en Navojoa, Son.; nos dimos a la tarea de realizar el dibujo general de la máquina, para ver que piezas iban a cambiar y cuales eliminaríamos del diseño.

3.1.1 Diseño asistido por computadora (CAD).

3.1.2 Análisis Mecánico.

3.1.2.1 Sistema de gatillos.

El gatillo (ver figura 10), el diseño en forma de “U” para poder empujar el cartón hasta la posición que se requiere dentro de la caja (ver figura 11), pero a su vez, cuando el pistón este desactivado no estorbe con el paso de la caja (ver figura 12).

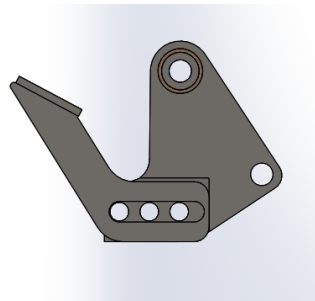


Figura 10. Gatillo.

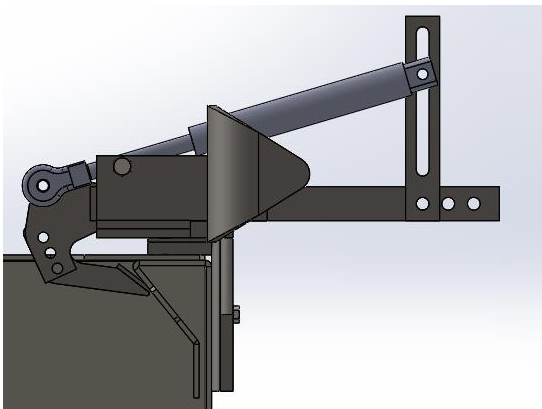


Figura 11. Sistema activado.

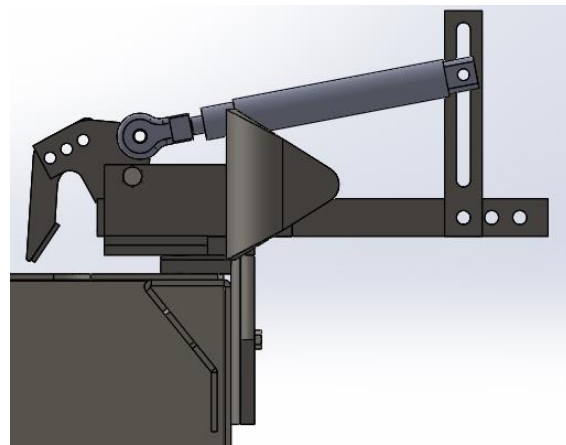


Figura 12. Sistema desactivado.

En la figura se muestra el sistema de gatillos ya armado, podemos observar distintas correderas en las piezas de apoyo del sistema, estas para realizar un ajuste en los errores que pudiera presentar el conjunto de gatillo, tales como no encontrar el actuador neumático inicial. (Ver Figura 13).

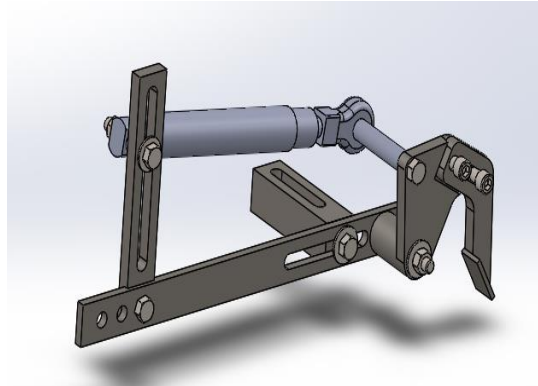


Figura 13. Sistema de Gatillo.

Para conocer la carrera del pistón a seleccionar, realizamos un dibujo (ver figura 14) en dos dimensiones utilizando SolidWorks para darnos una idea lo que necesitaríamos, en el colocamos los grados que ocupábamos (90 grados), sabíamos la fuerza que ocupaba el cartón para doblarse (con esto se calculó el diámetro requerido), el tipo de actuador debería ser uno que no sea muy voluminoso para que no ocupara mucho espacio dentro de la caja de armado.

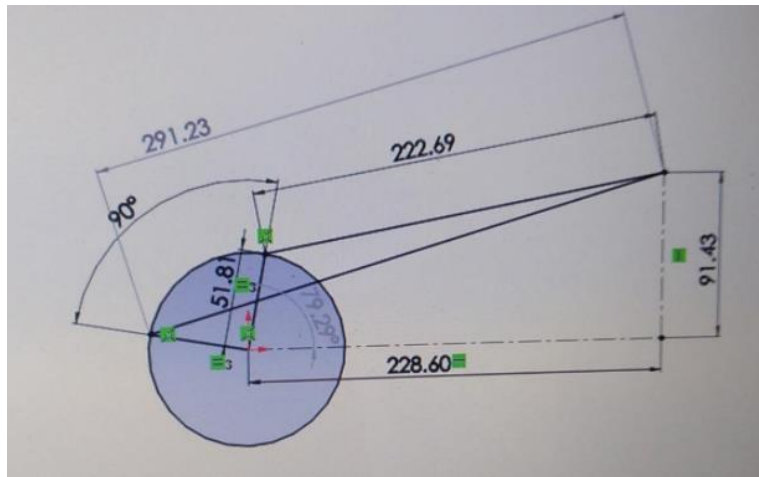


Figura 14. Análisis del mecanismo.

3.1.2.2 Sistema de compresión interna.

Se le dio el nombre de sistema de compresión interna, porque el trabajo que realiza es dentro de la caja y su labor es comprimir el cartón para tener un mejor pegado (ver figura 16). Este sistema (ver figura 15) se activa, gracias al sensor final de

carrera del sistema de gatillos, esto le avisa al plc que el cartón está en su posición para activar la electro-válvula y deje pasar el aire hacia el pistón neumático, lo cual el embolo saldrá, moviendo la cremallera (1); por lo tanto, se activara el piñón (2) conectado a una flecha (3), esta transmite el giro de 180 grados al mecanismo (4).

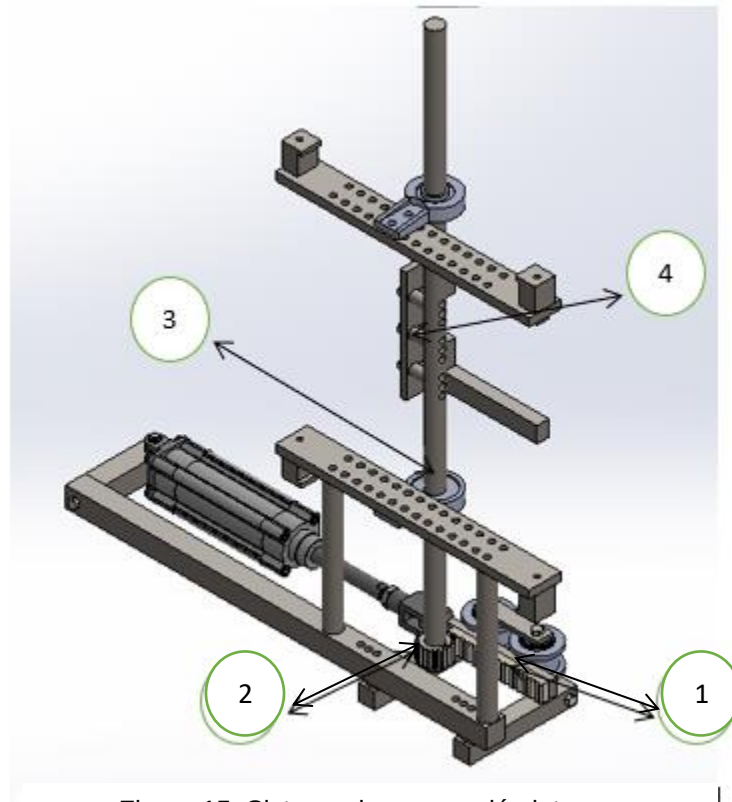


Figura 15. Sistema de compresión interna.



Figura 16. Sistema de compresión activado.

3.1.2.2.1 Sistema de compresión interna parte superior.

En la figura se muestra la parte superior del sistema (ver figura 17), el cual cuenta con correderas para realizar un ajuste minucioso, y con esto tener un mejor pegado entre las caras del cartón. La caja de armado presenta un corte en las piezas de la base del sistema de compresión (ver figura 18), este debido a que estorbaba a la hora de empezar su trabajo y para ajustar cuanto debía entrar y poder realizar la compresión en un área mayor de la caja.

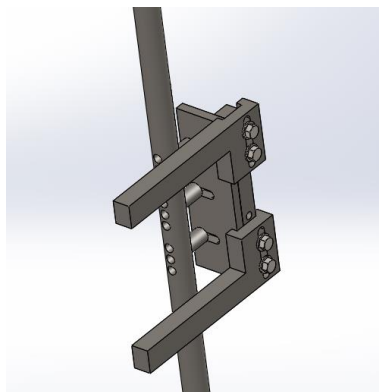


Figura 17. Sistema de Compresión Interna, Parte superior.

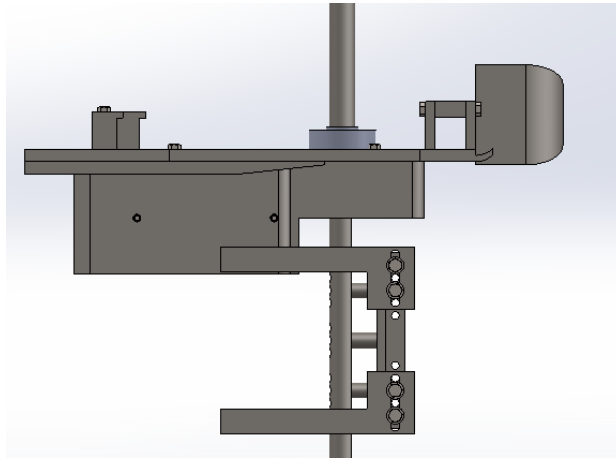


Figura 18. Sistema de Compresión Interna,
Parte superior.

3.1.2.2.2 Sistema d

El sistema donde se realiza la fuerza (ver Figura 19), se ubicó debajo de la caja de armado para no tener todo en un mismo lugar, no es muy cómodo el ajuste, pero fue lo mejor.

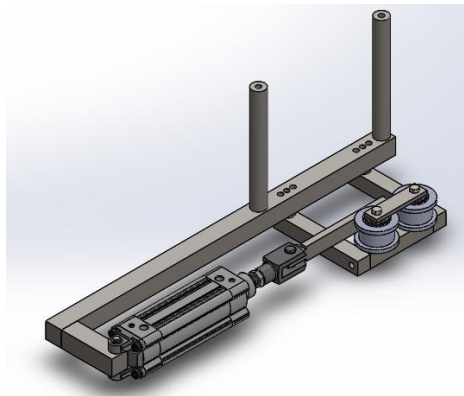


Figura 19. Sistema de Compresión Interna,
Parte inferior.

En este caso, el pistón trabajara en conjunto con un sistema engrane-cremallera (ver Anexo 1).

Con los siguientes datos:

Num. De dientes=20; Paso =10; $D_p=2$ in

De acuerdo con la fórmula para sacar el paso circular, el cual es $p' = \pi/p$ [15]

Por lo tanto, tenemos que el paso circular es:

$$p' = \pi/p = \pi/10 = 0.314'' = 18^\circ$$

entonces multiplicamos 10 (número de dientes = 180 grados) x 0.314'' = 3.14in = 79.75 mm; entonces el largo del pistón a utilizar es de 79mm; el largo que más se le aproxima es el de 100 milímetros.

3.1.3 Mandril Utilizado.

Para Finalizar con el dibujo se realizó con forme al desarrollo de la caja, el dibujo del mandril de la caja (Ver Figura 20).; este sirve para empujar la caja contra la caja de armado pieza para armar la caja. El modelo automatizado es más ligero que el modelo anterior (ver Figura 21), más fácil de ajustar y más barato.

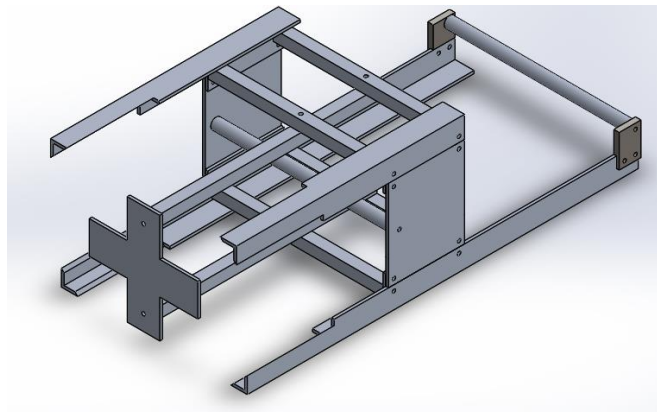


Figura 20. Mandril modelo K Automatizada.



Figura 21. Mandril Modelo K mecanizada.

3.2 Sistema Neumático.

3.2.1 Calculo de pistones neumáticos.

De acuerdo con los datos que en la empresa manejamos como la presión a 5 bar y la fuerza que ocupa la caja (está a proporciona celulosa y corrugados de sonora).

3.2.1.1 Sistema de gatillos.

Datos conocidos. P: 5 bar= 500,000 Pascales, F: 230 N

Formula a utilizar.
$$P = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi D^2 / 4} = \frac{\frac{F}{1}}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot D^2}$$

Despejamos el Diámetro(D), Por lo tanto, nos queda.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot P}} = \sqrt{\frac{4(230 \text{ N})}{\pi(500,000 \text{ Pa})}} = 24.20 \text{ mm}$$

El mas cercano es el de 25 mm.

3.2.1.2 Sistema de compresión interna.

Gracias a los datos conocidos. P: 5 bar= 500,000 Pascales, F: 750 N

Formula a utilizar.
$$P = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi D^2 / 4} = \frac{\frac{F}{1}}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot D^2}$$

Despejamos el Diámetro (D), Por lo tanto, nos queda.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot P}} = \sqrt{\frac{4(750 \text{ N})}{\pi(500,000 \text{ Pa})}} = 43.70 \text{ mm}$$

El más cercano es el de 50 mm.

3.2.2 Calculo del consumo de aire.

3.2.2.1 Sistema de gatillos.

Con la obtencion de datos en la selección del piston, sabemos que:

Diametro del embolo: 25 mm, carrera del Piston: 70 mm, factor de pandeo: 2,
n(num. De ciclos x min): 25, Presion(bar)= 5 bar

Sustituimos en la formula y nos queda:

$$Q=2\left(\frac{0.987+5\text{ bar}}{0.987} \cdot \frac{\pi \cdot (25)^2 \cdot 140}{4,000,000} \cdot 25\right)$$

$$Q=20.843\text{ dm}^3/\text{min} \approx 21\text{ Litros/min}$$

En el proyecto manejamos 4 pistones en el sistema de gatillo, por lo tanto se multiplica por 4 el resultado.

3.2.2.2 Sistema de compresión interna.

Gracias a los datos obtenidos en la selección del piston, sabes que:

Diametro del embolo: 50 mm, carrera del Piston: 100 mm, factor de pandeo: 2,
n(num. De ciclos x min): 25, Presion(bar)= 5 bar

$$Q=2\left(\frac{0.987+5\text{ bar}}{0.987} \cdot \frac{\pi \cdot (50)^2 \cdot 200}{4,000,000} \cdot 25\right)$$

$$Q=119.102\text{ dm}^3/\text{min} \approx 120\text{ Litros/min}$$

En el proyecto manejamos 2 pistones en el sistema de compresion interna, por lo tanto se multiplica por 2 el resultado.

3.2.3 Resumen Neumático.

Gracias a los diferentes softwares que utilizamos en la empresa para ayudarnos a realizar una mejor planeación de los proyectos, les muestro a continuación el

sistema neumático, esto gracias al programa fluid-sim, el cual nos ayuda a sacar los conectores (codos, Yees, etc) que utilizaremos en los proyectos (ver imagen 1).

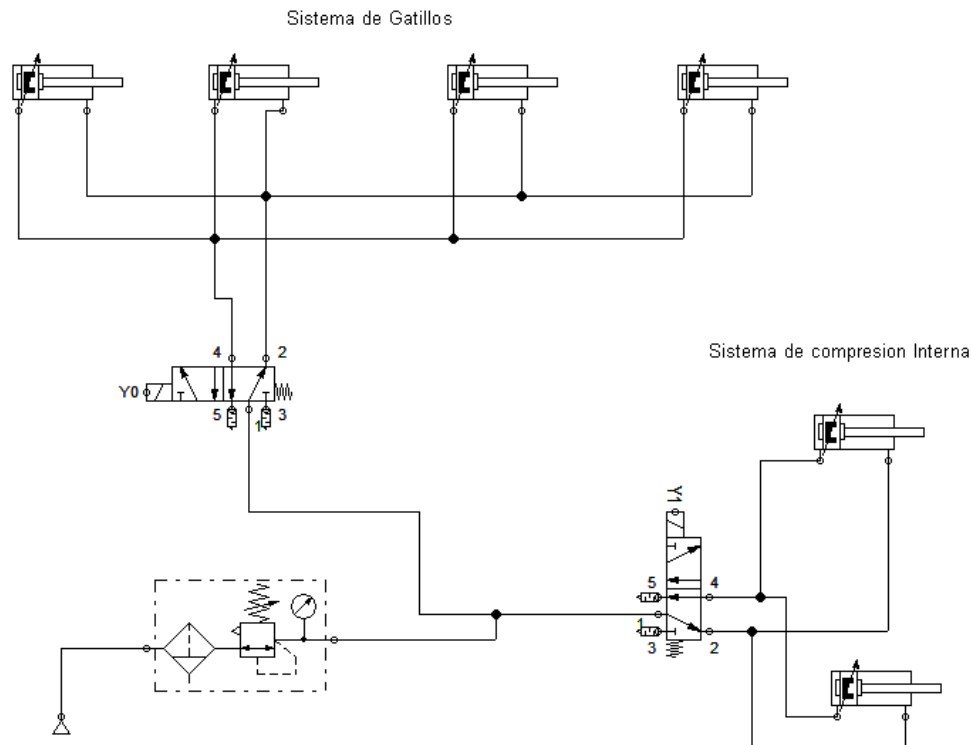


Imagen 1. Diagrama Neumático. (Fluid-sim)

3.3 Sistema Eléctrico y Control.

3.3.1 Etapa de alimentación.

En los empaques como es las industrias, es muy común utilizar 220 AC para energizar su maquinaria, de igual forma se utiliza un voltaje de 110 AC. Hablando de la maquina armadora la cual ocupa esos voltaje para otras funciones pero es un costo mucho mayor a la hora de comprar un controlador (PLC) por lo que se optó a utilizar un plc de 24 volts.

La máquina cuenta con una alimentación de entrada de 220 AC, la cual alimenta al variador de velocidad y este al motor principal, y debido a que es muy caro un convertidor de 220 AC a 24 DC, con un transformador se trata la señal para convertirla en 110 AC, voltaje que también nos ayuda a controlar el motor de vacío;

y ahora habrá que pasar 110 AC a 24 DC, con la ayuda de una fuente, a su vez alimentando el resto del gabinete eléctrico.

3.3.2 Componentes de entrada.

En la selección de los sensores que llevaría la máquina para ayudar en la automatización, se decidió usar sensores que no fueran muy frágiles para aguantar con las condiciones en las que usan las maquinas armadoras y tampoco emplear sensores que tarden mucho en adquirir, esto por mantenimiento correctivo que pudiera ocurrir.

Gracias a la selección del pistón, decidimos utilizar los sensores magnéticos de la misma marca de los pistones para ajustar el pistón neumático. (Ver figura 22).



Figura 22. Sensores magnéticos utilizados.

Además de un sensor capacitivo para darle la señal al PLC que se encuentra en posición una caja para armarla. (Ver figura 23)



Figura 23. Sensor de inicio.

3.3.3 Sistema de control.

3.3.3.1 PLC delta.

En el control, se decidió usar un controlador lógico programable (PLC), que más se acoplara a nuestras necesidades. Que fuera barato para no aumentar los precios de venta de la maquina y que los softwares no fueran caros o estuvieran gratis y fueran fáciles de usar. (ver figura 24)



Figura 24. Controlador lógico programable. (Delta)

También se realizó el diagrama de conexión eléctrica del PLC, se decidió agregar un nuevo gabinete eléctrico para un mejor acomodo de la fuente de 24 volts, el Programador y las clemas de conexión. La siguiente figura muestra cómo se realiza la conexión eléctrica en el plc, pero no representa el mismo Programador (ver figura 25). Y la tabla 1 muestra las descripciones vistas en la figura 23.

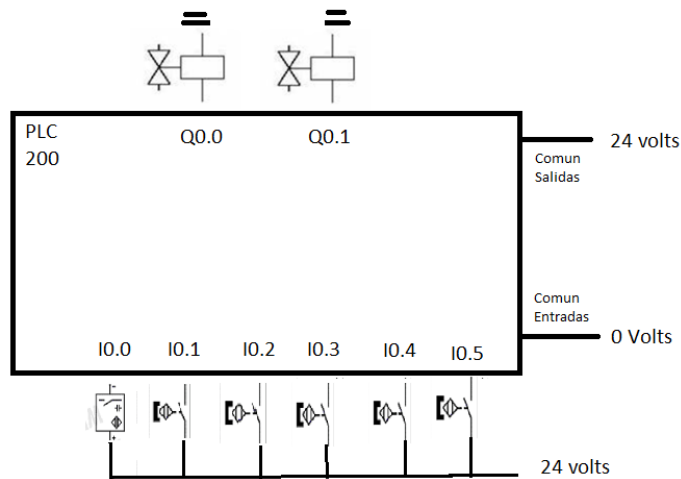


Figura 25. Imagen de representación de una conexión eléctrica de un plc.

Conexiones PLC	Descripción
I0.0	Sensor Óptico (sensor de posición correcta).
I0.1	Botón de paro.
I0.2	Sensor final de carrera en pistón de sistema gatillo.
I0.3	Sensor inicio de carrera en pistón de sistema gatillo.
I0.4	Sensor final de carrera en pistón de sistema compresión.

I0.5	Sensor inicio de carrera en pistón de sistema compresión.
Q0.1 Y Q0.2	Electro-válvulas

Tabla 1. Tabla de descripciones.

3.3.3.2 Entradas y Salidas.

Se requiere de 5 entradas a utilizar en el PLC, una sería el sensor capacitivo para darle la señal al controlador que está en posición correcta, y los 4 restantes son los sensores magnéticos de final e inicio de carrera de los actuadores neumáticos.

Por otro lado, las salidas serian dos bobinas que activaran a dos electro-válvulas 5/2 con retorno por muelle.

3.3.3.3 Definición de lógica y software utilizado.

El software que utiliza, son fáciles de usar y son gratuitos. Este se llama ISPsoft (ver figura 26), tiene una plataforma muy sencilla donde puedes encontrar lo que necesites en la misma pantalla. Tienes que declarar las variables de entrada y de salida antes de realizar el diagrama de escalera (ver Imagen 2).



Figura 26. Software ISP-Soft.

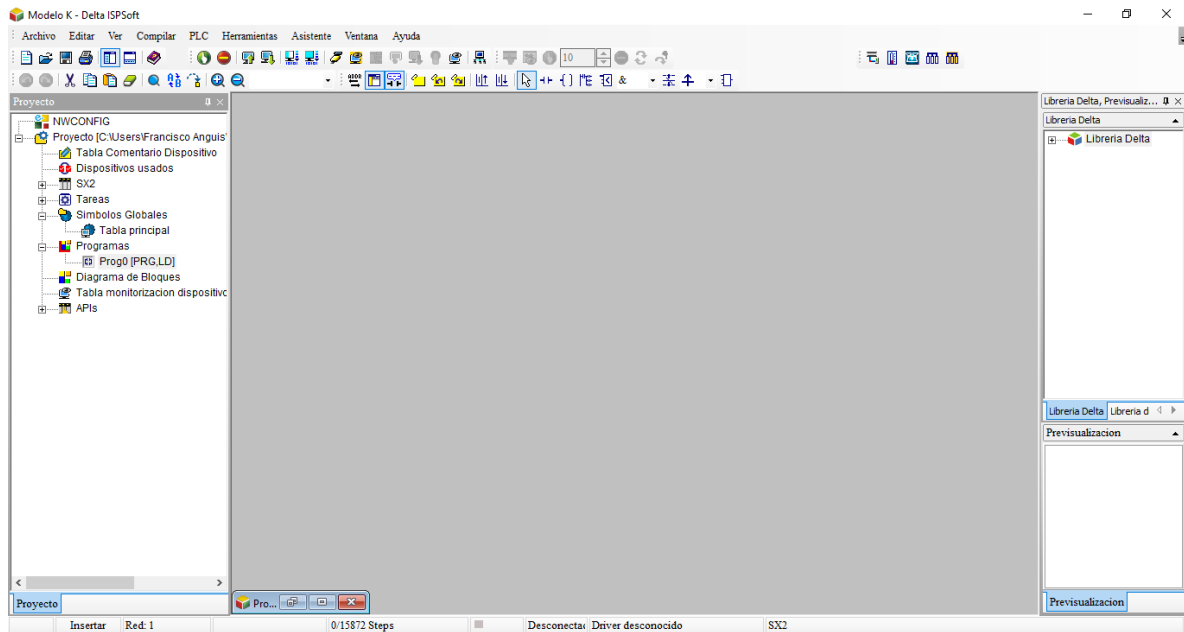


Imagen 2. Plataforma del software ISP Soft.

A continuación, se muestra la programación del PLC primero se deben conocer las entradas y las salidas para realizar el programa, a continuación, les mostro el programa utilizado:

En la primera fila es cuando la caja llega a su posición y se activa el pistón de los gatillos. (ver imagen 3)

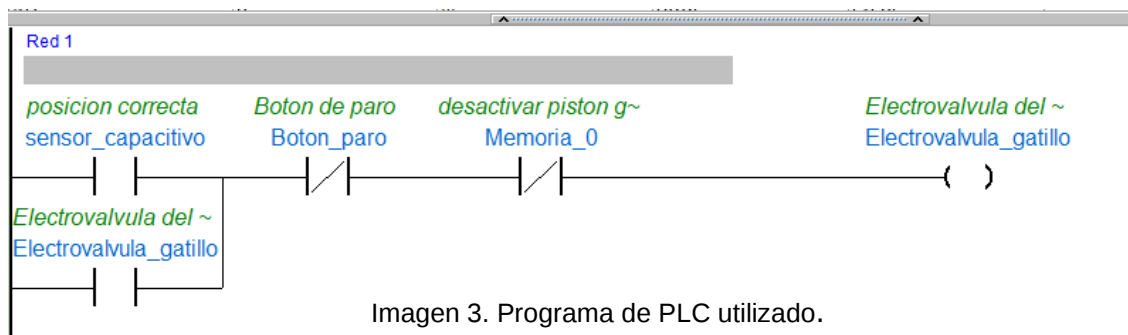


Imagen 3. Programa de PLC utilizado.

Una vez que el pistón realiza su recorrido el sensor magnético manda la señal para que se active el segundo actuador, que es el de la compresión interna. (ver imagen 4)

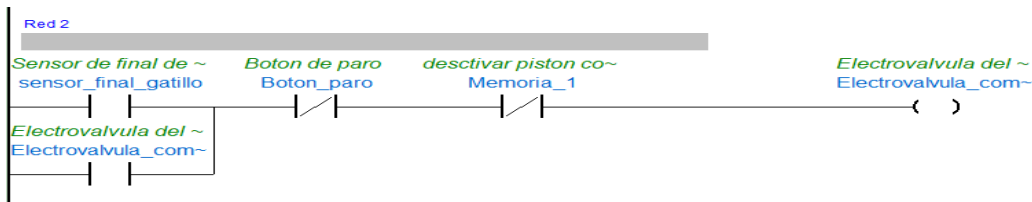


Imagen 4. Programa de PLC utilizado.

Cuando el actuador de la compresión interna llega a su final de carrera, el sensor activa una memoria (aditamento para facilitar la programación) para desactivar los pistones de los gatillos. (ver Imagen 5)

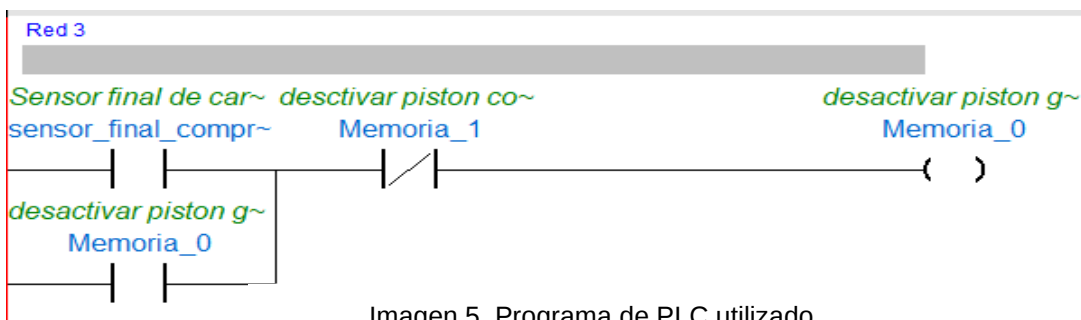


Imagen 5. Programa de PLC utilizado.

Y para terminar el ciclo los pistones de los gatillos vuelven a su posición inicial, lo cual nos señala que el plc deberá desactivar el sistema de compresión interna. Y gracias a una nueva memoria se realiza dicha función. (ver imagen 6)

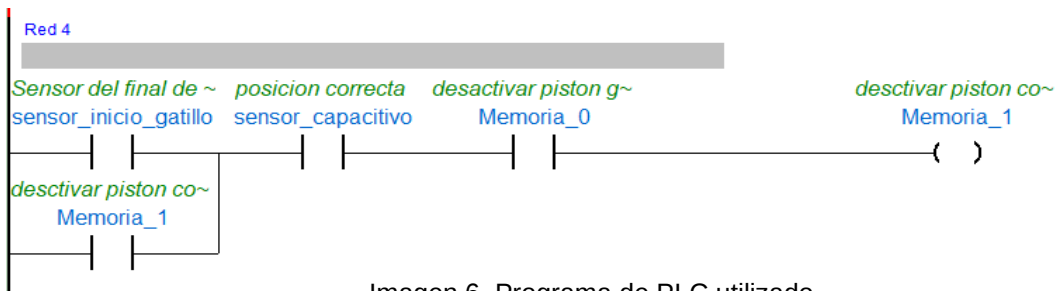


Imagen 6. Programa de PLC utilizado.

3.3.4 Etapa de potencia.

En la etapa de potencia se requirió la activación de las dos bobinas, mencionados en el punto de entradas y salidas, las cuales ayudan a la activación de las electroválvulas 5/2 con retorno por muelle para permitir el flujo de aire en un sentido

determinado, que en este caso corresponde a la entrada de los gatillos y el cierre del sistema de compresión interna.

En el sistema neumático se utilizaron manguera de 1 / 4" y de 3 / 8" de diámetro para los sistemas de gatillo y compresión interna, respectivamente. Esto para mejorar el funcionamiento de actuador. En la siguiente imagen (ver imagen 7), se muestra un dibujo de una electro-válvula 5/2 con retorno por muelle, en donde en la entrada Y0 es donde se conecta la salida del PLC para activarla.

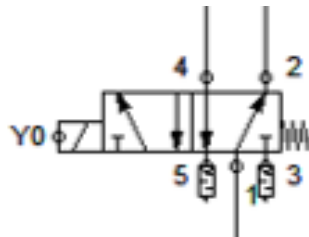


Imagen 7. Diagrama de Electro-valvula utilizada.

3.4 Armado Físico.

Primeramente, se coloca una caja en posición para que el mandril, empuje la caja hacia dentro de la caja de armado y así colocarla en posición de armado y acercarle los componentes de la caja de armado y apretar sus tornillos correspondientes. Una vez apretados, se ajustan el sistema de gatillos por medio de unas correderas, al igual se ajustan sus tornillos y se deja el pistón activado para que empuje el cartón a la siguiente estación; y con esto ajustar el sistema de compresión interna. Todo esto se realiza sin conectarle la manguera del aire.

3.5 Ajustes, pruebas y corrección de errores.

En toda prueba siempre presentará errores, como, por ejemplo, no encontrar los componentes que se usaron en el dibujo; y para los que se tiene que estar preparado para realizar los ajustes requeridos para resolver el problema.

Se hacen pruebas para ver si a los sensores les prende el led indicador y así saber si estar energizados. Al igual con las electro-válvulas se realiza la misma prueba.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1 Sistema Mecánico.

A continuación, máquina armadora modelo K (ver Figura 27) vista en su modelo en SolidWorks. En el anexo 3, se muestran imágenes de la máquina fabricada.

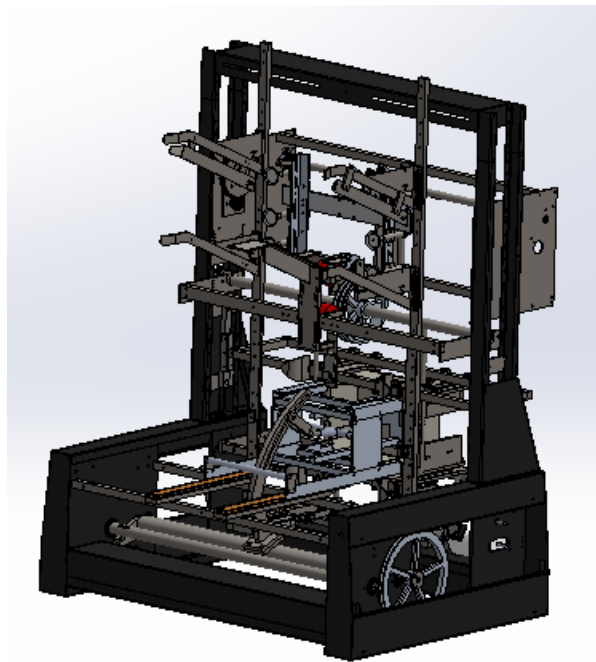


Figura 27. Vista Final Armadora modelo K. (solidwork)

A continuación, se muestra la nueva caja de armado de la máquina armadora, la cual reduce el tiempo de armado y ajuste, gracias a los nuevos mecanismos y pistones neumáticos. (ver Figura 28)

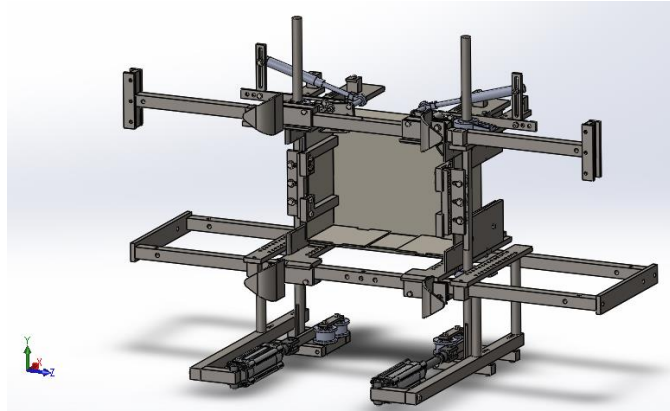
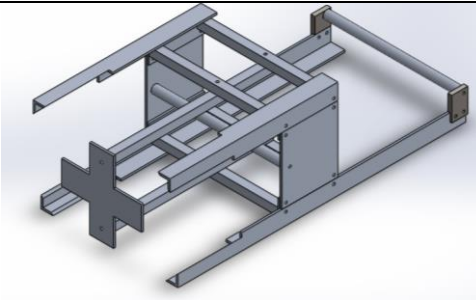
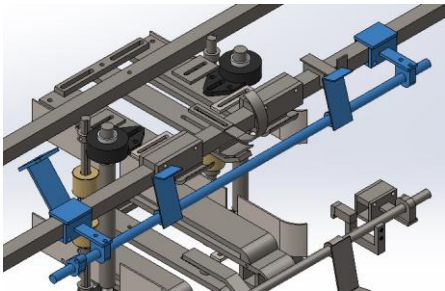
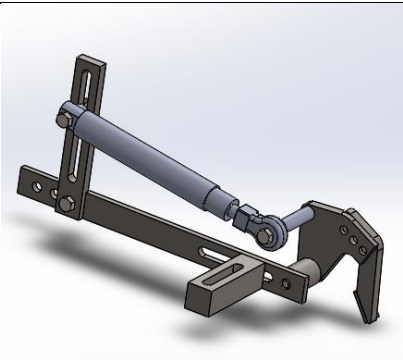


Figura 28. Caja de Armado Automatizada.

La siguiente tabla muestra las diferencias entre ambos modelos.

	Modelo Mecanizada	Modelo Automatizada
Mandril		
Sistema de Gatillos		

Sistema de compresión interna		
Lugar de trabajo		
Inicio de trabajo. <u>Mecánica:</u> Inicio de caja armado <u>Automática:</u> Final de caja Armado.	Cuando cae la caja realiza los dobleces (gatillo), luego el mandril empieza a empujar la caja; en el mandril viene unas soleras que ayudan a realizar el segundo dobléz (compresión interna) y una vez dentro de la caja de armado encontramos unos rodillos de Nylamid que ayuda a comprimir la caja.	Cae la caja y el mandril la empuja hasta el final de su recorrido, se detiene y realizar los dobleces.

Para hablar sobre las mejoras de tiempo y producción que se realizaron entre la maquina armadora automatiza y el modelo anterior, en la siguiente tabla muestra las diferencias entre ellos.

	Modelo Mecanizada	Modelo Automatizada
Tiempo de ajuste.	60 minutos	30 minutos
Numero de cajas por minuto	26 cajas	38 cajas

4.2 Sistema Neumático.

4.2.1 Resultados.

4.2.1.1 Sistema de gatillo.

De acuerdo con los grados requeridos para hacer los dobles (+90 grados) y el espesor del cartón, y en la empresa se realizan distintas cotizaciones para comparar precio.

El pistón neumático utilizado fue uno de la marca YPC de la serie YCR (Figura 29). Además de sus accesorios y ficha técnica (ver figuras).



Figura 29. Forma de ordenar las configuraciones en un actuador neumático. (YPC)

La configuración que utilizamos fue: **YCR D - B - 25 - 70 -** ; el cual presenta las siguientes características (ver ANEXO 4)

4.2.1.2 Sistema de compresión interna.

Con la ayuda de los grados requeridos para hacer los dobles (180 grados) y el espesor del cartón, y en la empresa se realizan distintas cotizaciones para comparar precio.

El pistón neumático utilizado fue uno de la marca YPC de la serie YSI (ver figura 30).

Además de sus accesorios y ficha técnica. (ver ANEXO 5)



Figura 30. Forma de ordenar las configuraciones en un actuador neumático.

La configuración que utilizamos fue: **YSI D - B - 50 - 100 -**

4.3 Sistema Eléctrico y Control.

Una vez que ya sabías la corriente que utilizaríamos (24 v), decidimos usar el PLC de la marca Delta (ver figura 31), de acuerdo con el sistema de comparación que nos exige la empresa, llegamos a la conclusión que se mejoró el tiempo y la producción.



Figura 31. PLC Marca Delta DVP-14SS2.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

La automatización de la maquina armadora cumplió con los requerimientos de la empresa porque ayudo a mejor la producción de cajas armadas, se seleccionó el compresor de aire para que la maquina trabaje adecuadamente, al igual que los pistones neumáticos.

5.2 Recomendaciones.

Se recomienda automatizar los diferentes tipos de máquinas armadoras para el aumento de producción y ajuste de estas. Al igual que aumentar el número de supervisores de empaques.

REFERENCIAS

- [1] R. L. Norton, DISEÑO DE MAQUINARIA Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos, Cuarta ed., vol. 1, P. E. Roig Vázquez, Ed., México, México: Mc Graw Hill Educación, 2009.
- [2] Dassault Systemes, «Solidworks Premium Datasheet,» 2017. [En línea]. Available:
https://www.solidworks.com/sw/docs/3DS_2017_SWK_Premium_Datasheet.pdf. [Último acceso: Junio 2020].
- [3] J. Espinoza, «Diseño de redes de aire comprimido y selección de componentes neumáticos,» San Salvador, 2019.
- [4] A. Creus Solé, Neumática e Hidráulica, Segunda ed., Barcelona: Marcombo, 2011.
- [5] Atlantic Internacional University, «Sistemas Hidráulicos y Neumáticos,» 2019. [En línea]. Available:
<http://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF/Tema%204.pdf>. [Último acceso: Julio 2020].
- [6] E. M. Purcell, Berkeley Physics Course 2, Volume 2- Electricity and Magnetism, Barcelona: Editorial Reverté, 1988.
- [7] T. J. Maloney, Electrónica industrial moderna, Michigan: Pearson, 2006.
- [8] R. Pallás Areny, Sensores y Acondicionamiento de Señales, Barcelona: Boixareu Editores, 2003.
- [9] WEG, «Sensores Ópticos,» Jaraguá do Sul, 2020.

[10 Atlantic Internacional University, «Curso de Automatización y control-
] Lección4,» 2019. [En línea]. Available:
<http://cursos.aiu.edu/Automatizacion%20y%20Control/PDF/Tema%203.pdf>.
[Último acceso: 15 Julio 2020].

[11 Festo, «Sensores Festo,» Junio 2019. [En línea]. Available:
] https://www.festo.com/cat/es-mx_mx/products_050000. [Último acceso: 16
Julio 2020].

[12 K. Ogata, Ingeniería de Control Moderna, Madrid: Pearson, 2010.
]

[13 Atlantic International University, «Curso de Automatización y Control -Lección
] 5,» Junio 2019. [En línea]. Available:
<http://cursos.aiu.edu/Automatizacion%20y%20Control/PDF/Tema%205.pdf>.
[Último acceso: Julio 2020].

[14 Machine Information System, «What is PLC,» 2007. [En línea]. Available:
] <http://www.machine-information-systems.com/PLC.html>. [Último acceso: 18
Julio 2020].

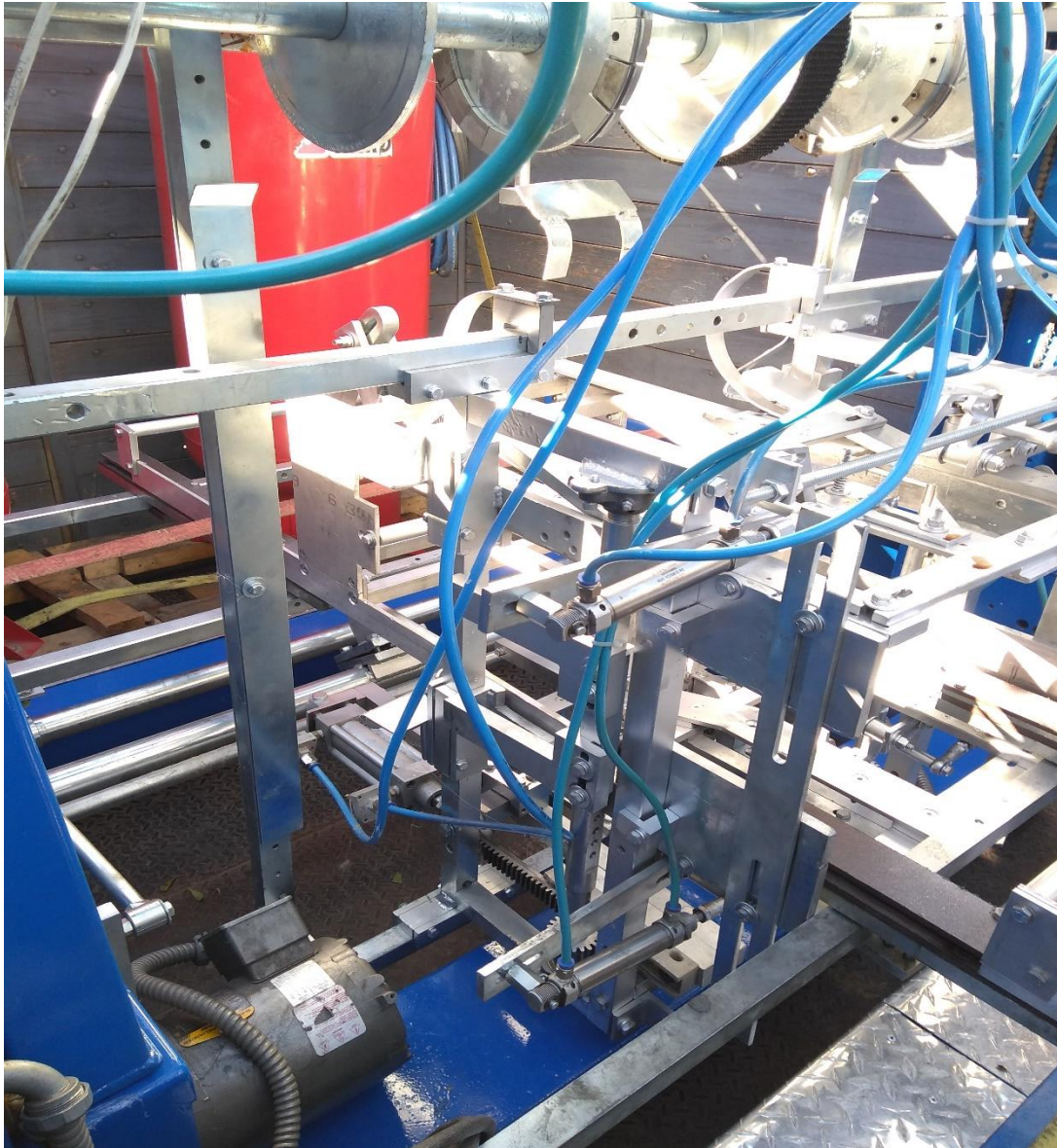
ANEXO 1

Engrane y cremallera Utilizados.



ANEXO 2

Imágenes de una maquina armadora modelo K, de una compañía de la ciudad de Culiacán, Sinaloa. La empresa se llama COMESA

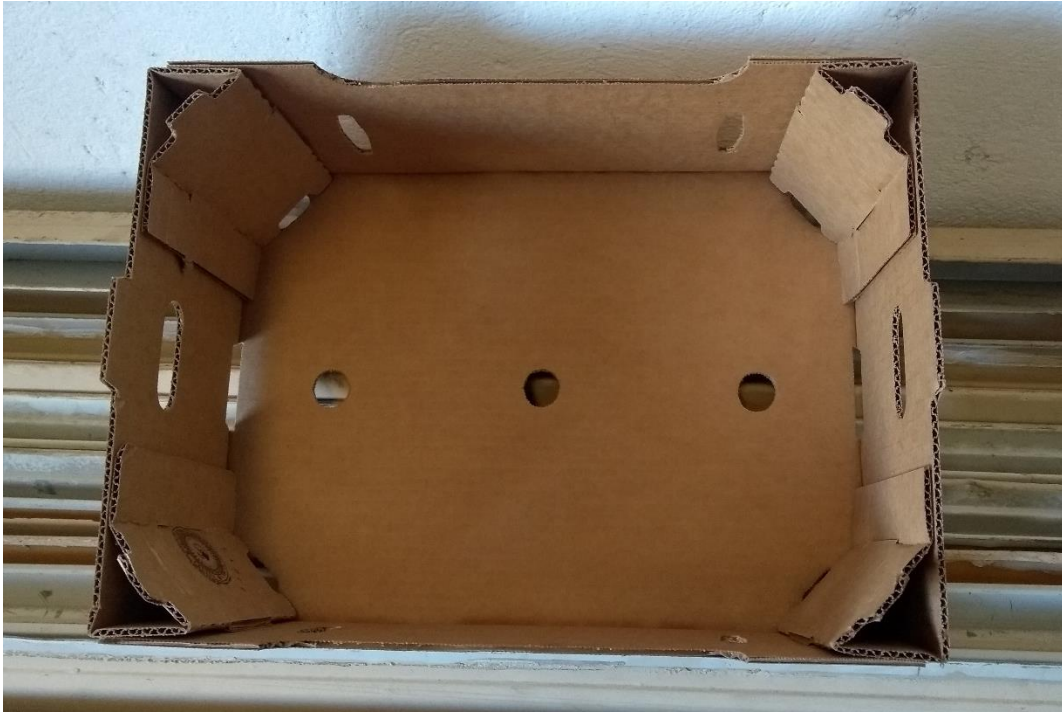




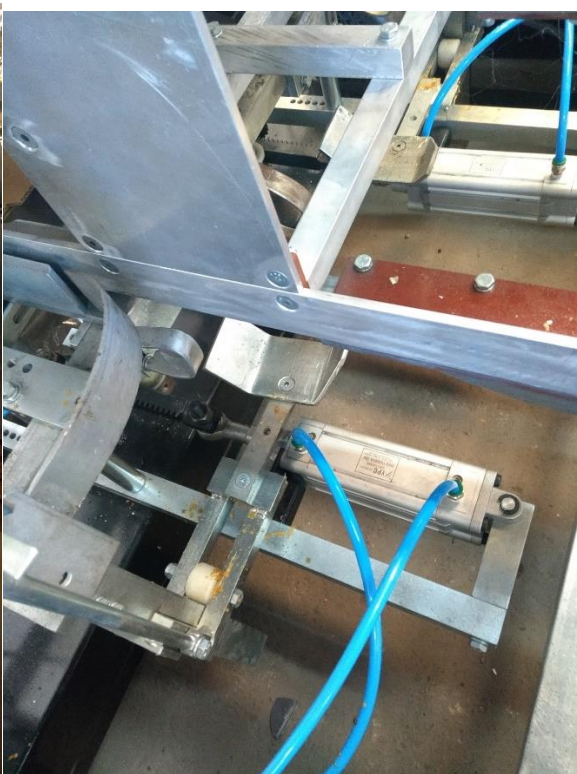
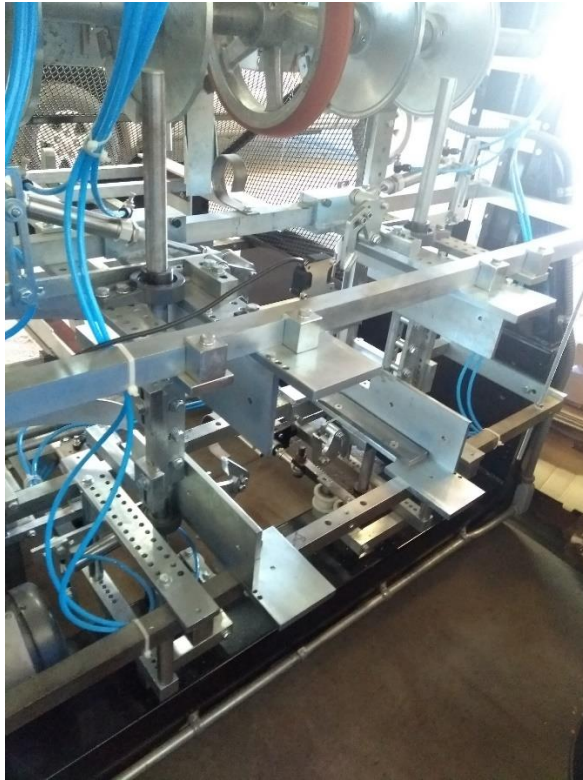
ANEXO 3

MAQUINA ARMADORA DE CAJAS MODELO K, DISEÑADA Y FABRICADA POR
CIIPDETEC.

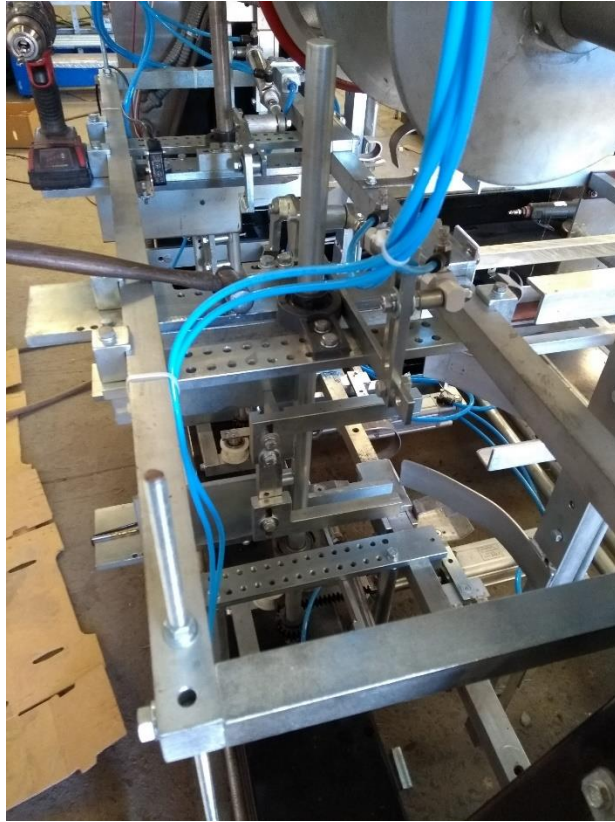
- CAJA ARMADA MODELO K



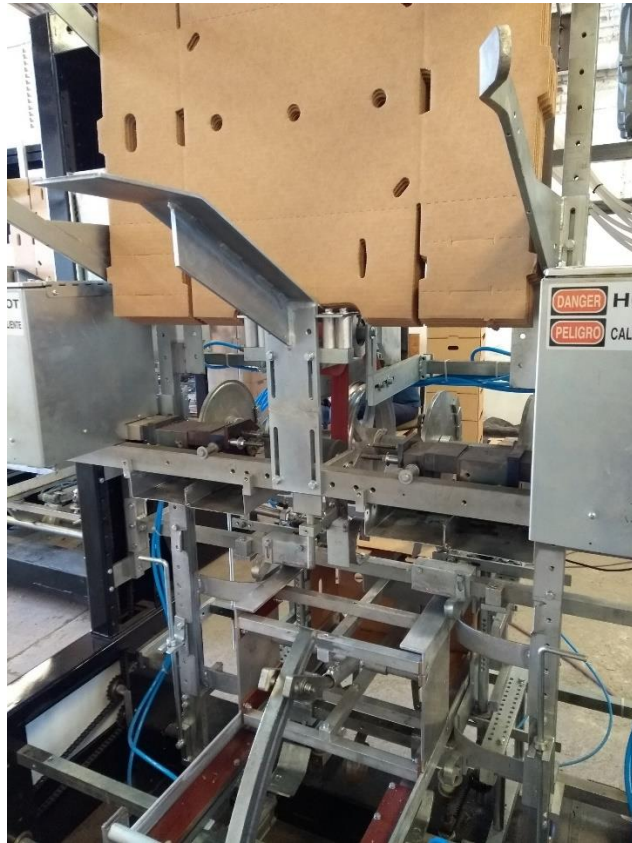








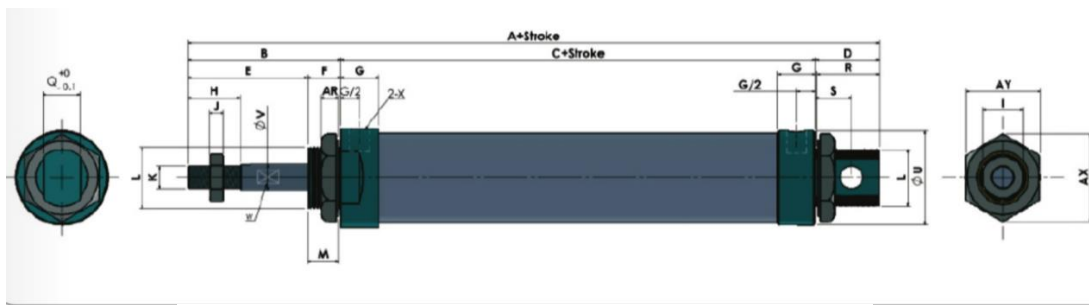






ANEXO 4

Especificaciones del pistón seleccionado.



Anexo 4. CAD del pistón.

DIMENSIONES

Diametro/Símbolo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
20	131	40	70	21	28	12	16	20	12	6	M8X1.25	M22X1.5
25	135	44	70	21	30	14	16	22	17	6	M10X1.25	M22X1.5
32	141	44	70	27	30	14	16	22	17	6	M10X1.25	M24X2.0
40	165	46	92	27	32	14	22	24	17	7	M12X1.25	M30X2.0

Diametro/Símbolo	M	P	Q	R	S	U	V	W	X	AR	AX	AY
20	10	8	16	19	12	29	8	6	G1/8	7	33	29
25	12	8	16	19	12	34	10	8	G1/8	7	33	29
32	12	10	16	25	15	39.5	12	10	G1/8	8	37	32
40	12	12	20	25	15	49.5	16	14	G1/4	9	47	41

Anexo 4. Dimensiones estandarizadas.

Diámetro	20	25	32	40
Fluido	Aire Comprimido			
Función	Doble Efecto, Simple Efecto			
Máx. Presión	1.3 Mpa (13.5 Kgf / cm²)			
Presión de Operación	1.0 Mpa (10.2 Kgf / cm²)			
Amortiguamiento	Opcional			
Temperatura	0-70°C			
Máx. Velocidad	50-800 mm / seg			
Puertos	G 1/8			G 1/4

Anexo 4. Características Generales.



PHSA

Anexo 4. Accesorios Utilizados.

ANEXO 5

Datos del actuador de sistema de compresión interna.



Anexo 5. CAD del Pistón.

DIMENSIONES

Diametro/Símbolo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
32	142	16	94	30	32	10	25	22	17	6	M10X1.25	M6
40	159	20	105	35	34	10	29.5	24	17	7	M12X1.25	M6
50	175	27	106	40	42	10	32	32	23	8	M16X1.5	M8
63	190	26	122	45	42	10	36	32	23	8	M16X1.5	M8
80	214	35	127	45	52	10	37	40	26	10	M20X1.5	M10
100	229	40	137	55	52	10	39	40	26	10	M20X1.5	M10

Diametro/Símbolo ± M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
32	12	15	G1/8	5	18	6.5	45	32.5	12	10	28	4	46	58.7
40	12	17.5	G1/4	7	20.5	7	52	38	16	13	33	4	53.7	68
50	12	20	G1/4	7	23	9	65	46.5	20	17	38	4	65.8	84.5
63	12	24	G3/8	8	27	9	76	56.5	20	17	42.5	4	79.9	99.6
80	15	24	G3/8	10	29	12	94	72	25	22	43.5	5	101.8	123.6
100	15	26	G1/2	10	31	14	112	89	25	22	47	6	125.9	148.9

Anexo 5. Dimensiones del pistón dependiendo el diámetro del embolo.

Diámetro	32	40	50	63	80	100
Fluido	Aire Comprimido					
Función	Doble Efecto					
Máx. Presión	1.5 Mpa (15.3 Kgf / cm²)					
Presión de Operación	1.0 Mpa (10.2 Kgf / cm²)					
Amortiguamiento	Ambos lados Estándar					
Temperatura	0-70°C					
Máx. Velocidad	50-800 mm / seg					
Puertos	1/8 Rpt	1/4 Rpt	3/8 Rpt	1/2 Rpt		

Anexo 5. Características Generales.