

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Diseño y construcción de una línea automatizada para el armado de
gavetas para el uso en la industria alimenticia

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros en Mecatrónica

Presentado por:

Hugo Manuel Avilés Aveiga

José Antonio Morán Rodríguez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación nos corresponden conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Hugo Manuel Avilés Aveiga* y *José Antonio Morán Rodríguez* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Hugo Avilés Aveiga



José Morán Rodríguez

EVALUADORES

.....
Efraín Terán Calle, M.Sc

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Francisco Yumbra, Ph.D.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

En Ecuador existen varias cadenas de supermercados con un extenso catálogo de productos de diferentes marcas, lo que se traduce a una alta competitividad entre la industria. Por eso, los centros de distribución de los supermercados buscan siempre innovar en la entrega de sus productos por lo que la implementación de una maquinaria automatizada como lo son las ensambladoras de gavetas reduce costos y tiempo de entrega de productos en los supermercados nacionales. Dentro de cada supermercado nacional se desea utilizar las gavetas tipo *Europool* que permiten organizar y exhibir productos de manera eficiente al cliente, lo que reduce las falencias de los supermercados en la línea de producción y el tiempo de entrega a cada local.

El diseño final de la máquina fue modelado en el software Inventor 2023, se tomó referencias de máquinas europeas ya existentes en supermercados internacionales. Dentro de la selección de componentes se decidió por el uso de motorreductores, actuadores neumáticos, y PLC. El material utilizado para la construcción de la máquina fue el acero IP68, cuenta con la característica de tener una alta resistencia a temperaturas bajas que es muy común en centros de distribución que necesitan tener esa temperatura para mantener en buen estado varios de sus productos.

Con la máquina diseñada se prevé alcanzar la automatización del armado de gavetas con un consumo de aire menor, la fuerza que se necesita para abrir cada cara lateral de la gaveta es de 0.32 Nm y 1.463 Nm. Por último, la velocidad del motorreductor para mover las cadenas es de 175 rpm con un torque de salida de 60 Nm.

Palabras Clave: Ensambladora, automatización, diseño, gaveta, control.

ABSTRACT

In Ecuador there are several supermarket chains with an extensive catalog of products of different brands, which translates into a high competitiveness among the industry. For this reason, supermarket distribution centers are always looking to innovate in the delivery of their products, which is why the implementation of automated machinery such as crates erector reduces costs and delivery time of products in national supermarkets. Within each national supermarket it is desired to use Europool type drawers that allow to organize and display products efficiently to the customer, which reduces the shortcomings of the supermarkets in the production line and the delivery time to each store.

The final design of the machine was modeled in Inventor 2023 software, using references from existing European machines in international supermarkets. Within the selection of components, it was decided to use geared motors, pneumatic actuators, and PLC. The material used for the construction of the machine was IP68 steel, which has the characteristic of having a high resistance to low temperatures, which is very common in distribution centers that need to have that temperature to keep several of their products in good condition.

With the machine designed, it is expected to achieve the automation of the drawer assembly with a lower air consumption, the force needed to open each side face of the drawer is 0.32 Nm and 1.463 Nm. Finally, the speed of the geared motor to move the chains is 175 rpm with an output torque of 60 Nm.

Keywords: Assembler, automation, design, crates, control.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE PLANOS	IX
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Marco teórico	5
1.4.1 Sectorización del uso de gavetas plegables	6
1.4.2 Tipos de gavetas plegables utilizadas en Ecuador.....	9
1.4.3 Ciclo del uso de gavetas plegables en el sector alimenticio.....	10
1.4.4 Estado de arte.....	11
CAPÍTULO 2.....	13
2. METODOLOGÍA	13
2.1 Selección de la alternativa de solución.....	13
2.2 Proceso de diseño.....	15

2.3	Requerimientos del diseño	16
2.4	Diseño conceptual	17
2.5	Parámetros de la gaveta.....	18
2.6	Diseño mecánico	19
2.6.1	Selección de motorreductores.....	19
2.7	Sistema de transmisión de potencia	21
2.8	Parámetros de monitoreo y control.....	23
2.9	Selección de actuadores neumáticos	25
2.10	Selección de controlador	26
CAPÍTULO 3.....		29
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	29
3.1	Diseño mecánico	29
3.2	Consumo de aire de la maquina ensambladora de gavetas plegables.....	32
3.3	Aplicación de las cadenas y motorreductores.....	35
3.4	Diseño de programación ladder en Tía Portal.	36
3.5	Análisis de costos.	42
CAPÍTULO 4.....		48
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
4.1	Conclusiones	48
4.2	Recomendaciones.....	49
BIBLIOGRAFÍA.....		51
APÉNDICES		53

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
NACE	National Association of Corrosion Engineer
SSC	Electrodo de Plata Cloruro de Plata
CSE	Electrodo de Cobre Sulfato de Cobre
HWL	High Water Level
LWL	Low Water Level
CIS	Inspección pasó a paso, medición de potenciales de encendido
MPY	Milésimas de pulgadas por año

SIMBOLOGÍA

m	Metro
mm	Milímetros
cm	Centímetros
L	Litros
s	Segundos
ms	Milisegundos
h	Horas
Pa	Pascal
kPa	Kilopascal
PSI	Pound-force per square inch (libra por pulgada cuadrada)
N	Neuton
V	Voltaje
mV	Milivoltio
kg	Kilogramos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Centro de distribución nacional.....	6
Figura 1.2 Máquina de lavado de gavetas	7
Figura 1.3 Gavetas plegable tipo 104	8
Figura 1.4 Gaveta plegable tipo 106.....	8
Figura 1.5 Gaveta no plegable.....	9
Figura 1.6 Máquina Boxer+	11
Figura 1.7 Máquina Taks CEM 100	12
Figura 2.1 Metodología de diseño.....	16
Figura 2.2 Esquema de armado de gavetas	18
Figura 2.3 Mediciones de fuerza para levantar las caras de la gaveta	19
Figura 2.4 Medidas PHC 10B-1x10FT	22
Figura 2.5 Primera pantalla de inicio.....	24
Figura 2.6 Pantalla de ensamblaje.....	24
Figura 2.7 PLC SIMATIC S7 1200 -1214C	27
Figura 3.1 Diseño 3D de la maquina ensambladora de gavetas plegables: (1) El ingreso de una pila de gavetas cerradas, (2) Mecanismo de ensamble de gavetas, (3) Acopiamiento de gavetas abiertas y (4) Deposito de pilas de gavetas	30
Figura 3.2 Secuencia de la primera parte del mecanismo de ensamble de gavetas plegables	31
Figura 3.3 Secuencia de la segunda parte del mecanismo de ensamble de gavetas plegables	32
Figura 3.4 Cadena PHC 10B-1X10FT	35
Figura 3.5 Orden de activación de cilindros	38
Figura 3.6 Las 4 etapas de accionamiento.	39
Figura 3.7 Las últimas etapas de accionamiento de los cilindros	40
Figura 3.8 Bloque Set para la selección de modo de arranque de la cadena.....	41
Figura 3.9 Acción de mando de la cadena.....	41
Figura 3.10 Activación del modo automático de la cadena.....	42
Figura 3.11 Transformación de programación ladder a bloques.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Tipos de gavetas Euro Pool	5
Tabla 2.1 Criterios de la selección	14
Tabla 2.2 Matriz de decisión alternativa de solución.....	15
Tabla 2.3 Requerimientos del sistema	17
Tabla 2.4 Generalidades de la gaveta plástica	19
Tabla 2.5 Características de motorreductores	20
Tabla 2.6 Factor del servicio del catálogo WCG20 WEG	21
Tabla 2.7 Características de la cadena PHC 10B-1X10FT	23
Tabla 2.8 Selección de actuadores neumáticos.....	26
Tabla 2.9 Tabla de características del SIMATIC S7 1200-1214C.....	28
Tabla 3.1 Consumo de aire, fuerza de avance y fuerza de retroceso de un cilindro neumático lineal con una carrera de 100 mm	33
Tabla 3.2 Consumo de aire, fuerza de avance y fuerza de retroceso de un cilindro neumático lineal con una carrera de 5 mm	34
Tabla 3.3 Características de la cadena a utilizar en la ensambladora.	36
Tabla 3.4 Diagrama estado-fase.....	37
Tabla 3.5 Cotización de rubros parte mecánica y neumática	44
Tabla 3.6 Cotización de rubros parte eléctrico y de control	46
Tabla 3.7 Cotización de rubros de gastos varios	47
Tabla 3.8 Gastos totales	47

ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 Plano de la máquina completa con sus principales componentes
- PLANO 2 Plano de la agarradera superior del mecanismo de ensamble
- PLANO 3 Plano de la agarradera lateral del mecanismo de ensamble
- PLANO 4 Plano de la estructura del mecanismo de ensamble
- PLANO 5 Plano de la estructura del apilador de gavetas armadas

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En el mercado actual muchas empresas implementan la automatización en actividades como el empacamiento de productos, la construcción de gavetas, ensamblaje de piezas, etc. En contraste, al realizar estas actividades de forma manual se aumenta el costo de mano de obra y tiempo de producción.

En el Ecuador existen varias cadenas de supermercados con un extenso catálogo de productos varios para el hogar. Las cadenas de supermercados tienen como objetivo el generar bienestar en los hogares ecuatorianos, promover el crecimiento profesional de los empleados, generar nuevas plazas de trabajo e incrementar año a año el valor de la compañía [1]. Actualmente las cadenas de supermercados que tienen una mayor afluencia de clientela y mayor aceptación por los ciudadanos son: Mi Comisariato, Supermaxi, Megamaxi, Almacenes Tía, e Hipermarket. Un ejemplo veraz de lo mencionado anteriormente es Tía S.A que tiene la cantidad de 250 locales alrededor del país abarcando 22 provincias y 112 ciudades, lo que la ha convertido en el supermercado con más locales en Ecuador [2].

El propósito de este proyecto es diseñar y construir una línea automatizada en el ensamble de gavetas en la industria alimenticia ecuatoriana que cumpla con los requerimientos propuestos por las empresas para aumentar su productividad y reducir el tiempo de ensamble de cajas manualmente. La demanda de los productos se incrementa cada día por lo que las empresas deben invertir en su beneficio, buscando siempre la mejora en calidad de sus procesos de empacamiento de víveres.

Según Basantes en [3], toda empresa productiva busca siempre innovar tecnológicamente junto al trabajo de profesionales capacitados en el área con la finalidad de expandirse en el mercado e involucrarse en la tecnificación de sus procesos industriales. Concorde a lo mencionado se espera que los resultados al diseñar la línea ensambladora para las cadenas de supermercados nacionales sean

la optimización de la construcción de gavetas, la disminución del esfuerzo físico de los trabajadores, evitar desperdicio de productos y registrar la cantidad de cajas ensambladas por día.

1.1 Descripción del problema

Los centros de distribución utilizan gavetas plásticas para el transporte de diferentes productos en camiones, estas gavetas plásticas se ensamblan manualmente dentro del centro de distribución, se llenan de productos que luego se colocan en los camiones y se reparten en todas las tiendas a nivel nacional. Para lograr productividad dentro de la empresa se desea implementar una línea automatizada de ensamblaje de gavetas.

Este tipo de línea automatizada sería una de las primeras en ser implementadas en el país, permitiendo a países en vías de desarrollo como Ecuador poder entrar en el competitivo mercado nacional, debido a que las empresas que utilizan la automatización permiten reducir costos y aumentar la productividad.

1.2 Justificación del problema

En el Ecuador utilizar procesos automatizados ha crecido paulatinamente, empresas de lácteos utilizan la automatización en el proceso de envasado de yogurt, reduciendo las pérdidas por envasado manual y aumentando las ganancias de la empresa al aumentar la producción de su producto [3]. Al establecer nuevas tecnologías en la mejora de procesos industriales logran causar un impacto positivo mejorando la eficiencia de la empresa.

Al implementar en el país una línea automatizada de armado de gavetas plegables permitirá replicar el modelo a diferentes tipos de industrias que utilizan el mismo tipo de gaveta, consigo optimiza el proceso logístico de productos, Mejora la productividad, permite la competitividad y aumenta la economía del país.

Según Sebastián J et al. [4] la realización de proyectos de automatización permite al ingeniero mecatrónica aplicar los conocimientos aprendidos y experiencia en el proceso de selección de componentes neumáticos, eléctricos, diseño y mecanismos. Debido a que este tipo de proyectos engloban materias de carrera como diseño de máquinas, mecanismos, mantenimiento, la automatización y programación industrial, lo que permitirá definir un análisis de fatiga y simulación del diseño mecánico.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar y construir un sistema mecatrónico para el armado de gavetas a escala industrial, cumpliendo con estándares de calidad.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Diseñar un mecanismo de armado de gavetas.
2. Implementar un sistema de control neumático mediante el uso de sensores y actuadores que permitan la automatización de la máquina y garantice el manejo seguro de las gavetas.
3. Construir un prototipo del sistema mecatrónico para comprobar el funcionamiento del mecanismo de armado de gavetas.

1.4 Marco teórico

En la actualidad, el uso de gavetas plásticas en el sector alimenticio y agricultor es común, dentro de ellas se colocan alimentos, bebidas, frutas, vegetales, etc. Con la finalidad de poder apilar una cantidad específica de cajas, llevarlas a un camión de cargas y ordenar las pilas dentro para así transportarlas alrededor del país, entregándose en sus respectivos puntos de abastecimiento.

La empresa *Euro Pool System* es el proveedor logístico líder en el mercado de envases reutilizables en cadena de suministro europea, la compañía cuenta con una red de 71 centros de servicios en 15 países. Su producto más reconocido es la gaveta plegable que cuenta con 8 tipos de tamaño mostrados en la Tabla 1.1, además tienes las características de ahorrar más espacio en los vehículos frigoríficos, prevenir daños en el transporte del producto por el material flexible de la gaveta y reducir el consumo las emisiones de CO2 aproximadamente una reducción del 86% [5]–[7].

Tabla 1.1 Tipos de gavetas Euro Pool

Tipos	Dimensiones Externas (mm)	Peso (g)	Carga (Kg)
104	400 x 300 x 101	550	4
154	400 x 300 x 153	690	7
106	600 x 400 x 101	1190	8
136	600 x 400 x 123	1340	10
156	600 x 400 x 153	1350	12
186	600 x 400 x 176	1540	18
206	600 x 400 x 201	1980	20
216	600 x 400 x 211	1820	20
24603	600 x 400 x 238	2000	20

Según Dirk Vercammen, director regional de *Euro Pool System*, en [7] declaró que las gavetas plegables ocupan menos espacio en el transporte de retorno, debido a que al doblarse las gavetas después de su entrega, el espacio usado en el camión frigorífico se reduce siete veces en comparación con el transporte de ida que lleva las gavetas llenas y sin doblar. Por consiguiente, se pueden acomodar más gavetas en el regreso, y reduce los viajes del camión lo que lo convierte en una alternativa sostenible.

1.4.1 Sectorización del uso de gavetas plegables

En 2019, se inauguró un Centro de Distribución Nacional (CEDI) (Figura 1.1) en Lomas de Sargentillo en el kilómetro 49.5 de la vía Guayaquil-Portoviejo. Los beneficios de su inauguración son la infraestructura, software y modernos sistemas mecánicos para el abastecimiento de la mercadería a las tiendas alrededor del país. Su infraestructura se levanta en 93 hectáreas, en las que se separaron 48.000 m² para almacenamiento de productos fríos y secos, además cuenta con un área de abastecimiento donde se encuentran las pilas de gavetas plegables dobladas y una máquina de lavado de desechos (Figura 1.2) en gavetas que completaron la ruta de entrega [8], [9].



Figura 1.1 Centro de distribución nacional



Figura 1.2 Máquina de lavado de gavetas

Las gavetas disponibles en el centro de distribución son las plegables y no plegables, el primer tipo de gaveta es nueva en usarse en la empresa y tiene dos modelos del tipo 104 y 106 (Tabla 1.1) (Figura 1.3 y 1.4) hechos en la empresa *PLAPASA* basándose en las gavetas de *Euro Pool System*, lo que se desea implementar es una máquina automatizada que arme las gavetas para reducir el tiempo de operación y utilizar la mano de obra encargada del armado en otra actividad. El otro tipo de gaveta que tienen son las no plegables (Figura 1.5) que son las que más tiempo se llevan utilizando en Ecuador, este tipo de gavetas ocupan mucho espacio, no son fáciles de limpiar, se requiere más viajes para transportar del CEDI a las tiendas y aumenta el consumo de CO₂.



Figura 1.3 Gavetas plegable tipo 104



Figura 1.4 Gaveta plegable tipo 106



Figura 1.5 Gaveta no plegable

1.4.2 Tipos de gavetas plegables utilizadas en Ecuador.

La mayoría de las gavetas plegables utilizadas en el Ecuador son fabricadas por PLAPASA, empresa que se ha encargado de la fabricación de jabas y gavetas plásticas. Las empresas nacionales de alimentos y productos de casa como son: Megamaxi, TIA, Mi Comisariato, AKI, Ferrisariato y KYWI cuenta con los servicios de gavetas (plegables y no plegables) de PLAPASA, demostrando las alianzas estratégicas que tiene la empresa para generar un mayor ingreso económico al sector industrial y al país[10].

PLAPASA tiene siete líneas de producción, la que más tiempo tiene dentro de la empresa es la línea industrial encargada de la fabricación y gavetas con tecnología moderna, además de ofrecer estos productos al sector camaronero, alimenticio, agrícola y floricultor[11]. En la categoría de gavetas se encuentran tres tipos de modelos de gavetas plegables, que son: Gaveta Smart Plegable Grande, Gaveta Plegable (Figura 1.3) y Gaveta Smart Plegable Pequeña (Figura 1.4).

El centro de distribución invirtió en la compra de las gavetas Plegable y Smart Plegable Pequeña (SPP), las medidas externas de la Plegable es de 400 x 600 x 255 mm de color verde, la misma permite llevar más peso y una capacidad máxima de apilamiento de 175 Kg, en cambio el otro tipo de gaveta (SPP) sus medidas son más pequeñas con medidas de 300 x 400 x 175 mm y gavetas de dos colores las rojas y verdes, con la intención de ubicar las carnes en la roja y los vegetales en la verde además su capacidad máxima es de 96 Kg.

1.4.3 Ciclo del uso de gavetas plegables en el sector alimenticio

El ciclo de uso de las gavetas plegables es el siguiente: primero las tiendas entregan las gavetas armadas al camión frigorífico luego de abastecer su local, luego el transporte se encarga de recoger en los locales las gavetas según la ruta establecida, al llenar su capacidad el camión se dirige al CIDE para entregar las gavetas a los operadores. Estos operadores apilan las gavetas y las transportan hacia la máquina de lavado (Figura 1.2), después de limpiarse las gavetas dos operadores doblan las gavetas plegables para apilarlas, finalmente estas gavetas se llevan a la planta de abastecimiento donde reciben 100 gavetas desarmadas en un pallet, luego las arman y llenan con los productos ya sean vegetales o carnes, por lo tanto, se las vuelve a llevar al transporte para que puedan abastecer las tiendas.

El horario de descarga de las gavetas es de 6:30 am hasta las 11:30 am, la cantidad máxima de gavetas armadas es de 5000 cajas con dos operadores encargados de la tarea. Las gavetas plegables son nuevas en el abastecimiento de productos, muchas empresas de alimentos aún utilizan las gavetas antiguas para no desperdiciar en recursos. Sin embargo, la planta designada para abastecer y construir las gavetas no tiene conexiones neumáticas lo que no permite cumplir con el alcance de construir entre 6000 y 8000 gavetas mediante la línea de ensamble.

1.4.4 Estado de arte

Las máquinas existentes de armar las gavetas plegables son mayormente utilizadas en países europeos, donde ha sido el estándar automatizar el proceso de armado de gavetas. Una de las razones por las que se escogen este tipo de máquinas es la eficacia al armar grandes cantidades de gavetas, las más conocidas son la Boxer+ de la empresa italiana Frutmac y la máquina Taks CEM 100 de la empresa holandesa Lan Handling Technologies [12], [13].

La primera máquina Boxer+ tiene las siguientes características: realiza el armado de 1200 gavetas por hora de dimensiones 400x600x255, también tiene un inicio de la línea que es intuitivo y fácil. La construcción de las gavetas no se limita solo al modelo Euro Pool sino también a otros tipos de modelos como TESCO e IFCO SL, su alimentación neumática es de 7 bar. La segunda máquina mencionada Taks CEM 100, tiene características similares con la diferencia de que armar 650 gavetas por hora y un consumo de aire de 6 bar.

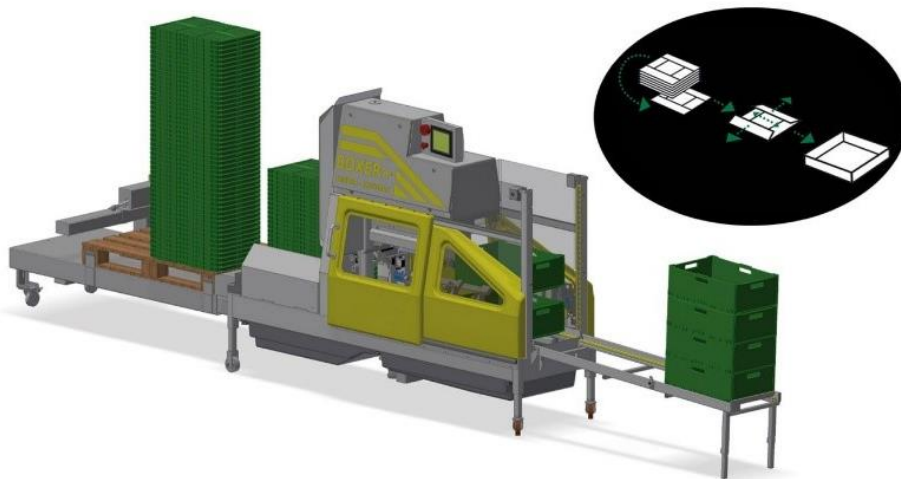


Figura 1.6 Máquina Boxer+ [1]



Figura 1.7 Máquina Taks CEM 100 [2]

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En esta sección se detalló las distintas alternativas de solución para la máquina ensambladora de gavetas, tanto como su diseño conceptual y esquemas de diseño a seguir. Desde el proceso de selección mecánico (cadenas, motores, motorreductores), de control (PLC y entradas) y actuadores neumáticos.

2.1 Selección de la alternativa de solución

Para alcanzar el diseño final se pensó en tomar referencia de dos posibles soluciones basados en dos tipos de máquinas ensambladoras de gavetas, a continuación, se detallará las alternativas de solución.

- **Alternativa 1:**

Diseño de una máquina ensambladora de gavetas de 400 x 600 mm, que utilice un sistema de transmisión por cadena, un sensor de posición de pistón para poder detener la caja y armarla, además de uso de actuadores neumáticos para sujetar las caras laterales de caja en el ensamblaje.

- **Alternativa 2:**

Diseño de una máquina ensambladora de gavetas de 400 x 600 mm, que utilice un sistema de transmisión por bandas, con sensores infrarrojos para detener la caja en la posición de armado. Además, utilizar brazos laterales controlados por actuadores neumáticos para armar las gavetas.

- **Alternativa 3:**

Diseño de una máquina ensambladora de gavetas de 400 x 600 mm, que utilice un sistema de transmisión por correas sincrónicas, utiliza un sensor de magnéticos para detener los pistones utilizados en el diseño.

Para la selección de la alternativa de solución se analizó cada criterio de la Tabla 2.1. En la tabla se muestra el rango de importancia de cada criterio comparados entre sí con su respectivo porcentaje de decisión. A continuación, se describe brevemente cada criterio.

- **Costo inicial:** La inversión inicial que se tendrá para el diseño e instalación de la máquina ensambladora, valores que incluyen las reparaciones y reemplazo de cada parte de la máquina.
- **Costo de mantenimiento:** El valor aproximado que tendrá la máquina para un mantenimiento en un período de tiempo anual en la empresa. Incluye, el mantenimiento del sistema de transmisión, repuestos y desconfiguraciones.
- **Durabilidad:** La fabricación del material y el diseño en general de la máquina tendrá un tiempo de vida útil antes de cada mantenimiento.
- **Potencia de transmisión:** Selección del sistema de potencia junto con sus materiales como son: motores, motorreductores, cadenas, bandas, correas sincrónicas, etc.
- **Peso:** El valor aproximado que pesará la máquina al ser instalada.

Tabla 2.1 Criterios de la selección

Criterios de Selección			
Criterio	Ranking	Peso relativo	Porcentaje
Costo inicial	1	10	42%
Costo de mantenimiento	2	6	25%
Durabilidad	3	5	21%
Potencia de transmisión	4	2	8%
Peso	5	1	4%
	Total	24	100%

De las alternativas seleccionadas la solución óptima, con respecto a los criterios, es la *Alternativa 1*. La razón por la que se escogió la alternativa mencionada es debido al fácil montaje de la máquina, además de poder encontrar con facilidad repuestos localmente como son cadenas y actuadores, otra razón importante es

la durabilidad de la máquina por lo que se analizó los cuidados necesarios para una correcta instalación, lubricación del sistema de transmisión y el tiempo de desgaste de cada repuesto. Por lo tanto, cumpliría con los criterios mostrados en la *Tabla 2.2*.

Tabla 2.2 Matriz de decisión alternativa de solución

MATRIZ DE DECISIÓN						
	CRITERIO 1	CRITERIO 2	CRITERIO 3	CRITERIO 4	CRITERIO 5	TOTAL
Descripción	Costo inicial	Costo de mantenimiento	Durabilidad	Potencia de transmisión	Peso	
Peso	10	6	5	2	1	24
	42%	25%	21%	8%	4%	100%
OPCIONES	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación	
Cadenas	5	6	9	8	5	6,3
Engranajes	6	4	9	7	3	6,1
Correas	9	8	4	4	8	7,3

2.2 Proceso de diseño

En el proceso de diseño final se tuvo reuniones con el cliente para entender los requerimientos y objetivos que se desean cumplir. En la Figura 2.1, se muestra la metodología para el diseño final mediante un diagrama de flujos.

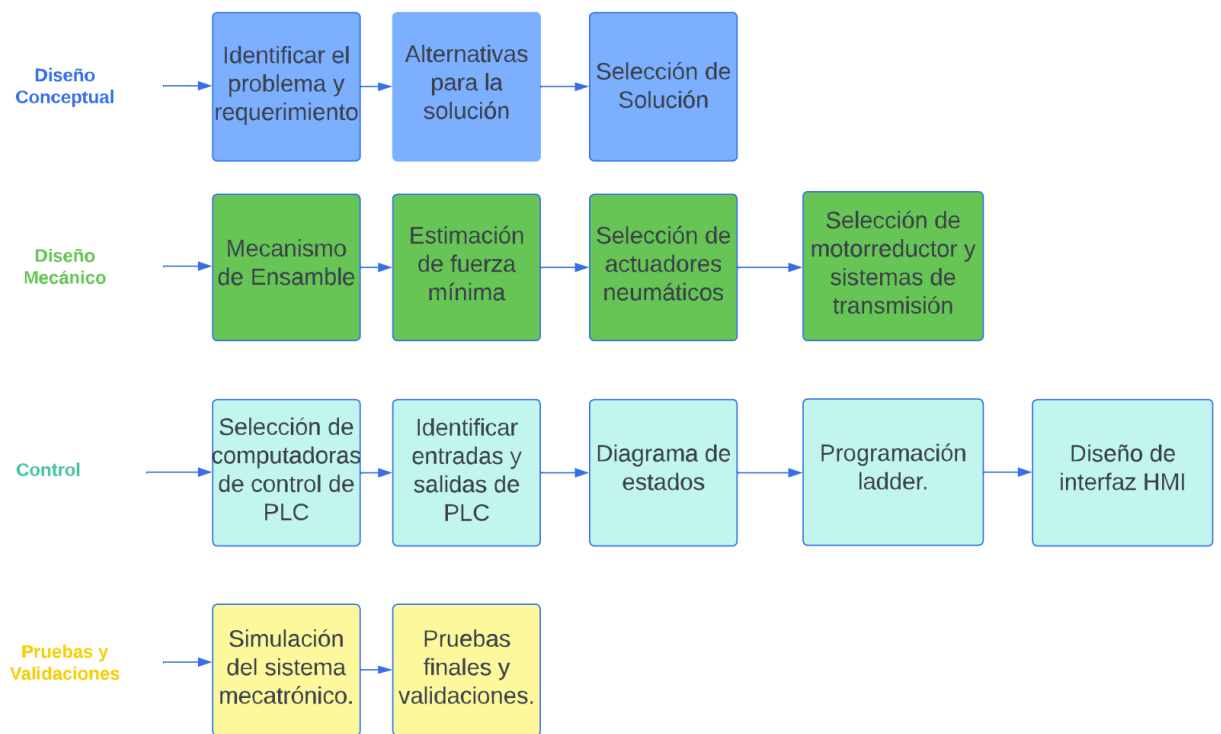


Figura 2.1 Metodología de diseño

2.3 Requerimientos del diseño

Para la selección de una solución viable se anotaron los requerimientos necesarios para el diseño e instalación de la máquina ensambladora, en cada reunión con el cliente; se definió el área de trabajo y cantidad de cajas ensambladas por día. En la siguiente *Tabla 2.3* se muestran los requerimientos discutidos en cada reunión.

Tabla 2.3 Requerimientos del sistema

Funcionalidad	Desdoblar las gavetas 400 x 600 mm de manera automática y continua
Tamaño	500 x 70 cm
Alimentación Eléctrica y Neumática	La máquina ensambladora debe trabajar con fuente de alimentación de 220 V y presión de aire entre 6.5 – 7 bar.
Tiempo de operación diario.	La máquina funcione en el horario de descarga de 6:30 -11:30 am, los 7 días de la semana.
Mantenimiento	El mantenimiento preventivo debe ser cada seis meses.
Cantidad de cajas ensambladas por día.	Armar entre 5000-8000 cajas por día.

2.4 Diseño conceptual

En la Figura 2.2 se ilustra el proceso que realiza la ensambladora de gavetas, estableciendo tres partes importantes del sistema que son: la entrada que es donde el operador colocará una pila de gavetas sin ensamblar, la siguiente parte es la operación de ensamblar la gaveta una a una mediante el uso de actuadores neumáticos, por último, se encuentra la parte de la salida que apila las gavetas armadas y pasan por una mesa de rodillos para ser colocados en un pallet.



Figura 2.2 Esquema de armado de gavetas

Para la selección de los componentes principales, se tuvo que delimitar el problema, se anotó la cantidad de gavetas armadas esperadas por el cliente, que en este caso sería de un rango de 500-800 cajas por día. También el tiempo de trabajo de la máquina junto con el horario de descarga de los camiones con las gavetas llenas de productos, por lo que el horario para armar las gavetas es entre las 6:30 am – 11:30 am.

Para escoger la cantidad de cajas que tendrá la pila en la entrada se realizó un estudio de la fuerza aplicada en las caras laterales al momento de armarlas. Con ese valor se puede establecer un límite de cajas dobladas en la pila y la fuerza que deben ejercer los cilindros al momento de entrar en contacto con las gavetas.

2.5 Parámetros de la gaveta.

Para la obtención de los actuadores necesarios para las gavetas se anotó las dimensiones de la caja, el peso de la caja y la fuerza necesaria para levantar cada cara de la gaveta. En la Tabla 2.4 están los datos mencionados recientemente, con el fin de corroborar la alternativa como solución, se realizó un experimento que consistía en utilizar un dinamómetro amarrado a las caras laterales de la gaveta para obtener la fuerza mínima necesaria para levantar las caras respectivas. Se realizó una serie de cinco mediciones por cada cara lateral, en la Figura 2.3 se muestra la prueba y resultado de las mediciones realizadas.

Tabla 2.4 Generalidades de la gaveta plástica

Peso [kg]	2.065
Dimensiones [mm]	400 x 600
Fuerza Cara Lateral Larga Promedio [N]	0.324
Fuerza Cara Lateral Corta Promedio [N]	2.262



Figura 2.3 Mediciones de fuerza para levantar las caras de la gaveta




2.6 Diseño mecánico

2.6.1 Selección de motorreductores

Para la selección de motorreductores se requiere que tenga un torque moderado para la transmisión de la cadena y rodillos, también se necesita que la velocidad sea baja y se pueda controlar. El tamaño del motorreductor tiene que ser pequeño y de fácil acoplamiento en el diseño final.

En el mercado ecuatoriano los catálogos de motorreductores que se pueden conseguir son los de la marca WEG, que tiene un alto nivel de aceptación en la industria ecuatoriana. En la *Tabla 2.5* se mostrará el modelo de motorreductor seleccionado [14]

Tabla 2.5 Características de motorreductores

	Coaxiales	Paralelos	Ortogonales
Imagen			
Modelos	WCG20	WCG20	WCG20
Torque Nominal	50 a 18000 Nm	110 a 18000 Nm	110 a 18000 Nm
Rango de Potencia	0.12 a 55 kW	0.12 a 55 kW	0.12 a 55 kW
Relación de transmisión.	2.44 a 22405.25	3.85 a 24805.81	3.82 a 14005.40

Los cálculos respectivos para la selección del motorreductor respectivo se encuentran en la sección de *Apéndice A*. Tras analizar los valores respectivos como el factor de seguridad para el transporte de una carga de uniforme, el motorreductor seleccionado es el WCG20 Coaxial debido a que según el catálogo (Tabla 2.6) este cumple con los valores de potencia y torque nominal mínimos para empezar a mover las cadenas y rodillos.

Tabla 2.6 Factor del servicio del catálogo WCG20 WEG

Transportadores			
Correa, cadena, cinta e hilo:			
- Cargas uniformes	U		
- Cargas pesadas e intermitentes.	M		
Transmisiones			
Transmisiones Ligeras	U		
Transmisiones para accionamientos de máquinas de herramientas	M		
Lavanderías			
Centrifugadoras	U		
Para las minas	F		
Tiempo de máximo de funcionamiento diario	Clases de carga		
	U	M	F
Hasta 3 horas.	0.80	1.20	1.40
Hasta 10 horas.	1.00	1.35	1.55
24 horas.	1.20	1.50	1.55

2.7 Sistema de transmisión de potencia

Para la selección del sistema de transmisión de potencia, se eligió cadenas junto con el diseño de los piñones para poder transportar las gavetas plásticas dobladas y armadas. Para la selección del largo de la cadena, el tipo de piñón y la cantidad de cadenas, se lo determinará de la siguiente guía y catálogo de cadenas [15], [16]

De los datos de la selección del motor se tiene el valor de la potencia del motorreductor que es de 1.10 kW con un torque de salida alto que es de 60 Nm.

Con estos datos iniciales en el Apéndice B se mostrará el procedimiento realizado para la obtención de la cadena idónea para la solución propuesta.

Luego de realizar los cálculos correspondientes la cadena seleccionada es la PHC 10B- 1X10FT (*Figura 2.4*). El largo de la cadena se escogió la longitud de la mesa de trabajo de la máquina ensambladora, el valor establecido entre los centros de piñones es de 1936.756 mm.

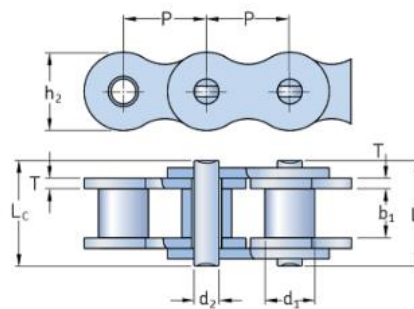


Figura 2.4 Medidas PHC 10B-1x10FT

Tabla 2.7 Características de la cadena PHC 10B-1X10FT

Cadena modelo PHC 10B-1X10FT	
Paso P (mm)	15.88
Paso P (in)	0.63
Diámetro del rodillo d1 max (mm)	10.16
Diámetro del rodillo d1 max (in)	0.4
Ancho de las placas interiores b1 min (mm)	9.65
Ancho de las placas interiores b1 min (mm)	0.38
Diámetro del Pin d2 max (mm)	5.08
Diámetro del Pin d2 max (in)	0.2
Altura de la placa h2 max (mm)	14.7
Altura de la placa h2 max (in)	0.58
Grosor de la placa T max (mm)	1.7
Grosor de la placa T max (in)	0.07
Peso (kg/m)	0.93
Peso (lbs/ft)	0.62

2.8 Parámetros de monitoreo y control

Para el proceso de monitoreo y control se debe tener en cuenta lo siguiente: los procesos que van a ser monitoreados, seleccionar las herramientas (*Ver Apéndice F*) (cilindros, actuadores, botones de arranque y paro) y tecnologías adecuadas (pantalla HMI y PLC) que mejor se adapten al objetivo, y evaluar periódicamente los procesos para mejorar algún proceso que sea necesario.

Dentro del proceso del ensamblado de gavetas se decidió controlar los actuadores neumáticos que usará para el armado de gavetas, además la velocidad con la que el motorreductor mueve las cadenas donde encima estarían las pilas de gavetas, por último, se pretende establecer una cantidad mínima de gavetas armadas en una pila

La pantalla del HMI establecido para el sistema de monitoreo se divide en dos etapas, la primera pantalla *Figura 2.5* que es la parte inicial del HMI con las opciones de Mantenimiento y Automático. Finalmente, la segunda pantalla HMI es la *Figura 2.6*



Figura 2.5 Primera pantalla de inicio

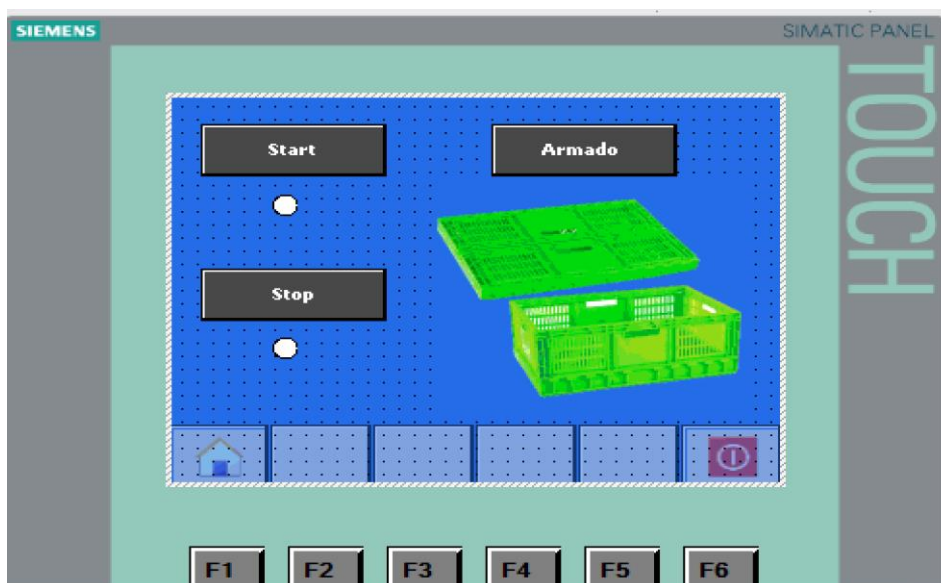


Figura 2.6 Pantalla de ensamblaje





2.9 Selección de actuadores neumáticos

Para la selección de actuadores neumáticos se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- Fuerza de accionamiento: El tamaño y peso de las gavetas determinan la fuerza necesaria para abrirlas y cerrarlas. Por eso la selección de los actuadores debe tener una fuerza adecuada para poder abrir las cajas sin doblar o romper una cara de la gaveta.
- Velocidad de accionamiento: La velocidad a la que se abren y cierran las gavetas es un factor importante que considerar. La velocidad seleccionada debe ser la adecuada para que el armado de la gaveta evite dañar o romper las gavetas además de que se observa un movimiento suave y natural al armarse.
- Compatibilidad con el sistema de control: Los actuadores seleccionados deben ser compatibles con el sistema de control (PLC y HMI). El PLC seleccionado debe entregar fiabilidad y eficiencia dentro de un proceso continuo.
- Costo: La selección de actuadores está relacionado con el precio y calidad de los actuadores que se implementarán en la máquina ensambladora. Por esa razón los actuadores que se desean implementar son los del catálogo XCPC [3]

En la siguiente *Tabla 2.8* se mostrará los actuadores seleccionados con su respectivo diámetro de eje y el avance de carrera, además en el *Apéndice C* se detallará las fórmulas utilizadas para encontrar sus respectivas variables.

Tabla 2.8 Selección de actuadores neumáticos

Actuador Neumático	Aplicación	Imagen	Modelo	Función
DNC CILINDRO PERFILADO Ø 32mm X 150mm CARR. -	Control		DNC- 32x150- 25-S	Actuador neumático lineal de doble efecto con un stroke de 150 mm
DNC CILINDRO PERFILADO Ø 32mm X 200mm CARR. -	Control		DNC- 32x200- 25-S	Actuador neumático lineal de doble efecto con un stroke de 200mm
ADVU CILINDRO COMPACTO Ø 25mm X 5mm H -	Control		ADVU- 25x5-S	Actuador neumático lineal de doble efecto, con un stroke de 5mm
ACTUADOR NEUMATICO MODELO 40 -	Control		MSQB 30-A	Actuador neumático rotacional, con un ángulo de oscilación de 90°

2.10 Selección de controlador

Para la selección del controlador se tiene las siguientes consideraciones:

- **Capacidad de entrada y salidas:** Identificar las entradas y salidas necesarias para el control del ensamblado de gavetas.
- **Procesamiento:** la velocidad y la capacidad de procesamiento para manejar los cálculos y las decisiones requeridos en la ensambladora de gavetas.

- **Comunicación:** la capacidad de conectar el PLC con otros dispositivos, como sensores y actuadores, así como con una computadora o una red de control.
- **Fiabilidad:** la capacidad del PLC para funcionar de manera confiable durante un período prolongado de tiempo.
- **Costo:** el presupuesto disponible para la adquisición y la implementación del PLC.

Por esa razón se escogió el siguiente controlador PLC: CPU modelo SIEMENS S7-1200- 1214C (Figura 2.7). El mismo permite controlar de forma continua las entradas y salidas de la ensambladora, además cuenta con un módulo de expansión de entradas y una de señales modelo *SM1223 MODULO DE SEÑAL 16 DI 24VDC*. A continuación, la *Tabla 2.9* mostrará las características fundamentales



Figura 2.7 PLC SIMATIC S7 1200 -1214C

Tabla 2.9 Tabla de características del SIMATIC S7 1200-1214C

Modelo	SIMATIC S7 1200
CPU	1214C
Alimentación	110/220 VAC
Entradas Digitales	14-24 VDC
Salidas Digitales	10 tipo relé
Capacidad de Memoria	75 KB
Modelo de expansión de Módulo de señal	<i>SM1223</i>

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el presente capítulo se mostrará el diseño 3D de la maquina ensambladora de gavetas plegables, conformada por 4 etapas; el ingreso de una pila de gavetas cerradas, el mecanismo de ensamble de gavetas, el acopiador de gavetas abiertas y el depósito de pilas de gavetas abiertas. Además, se presentará el análisis estructural de la banda transportadora. Por último, se indicará la programación en Ladder de los componetes neumáticos del mecanismo de ensamble.

3.1 Diseño mecánico

En la figura 3.1 se muestra la máquina ensambladora de gavetas plegables en Inventor. En este software se diseña y realiza el análisis estático para los componentes mecánicos que sostienen los diferentes componentes neumáticos y eléctricos del sistema.

La máquina está constituida por 4 partes. La primera parte es el ingreso de las pilas de gavetas plegables cerradas. Luego, el mecanismo donde realiza la operación de abrir la gaveta una por una. Por consiguiente, la parte donde se acopian en forma de pila las gavetas. Y, por último, una banda transportadora con rodillos locos que se encarga de almacenar las pilas de gavetas abiertas.

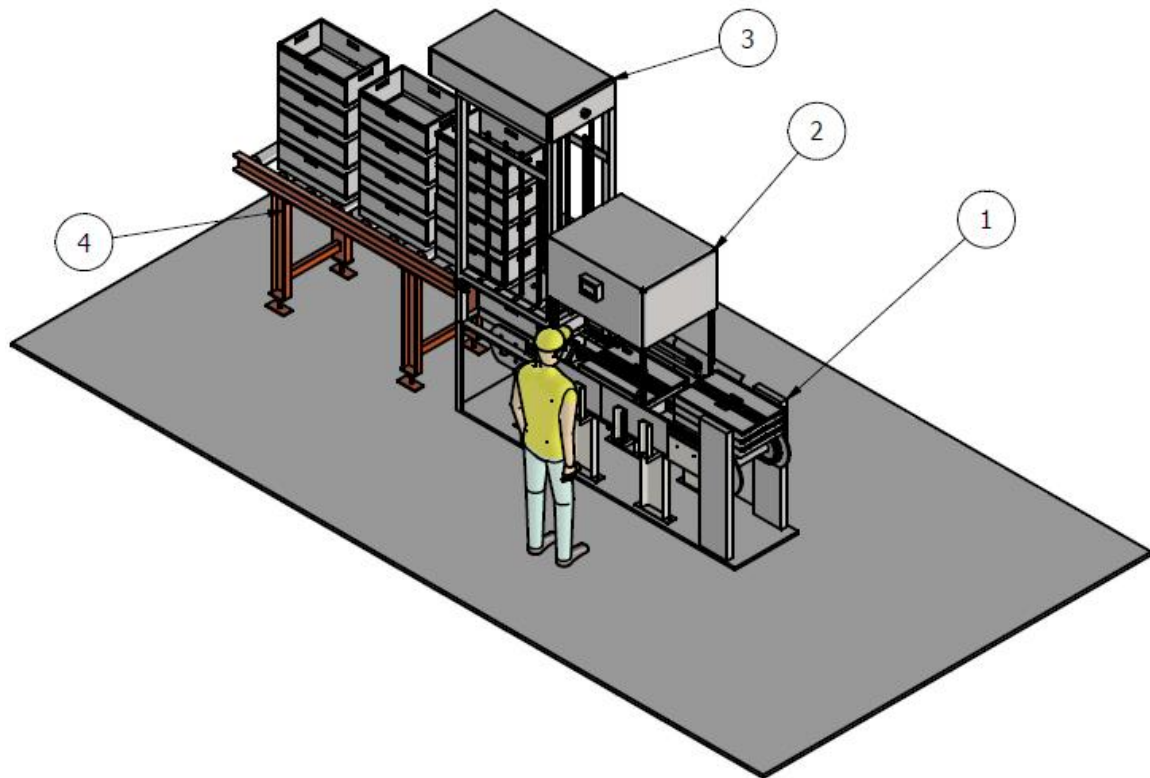


Figura 3.1 Diseño 3D de la maquina ensambladora de gavetas plegables: (1) El ingreso de una pila de gavetas cerradas, (2) Mecanismo de ensamble de gavetas, (3) Acopiamiento de gavetas abiertas y (4) Deposito de pilas de gavetas

El mecanismo de ensamble de gavetas consta de 2 partes. La primera consiste en abrir las puertas laterales de la gaveta plegable, mediante dos brazos a los costados de la gaveta, y la última consiste en abrir las puertas interiores de esta, mediante un mecanismo que se encuentra arriba de la gaveta plegable, como se muestra en las figuras del *Apéndice D*.

La primera parte del mecanismo, figura 3.2, que abre las puertas laterales necesita de 2 actuadores rotacionales (azules) y 4 actuadores lineales neumáticos (rojos). La secuencia consiste en que primero se activan los actuadores rotaciones para que las manos del mecanismo bajen hasta encontrarse en paralelo con las puertas laterales de la gaveta. Luego se activan los 4 cilindros para sujetar la puerta lateral.

Finalmente, se vuelven a activar los actuadores rotaciones en sentido contrario para que las puertas queden totalmente abiertas.

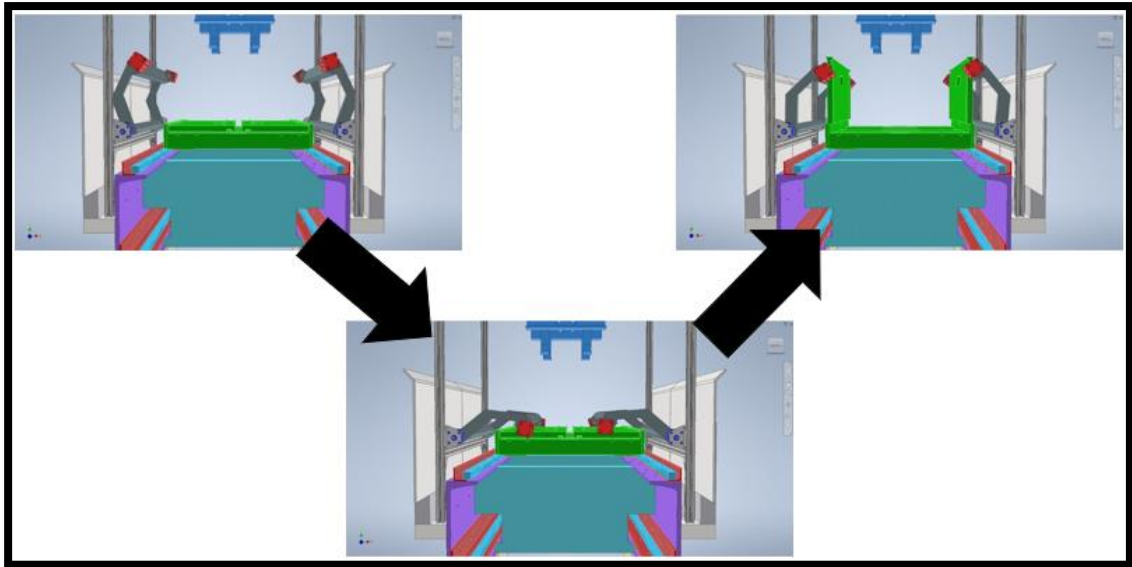


Figura 3.2 Secuencia de la primera parte del mecanismo de ensamblaje de gavetas plegables

La segunda parte del mecanismo, figura 3.3, que abre las puertas interiores necesita de 3 actuadores lineales neumáticos. La secuencia consiste en que primero se activa el actuador que realiza la acción de bajar el mecanismo superior. Luego, cuando esté el actuador totalmente extendido, se activan los otros dos actuadores lineales en simultaneo para que abran las puertas interiores de la gaveta. Por último, se vuelve activar el primer actuador para subir el mecanismo superior de la máquina.

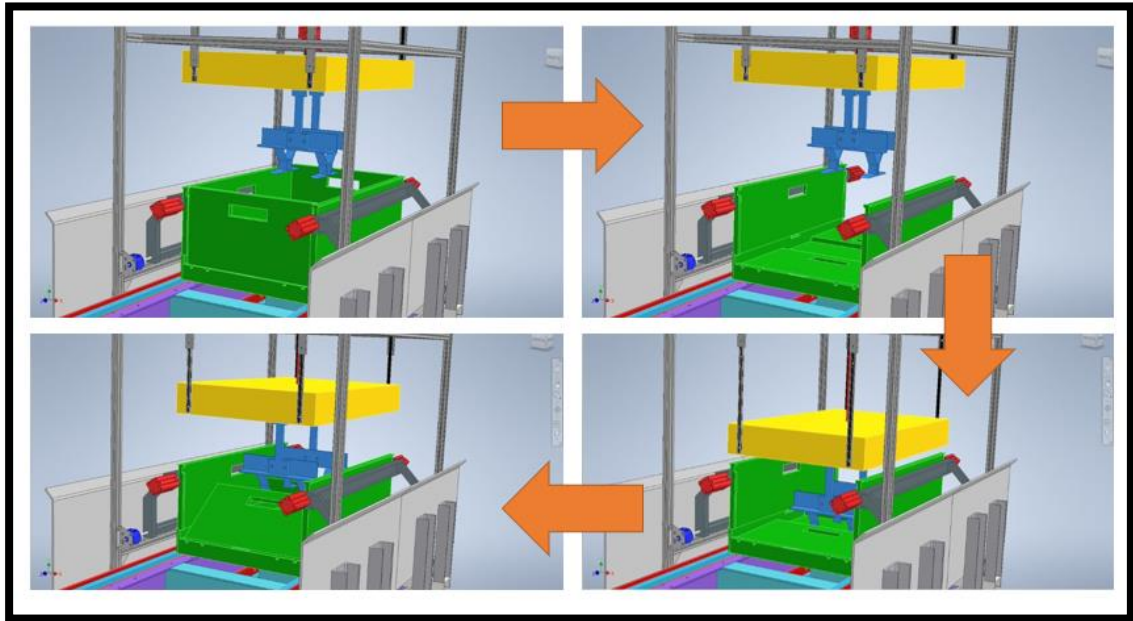


Figura 3.3 Secuencia de la segunda parte del mecanismo de ensamble de gavetas plegables

3.2 Consumo de aire de la maquina ensambladora de gavetas plegables.

Se analizó los componentes neumáticos de la maquina ensambladora de gavetas plegables mediante las fórmulas del apéndice C. Estas fórmulas permiten conocer el consumo total de aire de la máquina. Además, se logra conocer acerca de las Fuerzas de avance y retroceso que aplica los componentes neumáticos para realizar los diferentes trabajos durante el proceso de ensamblaje.

En la tabla 3.1 y 3.2, se indican las características de los cilindros utilizados en el mecanismo de ensamble de gavetas. Las características que determinan las fuerzas de avance, las fuerzas de retroceso y el consumo de aire de la maquina son el diámetro del embolo, el diámetro del vástago y la carrera (stroock) del cilindro neumático lineal.

Tabla 3.1 Consumo de aire, fuerza de avance y fuerza de retroceso de un cilindro neumático lineal con una carrera de 100 mm

Presión	700000	Pa
Cantidad	3	Unidad
Diámetro del embolo	0,032	m
Diámetro del vástago	0,012	m
Carrera	0,1	m
Área de avance	$8,04 \times 10^{-4}$	m^2
Área de retroceso	$6,91 \times 10^{-4}$	m^2
Fuerza de avance	562,97	N
Fuerza de retroceso	483,80	N
Consumo de aire	10,64	<i>L/min</i>

El resultado fue un total de 10.74 [L/min] de aire consume la maquina ensambladora de gavetas plegables, es decir, 10.74 [L] de aire consume la maquina por abrir 3 gaveta plegable en 1 minuto. Si se compara este valor con el flujo de aire de un compresor de aire comercial como el modelo HC1100-50. El cual tiene un flujo de aire de 125 [L/min] a 6 [bar], suficiente para el consumo de la maquina ensambladora de gavetas.

Tabla 3.2 Consumo de aire, fuerza de avance y fuerza de retroceso de un cilindro neumático lineal con una carrera de 5 mm

Presión	700000	$\frac{N}{m^2}$
Cantidad	4	Unidad
Diámetro del embolo	0,012	m
Diámetro del vástago	0,006	m
Carrera	0,005	m
Área de avance	$1,13 \times 10^{-4}$	m^2
Área de retroceso	$8,48 \times 10^{-5}$	m^2
Fuerza de avance	79,17	N
Fuerza de retroceso	59,38	N
Consumo de aire	0,094	L/min

Por otra parte, la fuerza de los actuadores neumáticos es considerablemente diferente, debido a que realizan distintas tareas. Para los cilindros con una carrera de 5 [mm] aplican una fuerza de avance y retroceso de 79 y 59 [N] respectivamente. Lo que realizan estos cilindros es sostener las puertas laterales de la gaveta, la cual no pesa más de 20 [N]. Por ende, la fuerza que aplica los cilindros de 5 [mm] a la gaveta es más que suficiente. Para los cilindros con una carrera de 100 [mm] aplican una fuerza de avance y retroceso de 563 y 484 [N] respectivamente. Lo que realizan estos cilindros es abrir las puertas interiores de la gaveta, además, de sostener el mecanismo superior de la gaveta (figura 3.3). El peso de la parte superior del mecanismo no supera los 200 [N]. Por lo tanto, la fuerza que aplica los cilindros de

100 [mm] a la gaveta y al mecanismo es suficiente para mover el mecanismo superior y abrir las puertas internas de la gaveta.

3.3 Aplicación de las cadenas y motorreductores

La selección de cadenas y motorreductores es una parte fundamental en el diseño de sistemas mecánicos y de automatización. Las cadenas son elementos de transmisión de potencia que se utilizan para transferir energía mecánica de una fuente a un sistema de trabajo. Existen diferentes tipos de cadenas, como las de rodillos, las de pines y las de placas. La solución implementada es la cadena “PHC 10B-1x10FT” (Figura 3.4) con las siguientes características para el implementado de la ensambladora de gavetas (Tabla 3.3).



Figura 3.4 Cadena PHC 10B-1X10FT

Por su parte, los motorreductores son dispositivos que combinan un motor eléctrico y una caja reductora para obtener una velocidad y un torque adecuados para el funcionamiento de una aplicación específica. Al seleccionar la cadena y el motorreductor adecuados para una aplicación, es necesario tener en cuenta factores como la carga a transmitir, la velocidad requerida, y las condiciones ambientales de operación (Apéndice A y B). Una correcta selección de cadenas y motorreductores puede garantizar el correcto funcionamiento de un sistema y contribuir a maximizar su eficiencia y productividad. La velocidad de salida es de 175 [RPM], peso de la gaveta de 2.065 [Kg], torque de 60 [Nm], el coeficiente de fricción de la transportadora es de 0.13, además el motorreductor se colocará a la altura de 0.633

[m] por lo que la potencia elegida es de 1.10 [kW] con una frecuencia de 60 [Hz], el modelo que cumple con esas características es la C01220.

Tabla 3.3 Características de la cadena a utilizar en la ensambladora.

Factor de servicio	1.0	
Cantidad de dientes del piñón	20	Unidad
Potencia	2.35	kW
Diámetro del piñón	106.51	mm
Paso	15.88	mm
Diámetro de paso (ángulo)	101.480	°

3.4 Diseño de programación ladder en Tía Portal.

La programación Ladder es una de las técnicas más utilizadas en la automatización industrial y puede ser implementada en el software Tia Portal de Siemens. En el caso de una ensambladora de gavetas, se puede utilizar esta técnica para controlar los diferentes procesos de ensamblaje, mediante el uso de un diagrama de estado-fase (*Tabla 3.5*) se puede realizar la programación Ladder del movimiento de los cilindros. Además, la *Figura 3.5* muestra el orden que debe seguir cada cilindro para el armado de gavetas.

Tabla 3.4 Diagrama estado-fase

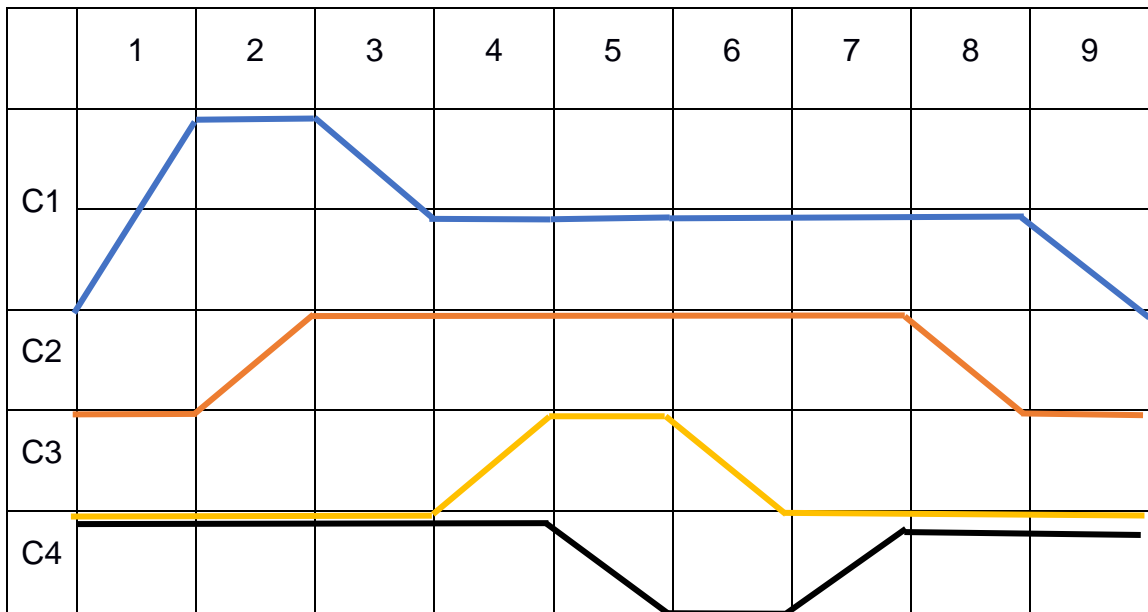




Figura 3.5 Orden de activación de cilindros

Luego de realizar el diagrama de estado se utilizan bobinas, pulsadores normalmente cerrados y abiertos (NC y NA), por cada línea de los estados de fase, en total son diez segmentos de programación utilizados para el accionamiento de cada cilindro (Figura 3.6 y 3.7).

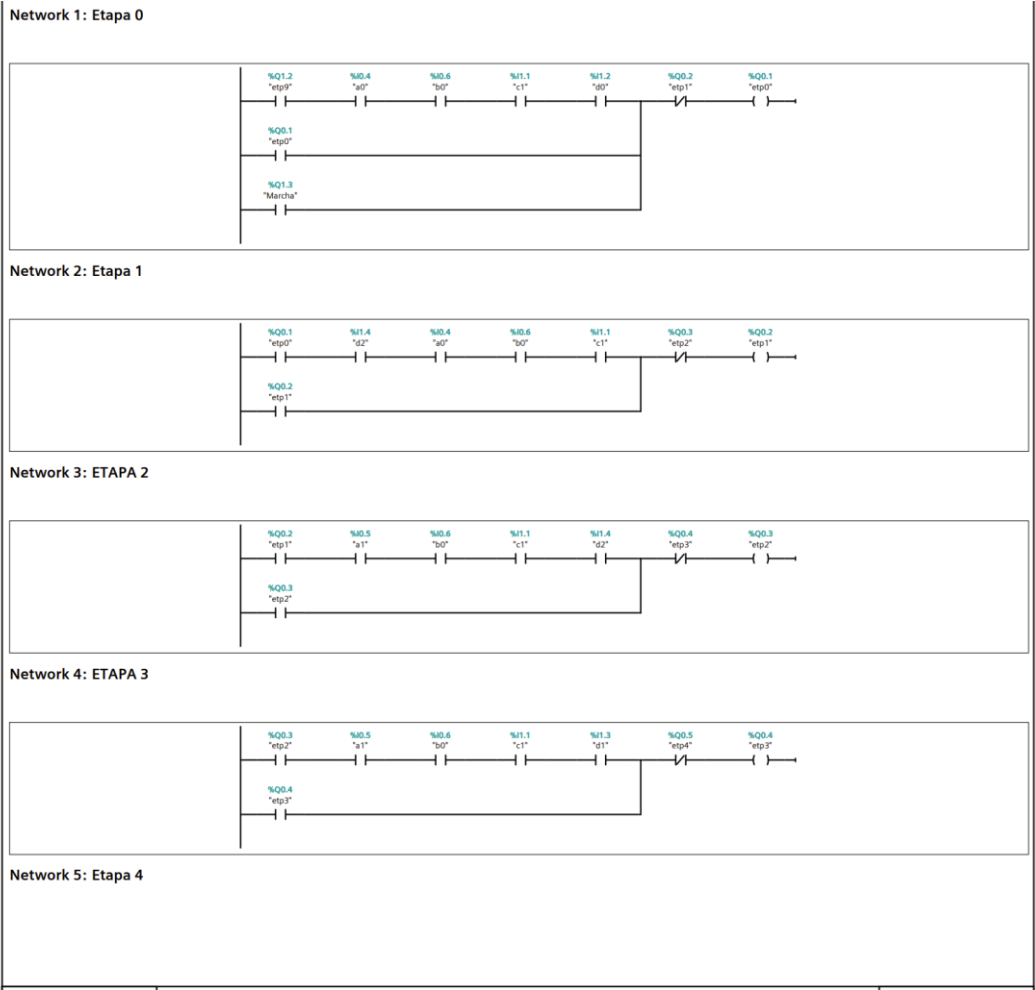


Figura 3.6 Las 4 etapas de accionamiento.

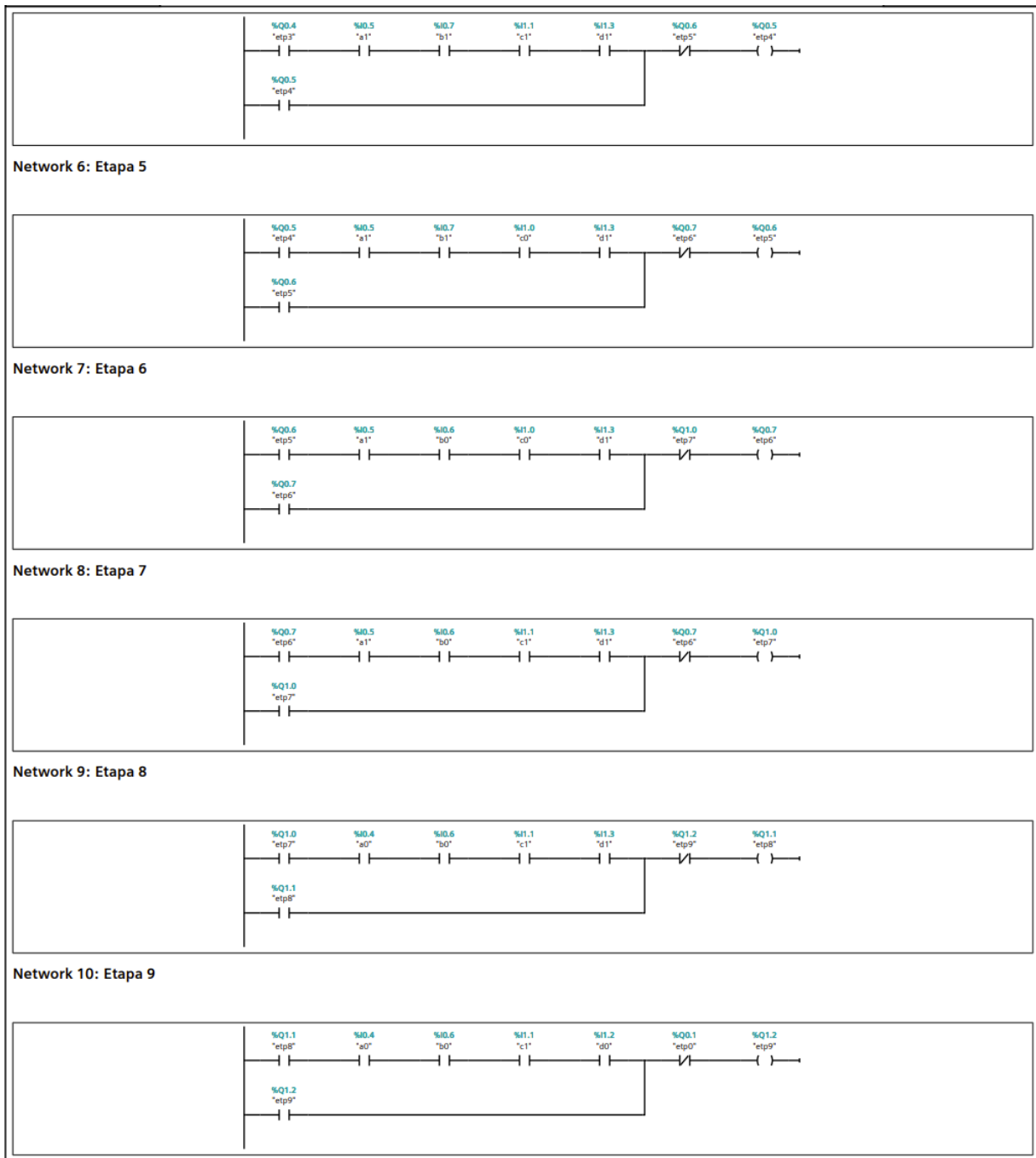


Figura 3.7 Las últimas etapas de accionamiento de los cilindros

Por último, se realizó una programación para el arranque del motorreductor de la cadena que tiene un método manual y automático, con sus pulsadores “Start” y “Off” para la activación y parado respectivamente. Se utiliza un bloque SET (Figura 3.8) para el cambio de los métodos y guardar sus respectivas variables en la memoria del PLC Siemens 1200-S7.

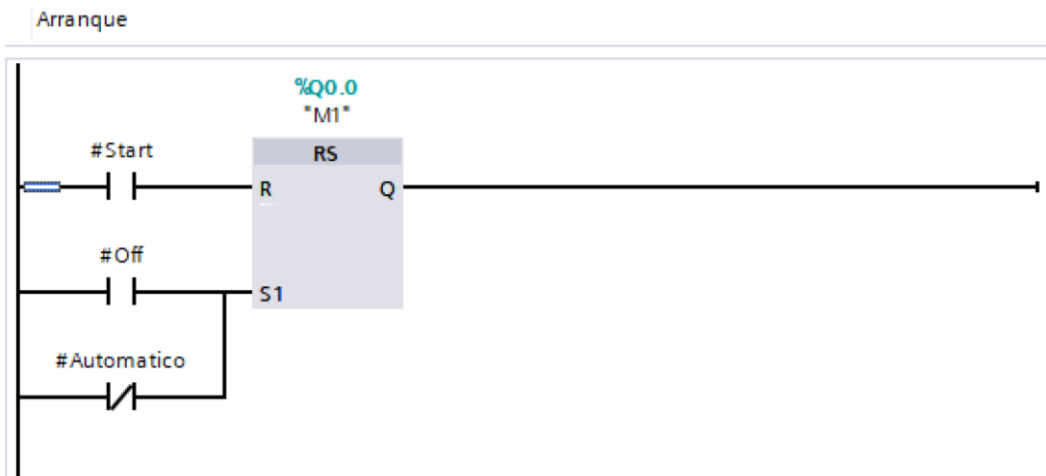


Figura 3.8 Bloque Set para la selección de modo de arranque de la cadena

La siguiente línea de código, es la activación del mando para el motorreductor, pulsador “M1” y los contactos “Start”, “Off” y “mem_autom”. Además, se crea otra línea *SET* para la activación del modo automático de la cadena (*Figura 3.10*).

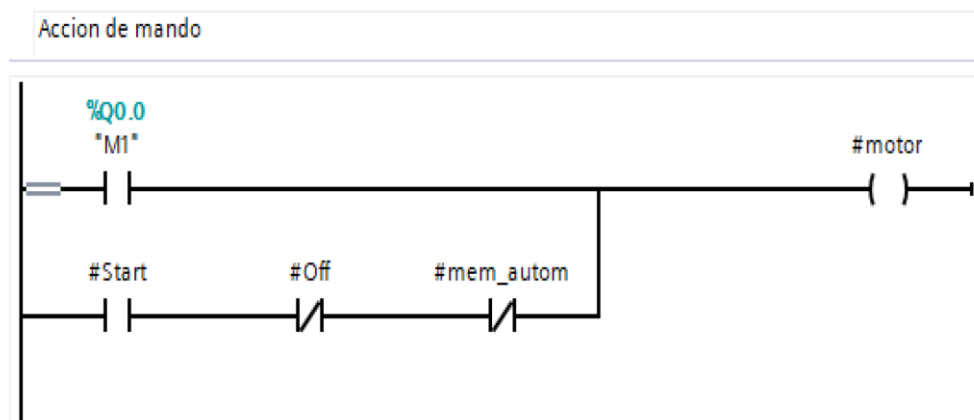


Figura 3.9 Acción de mando de la cadena

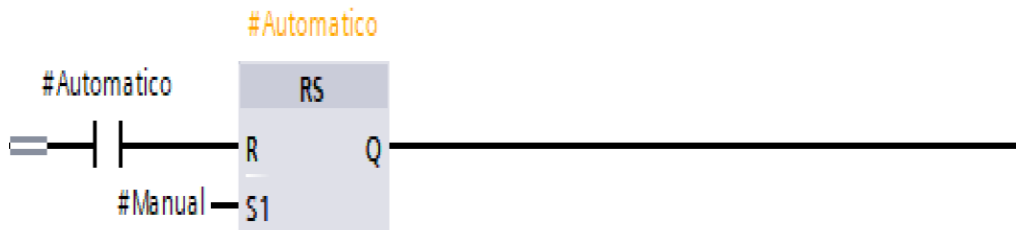


Figura 3.10 Activación del modo automático de la cadena

Por último, se transforma toda la programación Ladder del arranque automático a una programación en bloques, En la *Figura 3.11* se guarda cada variable y línea creada en un solo bloque con sus respectivas memorias.

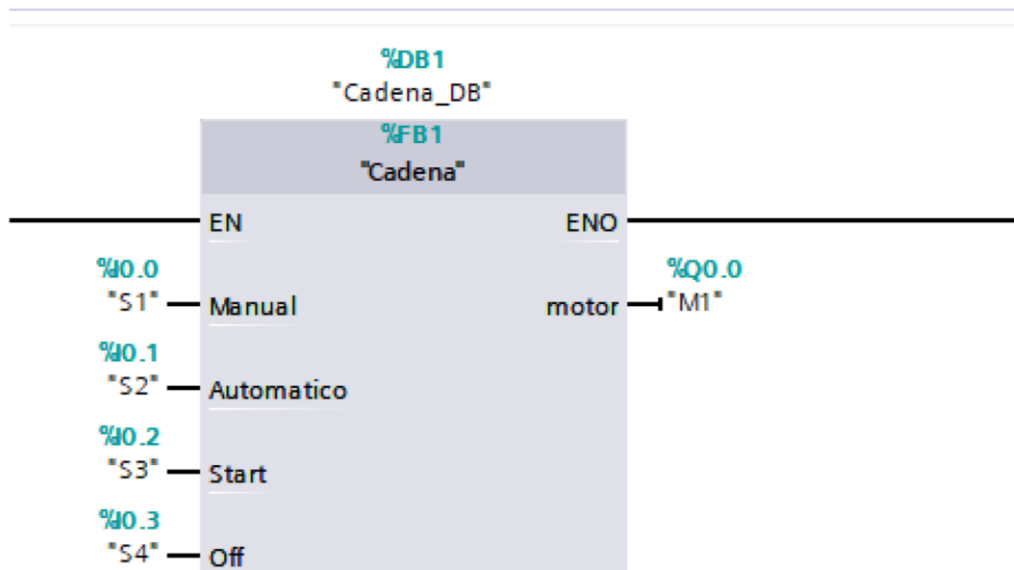


Figura 3.11 Transformación de programación ladder a bloques

3.5 Análisis de costos.

En la tabla 3.5, 3.6 y 3.7 se muestran los costos de los diferentes componentes para el diseño mecánico, eléctrico y de control. Además, se incluyen gastos varios que consideran costos de mano de obra, instalación y puesta en marcha.

Se puede apreciar, en la tabla 3.5, que el mayor costo de los componentes mecánicos de la maquina ensambladora de gavetas plegables se encuentran en la compra de los cilindros neumáticos lineales y giratorios, y las electroválvulas. Estos componentes están encargados de las acciones de abrir, sostener y empujar las gavetas plegables. Por ello, son esenciales para el correcto funcionamiento de la máquina.

Tabla 3.5 Cotización de rubros parte mecánica y neumática

Sistema	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
Mecánico y neumático	DNC CILINDRO PERFILADO Ø 32mm X 37.5mm CARR	1	U	\$ 61.32	\$ 61.32
	DNC CILINDRO PERFILADO Ø 32mm X 100mm CARR	3	U	\$ 67.54	\$ 202.62
	SSE2BL13-100: Guía lineal con dos bloques que se extienden lateralmente.	1	U	\$ 74.79	\$ 74.79
	ELECTROVALVULA 5/2 EN 1/4" BIESTABLE SERIE 300	4	U	\$ 34.44	\$ 137.76
	ELECTROVALVULA 5/3 EN 1/4" C/C SERIE 200	2	U	\$ 35.00	\$ 70.00
	EU-DISTRIBUIDOR 6 SALIDAS 1/4" ENTRADAS 3/8"	1	U	\$ 27.84	\$ 27.84
	SHIELD SENSOR MAGNETICO 3 HILO PNP 10-30VDC	8	U	\$ 38.02	\$ 304.16
	ADVU CILINDRO COMPACTO Ø 25mm X 5mm H	4	U	\$ 35.34	\$ 141.36
	ACTUADOR NEUMATICO MODELO 40	2	U	\$ 117.60	\$ 235.20
	CONECTOR CODO INST de diferentes medidas	60	U	\$ 1.12	\$ 67.20
	SILENCIADOR DE BRONCE 1/8"	12	U	\$ 1.30	\$ 15.60
	MANGUERA DE POLIURETANO 6mm DE EXT - 20 m de largo	1	U	\$ 20.00	\$ 20.00
	REGULADOR DE CAUDAL BANJO 6mm X 1/8"	8	U	\$3.82	\$ 30.56
	CONECTOR RECTO INST	6	U	\$ 0.95	\$ 5.70

Se puede apreciar, en la tabla 3.6, los precios de los componentes electrónicos y de control. Donde el mayor costo de estos componentes de la maquina ensambladora de gavetas plegables se encuentran en la compra del PLC, panel KTP400 y el módulo de señales. Estos componentes están encargados del control en las acciones de los componentes neumáticos.

Tabla 3.6 Cotización de rubros parte eléctrico y de control

Eléctrico y de control	SM1223 MODULO DE SEÑAL 16 DI 24VDC / 16DO 24VDC-SIEMENS	1	U	\$ 706.00	\$ 706.00
	FUENTE SITOP 10A 120/230 500 VAC 24VDC - SIEMENS	1	U	\$ 576.00	\$ 576.00
	PANEL KTP400 COLOR PROFINET/TECLAS/TACTIL/SIEMENS	1	U	\$ 877.00	\$ 877.00
	CPU 1214C, DC/DC/DC 24VDC 14DI/10DO/2AI-SIEMENS	1	U	\$ 943.00	\$ 943.00
	Kit de 100 borneras para riel DIN	1	U	\$ 29.00	\$ 29.00
	Riel DIN	1	U	\$ 2.00	\$ 2.00
	CABLE THHN AWG # 18	1	U	\$ 18.00	\$ 18.00
	CABLE THHN AWG # 12	50	U	\$ 0.69	\$ 34.50
	Disyuntor de 2 polos 15 amperios	2	U	\$ 20.00	\$ 40.00
	kit de pulsadores	1	U	\$ 21.00	\$ 21.00
	Kit de interruptores de palanca	2	U	\$ 12.00	\$ 24.00
	Sensor fotoeléctrico AUTONICS	2	U	\$ 50.00	\$ 100.00
	Botón de emergencia tipo hongo	1	U	\$ 11.00	\$ 11.00
	Chumaceras	8	U	\$ 8.00	\$ 64.00
	Amarras para cable	1	U	\$ 10.00	\$ 10.00

Por último, en la tabla 3.7, se encuentran los precios que se cobran por la instalación y diseño de la máquina. Donde el mayor costo se refleja en los diseños de la máquina debido a que estos demandan un mayor tiempo de trabajo. Además, se refleja el costo total, en la tabla 3.8, por la implementación de todo el proyecto. El cual es aproximadamente de \$ 7 650 dólares estadounidense.

Tabla 3.7 Cotización de rubros de gastos varios

Gastos varios	Diseño (Motorreductores, cadena), mano de obra	1	GLB	\$ 2000.00	\$ 2000.00
	Instalación	1	GLB	\$ 800.00	\$ 800.00

Tabla 3.8 Gastos totales

Componentes	Precios
Mecánica y neumática	\$ 1394.11
Eléctrico y de control	\$ 3455.50
Gastos varios	\$ 2800.00
Total	\$ 7649.61

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- En conclusión, el objetivo de diseñar y construir un sistema mecatrónico para el armado de gavetas a escala industrial es ambicioso y requiere un enfoque cuidadoso y riguroso para asegurar que se cumplan los estándares de calidad.
- Al diseñar un mecanismo de armado de gavetas es un desafío importante que requiere un enfoque ingenioso y creativo. La creación de un mecanismo eficiente y efectivo para armar gavetas es fundamental para muchos sectores industriales y puede tener un impacto significativo en la eficiencia y la productividad. Como se ve reflejado en la selección de componentes tales como actuadores neumáticos, motorreductores, piñones y cadenas. Por lo que, para lograr un diseño exitoso, es importante considerar todas las variables relevantes, como el torque de salida del motorreductor de la máquina ensambladora que es de 60 Nm con una velocidad de salida de 175 rpm. Lo que demuestra que si se escoge un motorreductor con esas características es necesario conocer la eficiencia y su factor de servicio de 1.0 que es el estándar para cargas uniformes como es el transporte de gavetas mediante las cadenas de transmisión. Si se realiza correctamente, este proyecto con las características mencionadas en los apéndices puede resultar en un mecanismo de armado de gavetas innovador y efectivo.
- La implementación de un prototipo y su construcción permite comprobar el desempeño y la eficiencia del sistema antes de la implementación de su escala real. Por eso se realizó pruebas de medición de fuerza en las caras laterales de la gaveta con un valor de 0.32 N y 2.015 N respectivamente, lo que permite identificar y corregir problemas en la fase de desarrollo del diseño final. Con estas fuerzas se puede establecer los cilindros neumáticos y partes mecánicas a utilizar. El costo que se tiene para la implementación del sistema es de \$ 7649.61, convirtiéndolo en un valor que puede competir con otras máquinas ensambladoras por su relación de eficiencia y costo, además la máquina no ha

sido implementada en el país lo que conlleva a que sea la primera máquina ensambladora de gavetas en el Ecuador.

- Con respecto a la implementación de un sistema de control neumático para la automatización de la máquina de armado de gavetas es crucial para mejorar la eficiencia y garantizar un manejo seguro de las gavetas. La combinación de sensores y actuadores permitirá un control preciso y confiable del sistema neumático, lo que a su vez permitirá la automatización eficiente de la máquina. Además, los resultados indican que el consumo de aire es de 10.74 L/min junto con el uso de un PLC Siemens S71200-1214C permite controlar las acciones de armado de gavetas mediante los cilindros neumáticos (Figura D.1-D.5) disminuyendo el consumo excesivo de aire. Finalmente, el uso de sensores y actuadores garantizará un manejo seguro de las gavetas, lo que es fundamental para la salud y la seguridad de los trabajadores y para el correcto funcionamiento de la máquina.

4.2 Recomendaciones

- Para mejorar la eficacia de la máquina ensambladora de cajas plegables se recomienda realizar pruebas experimentales para comprobar la velocidad de ensamble de la gaveta. Los resultados obtenidos mediante el modelado en Inventor no son suficientes para determinar qué tan eficiente es la máquina en comparación con máquinas que realizan el mismo trabajo. Esto debido principalmente, que no se conoce la velocidad con la que se arma una gaveta plegable por Inventor. Además, la velocidad que actúan cada cilindro no se ha determinado.
- Se puede ampliar el número de gavetas plegables en la pila que salen de la máquina. Simplemente aumentando el tamaño del mecanismo acopiador.
- Se puede aplicar la máquina ensambladora de gavetas plegables a cualquier tipo de gavetas, tabla 1.1. Se debe realizar pequeñas modificaciones como el tamaño de los actuadores neumáticos, y el tamaño de la estructura. Estos

tamaños cambian dependiendo del tamaño de la gaveta, pero cualquier tamaño de gaveta puede ser.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Merchán Kenin and Vásquez Julio, “DISEÑO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DE UN GALPÓN PARA ALMACENES TÍA CON METODOLOGÍA BIM,UBICADO EN CALUMA,BOLÍVAR,” 2021. Accessed: Nov. 08, 2022. [Online]. Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/52204/1/T-70574%20VASQUEZ%20-%20MERCHAN.pdf>
- [2] J. Carlos Barba Garrido, J. Hurtado Pacheco, and M. Mónica Tapia Lopez, “ESPOL, Mayo de 2007 Proyecto de Reingeniería Económica-Financiera y Planeación Estratégica de Almacenes TIA S.A. (Sucursal Buena Fe, Provincia de Los Ríos),” 2007. Accessed: Nov. 08, 2022. [Online]. Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1601/1/3148.pdf>
- [3] Basantes David, “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN CONTROL AUTOMÁTICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ENVASADO DE YOGURT EN LA PLANTA DE LÁCTEOS MARCO’S,” 2013. Accessed: Nov. 09, 2022. [Online]. Available: <http://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3261/1/108T0074.pdf>
- [4] J. Sebastián, C. Benavides, and D. Restrepo Mejía, “Diseño de un modelo de máquina de empaque secundario,” 2009.
- [5] Euro Pool System, “Euro Pool System.” <https://www.europoolsystem.com/es/> (accessed Nov. 11, 2022).
- [6] Euro Pool System, “Green folding trays – the standard in Europe.” <https://www.europoolsystem.com/trays/green-folding-trays> (accessed Nov. 11, 2022).
- [7] Fructidor, “Euro Pool System switches to the newest green folding trays,” Feb. 09, 2021. <https://fructidor.com/newsdetail.aspx?idn=54521&title=Euro-Pool-System-switches-to-the-newest-green-folding-trays> (accessed Nov. 11, 2022).
- [8] ELUNIVERSO, “Tía inauguró su Centro de Distribución Nacional en Lomas de Sargentillo,” Guayaquil, Jun. 20, 2019.
- [9] TIA CORPORATIVO, “INAUGURAMOS NUESTRO CENTRO DE DISTRIBUCIÓN NACIONAL CEDI,” Jun. 21, 2019. <https://corporativo.tia.com.ec/nuestra->

empresa/sostenibilidad/institucional/detalle/inauguramos-nuestro-centro-de-distribucion-nacional-cedi (accessed Nov. 11, 2022).

- [10] PLAPASA, "NUESTRA EMPRESA."
https://www.plapasa.com/quienes_somos?s=1 (accessed Nov. 11, 2022).
- [11] PLAPASA, "Nuestra Mision y Vision."
https://www.plapasa.com/quienes_somos?s=1#menu-item-2 (accessed Nov. 11, 2022).
- [12] Lan Handling Technologies, "Unfold your business with our crate erector."
<https://lanhandling.com/solutions/crate-erector/> (accessed Nov. 11, 2022).
- [13] Frutmac, "HIGH EFFICIENT PACKAGING MACHINES."
<https://www.frutmac.com/en/machines/products/frutmac-boxer-boxer-erector-machine-new> (accessed Nov. 11, 2022).
- [14] WEGCESTARI, "WCG20 Motorreductores hasta 18000 Nm." [Online]. Available: www.wegcestari.com.br
- [15] SKF, "SKF Transmission chains 2."
- [16] Cross Morse, "Roller Chain Drive Design."

APÉNDICES

APÉNDICE A

Selección del motorreductor para la banda transportadora

Para la selección del motor se realizaron los siguientes cálculos como son velocidad de salida, y torque de salida. El único valor que se debe establecer antes es la potencia, por lo que se investigó el rango de potencia en los motorreductores para mover gavetas mediante cadenas.

- **Cálculos de la velocidad de salida del motor**

$$n_2 = \frac{v \times 30}{\pi r} \quad (\text{A.1})$$

v: Velocidad lineal [m/s]

r: radio del cilindro del motorreductor.

Datos:

V= 203 m/s

r= 27.400 mm =0.0274 m

$$n_2 = \frac{0.5 \text{ m/s} \times 30}{\pi \times 0.0274}$$
$$n_2 = 174.25 = 175 \text{ RPM}$$

- **Potencia de entrada estático**

La pila de gavetas tiene 10 cajas desdoblados en la entrada de la máquina.

u= Coeficiente de fricción para cintas transportadoras.

Datos:

Peso: 2.065 Kg

u: 0.13 coeficiente para cadenas de longitudes de hasta 10 metros.

h: 633.033 mm = 0.633 m (Altura donde se encontrará el motorreductor.)

$$P_{ent} = \frac{m \cdot g \cdot u \cdot v}{1000 \cdot h} \quad (\text{A.2})$$
$$P_{ent} = \frac{2.065 \cdot 9.8 \frac{m}{s^2} \cdot 0.13 \cdot 0.5 \text{ m/s}}{1000 \cdot 0.633} \cdot 10 \text{ u}$$
$$P_{ent} = 2.07 \times 10^{-2} \text{ W}$$

- **Torque de salida**

$$M_n = \frac{P_n \cdot 9550}{n_2} \quad (\text{A.3})$$

$$M_n = \frac{1.10 \text{ kW} \cdot 9550}{175}$$
$$M_n = 60.02 \text{ Nm}$$

Con estos valores se busca en el catálogo la potencia (P_n) necesaria para mover una cadena con su respectivo torque y velocidad de salida del motorreductor (RPM). Los valores como n_2 y P_n me permiten encontrar su torque efectivo y el factor de servicio. Los valores más comunes para mover una banda o cadena de la potencia de motorreductor se encuentran en el rango de 1.10-1.80 kW. Según la *figura A.1* del motorreductor tipo Coaxial los valores escogidos para el arranque de la máquina son los siguientes:

Frecuencia de trabajo del motorreductor: 60 Hz.

Potencia nominal (P_n): 1.10 kW.

Velocidad de Entrada (n_1): 1750 rpm.

Velocidad de Salida (n_2): 174.37 rpm.

Torque de salida (M_2): 60 Nm.

Factor de servicio (f_s): 1.41

Fuerza radial (F_r): 2.1 kN

Modelo: C01220

Peso: 17.9 kg

$P_N = 1,10 \text{ kW}$

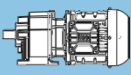


60 Hz		$n_1=1750$		50 Hz		$n_1=1450$		i_{ex}			
n_2	M_2	f_s	Fr	n_2	M_2	f_s	Fr				
rpm	Nm		kN	rpm	Nm		kN		kg	Página com dimensões	
716,28	15	2,11	0,4	593,49	18	1,75	0,4	2,44	C00208	17,0	C69
493,99	21	1,65	0,4	409,30	26	1,36	0,4	3,54	C00211	17,0	
363,74	29	1,34	0,5	301,38	35	1,11	0,5	4,81	C00214	17,0	
285,19	37	1,33	0,5	236,30	44	1,10	0,5	6,14	C00216	17,0	
254,55	41	1,16	0,5	210,91	50	0,96	**	6,88	C00217	17,0	
214,11	49	0,92	**	177,40	59	0,76	**	8,17	C00218	17,0	
196,68	53	0,94	**	162,96	64	0,78	**	8,90	C00219	17,0	
565,45	19	3,55	1,9	468,52	22	2,94	1,8	3,09	C01210	17,9	
414,87	25	2,60	1,9	343,75	31	2,16	2,0	4,22	C01213	17,9	
312,37	34	1,96	2,0	258,82	41	1,62	2,1	5,60	C01215	17,9	
237,65	44	1,92	2,2	196,91	53	1,59	2,2	7,36	C01217	17,9	
212,96	49	1,72	2,3	176,46	60	1,43	2,1	8,22	C01218	17,9	
182,22	58	1,14	1,6	150,98	70	0,95	1,3	9,60	C01219	17,9	
174,37	60	1,41	2,1	144,47	73	1,17	1,8	10,04	C01220	17,9	
156,25	67	1,26	2,0	129,46	81	1,05	1,6	11,20	C01221	17,9	
131,29	80	1,06	1,8	108,78	97	0,88	**	13,33	C01222	17,9	
117,65	89	0,95	**	97,48	108	0,79	**	14,88	C01223	17,9	
196,29	54	3,74	3,7	162,64	65	3,10	3,7	8,92	C03219	19,5	
178,27	59	3,39	3,7	147,71	71	2,81	3,7	9,82	C03220	19,5	
149,18	70	2,84	3,7	123,61	85	2,35	3,8	11,73	C03221	19,5	
135,48	78	2,58	3,7	112,26	94	2,14	3,9	12,92	C03222	19,5	
112,75	93	2,15	3,9	93,42	112	1,78	4,1	15,52	C03223	19,5	
102,40	103	1,95	4,0	84,85	124	1,62	4,2	17,09	C03224	19,5	
90,02	117	1,71	4,1	74,59	141	1,42	4,3	19,44	C03225	19,5	
81,76	128	1,56	4,2	67,74	155	1,29	4,4	21,40	C03226	19,5	
69,53	151	1,32	4,3	57,61	182	1,10	4,4	25,17	C03228	19,5	
63,15	166	1,20	4,4	52,32	201	1,00	4,0	27,71	C03229	19,5	

Figura A.1 Selección del catálogo del motor coaxial WEG [14]

APÉNDICE B

Selección de las cadenas de la banda transportadora

Para la selección de cadenas se debe tener en cuenta el factor de servicio, el largo de la cadena y que utilidad va a tener. Es decir, el material que va a transportar la cadena, por eso se plantea las siguientes expresiones para encontrar los valores necesarios para la implementación de la cadena en la máquina automatizada.

Factor de Servicio (F_a):

El factor de servicio dependerá de la clasificación de la carga, en este caso es del tipo carga uniforme según la *Figura B.1* que cumple con el requerimiento de transporte ligero mediante cadenas.

Tabla B.1 Selección del factor de servicio [15]

Application service factor (F_a)		Table 1		
Load classification	Driven equipment	Type of prime mover		
		Electric motor or turbine	Internal combustion engine > 6 cylinders, with flywheel, or hydraulic coupling	Internal combustion engine < 6 cylinders, with NO flywheel, or hydraulic coupling
Uniform load (U)	Agitators; centrifugal blowers; generators, centrifugal pumps; Uniformly loaded belt conveyor, lightly loaded chain conveyors	1.0	1.0	1.2
Moderate shock (M)	Centrifugal compressors, kilns and dryers; conveyors and elevators with intermittent, medium load fluctuations; Dryers; Pulverisers; machinery with moderate pulsating loads (machine tools paper, textiles)	1.3	1.2	1.4
Heavy shock (H)	Press, construction and mining equipment; reciprocating machinery, (compressors, reciprocating feeders, oil well rigs) rubber mixers, roll lines, machinery with heavy shock or reversing torques	1.5	1.4	1.7 – 1.9

Según el manual de cadenas de SKF [15], el factor de servicio correspondiente es 1.0, por lo que se obtiene el primer valor para elegir la cadena correspondiente a la ensambladora de gavetas.

$$F_a = 1.0 \tag{B.1}$$

Diseño de Potencia (DP)

Para el diseño de potencia se multiplica el valor de la potencia de salida que tiene el motorreductor con el factor de servicio (F_a).

$$D_p = F_a \cdot P_n \quad (\text{B.2})$$

$$D_p = 1.0 \cdot 1.10 \text{ kW} = 1.10 \text{ kW}$$

Relación de velocidades:

Para calcular la relación de velocidades se relaciona el valor de la velocidad de salida del motorreductor con la velocidad que tendrá el eje de transmisión de los piñones. Para este caso las velocidades serán la misma porque no se desea reducir la velocidad de la cadena.

$$i = \frac{n_2}{n_{eje}} \quad (\text{B.3})$$

$$i = \frac{175 \text{ rpm}}{175 \text{ rpm}} = 1$$

Cantidad de dientes del piñón:

Para escoger la cantidad de dientes que tiene el piñón de la cadena se escoge un rango de valores, por eso se calculó la relación de velocidades para obtener la cantidad de dientes del piñón.

El rango más aceptable se encuentre entre diecisiete hasta treinta y cuatro dientes, el último valor no se encuentra estandarizado por lo que se recomienda no utilizar los valores extremos del rango mencionado. La cantidad elegida según el manual de SKF [15] fue de 20 dientes cada piñón.

Tabla B.2 Selección de dientes del piñón [15]

BS / DIN preferred sprockets											
11	12	13	15	17	19	20	21	23	25	27	30
38	45	57	76	95	114						
ANSI preferred sprockets											
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
28	30	32	35	36	40	42	45	48	52	54	60
70	72	80	84	96	112						

Selección de la potencia nominal de la cadena

Para la selección de la potencia nominal de la cadena, se tiene el valor de potencia del motorreductor y la velocidad de salida respectiva, dentro del catálogo [15] se selecciona el tipo de cadena para la máquina ensambladora. En la *Figura B.3* se selecciona la cantidad de dientes de veintiuno debido a que es la más cercana a la cantidad deseada que es de veinte. Por lo que se busca el rango de velocidades que cumplan con la velocidad obtenida del motorreductor.

Tabla B.3 Selección del tipo de Cadena [15]

10B-1; (15.875 mm Pitch) Power ratings in kilowatt (European standard)																	
No of teeth	Pitch circle Dia.	rpm of small (faster) sprocket z ₁															
		25	50	75	100	200	300	400	500	750	1 000	1 200	1 500	1 800	2 100	2 400	2 700
13	66,34	0,25	0,43	0,66	0,82	1,60	2,19	2,81	3,48	4,94	6,47	7,68	7,81	5,84	4,62	3,79	3,17
15	76,35	0,27	0,52	0,70	0,95	1,70	2,58	2,99	4,06	5,24	6,86	9,01	9,70	7,24	5,73	4,70	3,93
17	86,39	0,33	0,59	0,85	1,09	2,08	2,94	3,67	4,64	6,44	8,43	10,22	11,67	8,76	6,91	5,67	4,76
19	96,45	0,38	0,66	1,00	1,23	2,42	3,32	4,26	5,23	7,49	9,80	11,59	13,82	10,38	8,16	6,70	5,61
21	106,51	0,42	0,74	1,10	1,38	2,67	3,69	4,69	5,84	8,24	10,77	12,88	15,79	12,02	9,45	7,79	6,55
23	116,51	0,45	0,81	1,19	1,51	2,90	4,08	5,12	6,42	8,98	11,75	14,16	17,33	13,82	10,82	8,93	7,49
25	126,66	0,49	0,90	1,30	1,67	3,15	4,46	5,54	7,03	9,73	12,73	15,63	18,97	15,63	12,36	10,12	8,50

Lubrication method: TYPE 1, TYPE 2, TYPE 3

Refer multiple strand factor multiplier on table 6, page 13
For requirements at faster speeds, or sprocket sizes contact SKF

Para elegir la potencia nominal entre el rango de 100-200 rpm se necesita interpolar los valores.

$$P_{cadena} = y_1 + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot (x - x_1) \quad (B.4)$$
$$P_{cadena} = 1.38 + \frac{2.67 - 1.38}{100} \cdot 75 = 2.35 \text{ kW}$$

La cadena que cumple con los datos calculados es la cadena tipo 10B-1 con un paso de 15.875 mm.

Diámetros de paso (D_p)

La siguiente expresión matemática calcula el diámetro de paso entre los dientes del piñón.

Donde:

Z: Número de dientes del piñón.

D: Diámetro de pasos.

P: Pasos entre los eslabones de la cadena.

$$D_p = \text{Sin}\left(\frac{180}{z}\right)^{-1} \cdot p \quad (B.5)$$
$$D_p = \text{Sin}\left(\frac{180}{20}\right)^{-1} \cdot 15.875 = 101.480^\circ$$

Lubricación

En el catálogo SKF [15] se recomienda lubricar las cadenas según el tipo de actividad que se realiza. En la *Figura B.4* se encuentra la tabla de lubricación junto con la selección correspondiente para la máquina ensambladora.

Tabla B.4 Tabla de lubricación de cadenas [15]

Lubrication methods		
Type	Lubrication method	Description
Type I (Low speed)	Manual lubrication Drip feed lubrication	Oil is applied manually by brush or oil-can Via a drip system in a case, oil is fed via the sump to drip nozzles at a pre-determined rate
Type II (Low- Medium speed)	Oil bath Disc lubrication	In a leak proof casing, the chain dips into the sump reservoir by about 13–17mm. In a leak proof casing, a disc or flinger supplies oil to the chain, which operates above the oil level.
Type III (High speed)	Pump lubrication	In a leak proof casing oil is pumped directly onto the chain links. The oil is circulated usually via an external filter / cooling system.

Relative speed range for lubrication tables
Type I: Low speed is considered to be less than 60% of the maximum permissible chain speed.
Type II: Low-Medium speed is between 60% and 80% of the maximum permissible chain speed.
Type III: High speed is when the chain is operating over 80% of the permissible chain speed.
 In general, the larger the chain pitch, the lower the permissible speed range. If higher speeds are required, consider using multi-strand chains.

APÉNDICE C

Selección de actuadores neumáticos lineales

Para la selección de actuadores es necesario conocer las siguientes variables: carreras de avance y retroceso, además de los consumos del aire.

Carrera de avance

$$F = S * p - F_r \quad (C.1)$$

Carrera de retroceso

$$F = S' * p - F_r \quad (C.2)$$

Donde:

F.- Fuerza aplicada al piston

S.- Seccion del piston

p.- presion aire

Fr.- Fuerza de rozamiento

L.- stroke (m)

Avance

$$S = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (C.3)$$

Retroceso

$$S' = \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4} \quad (C.4)$$

Consumo de aire

$$V = V_1 + V_2 = \frac{\pi * (2 * D^2 - d^2) * L}{4} \quad (C.5)$$

Donde:

D.- diámetro del embolo (m)

d.- diámetro del vástago (m)

L.- stroke (m)

APÉNDICE D

Secuencia de la primera parte del Mecanismo de ensamble de gavetas plegables.

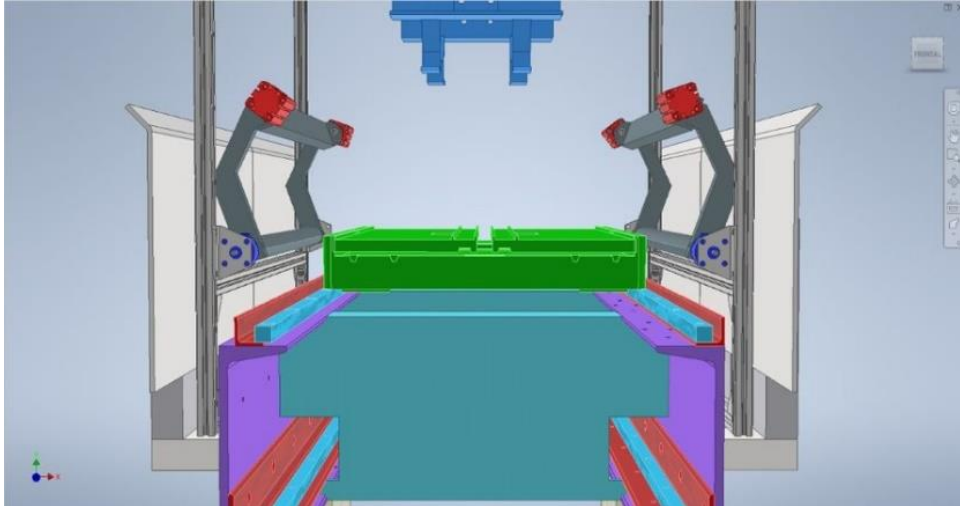


Figura D. 1 Accionamiento de los pistones laterales

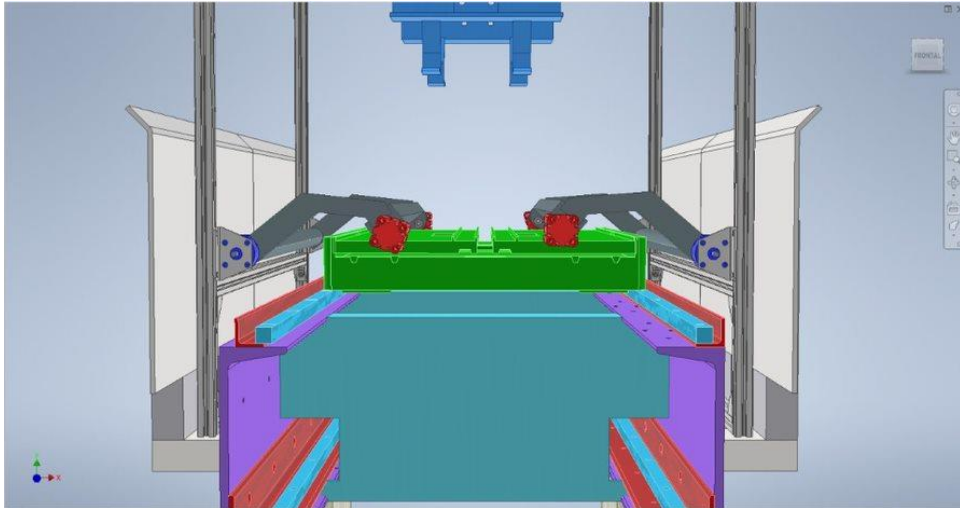


Figura D. 2 Accionamiento final de los pistones laterales

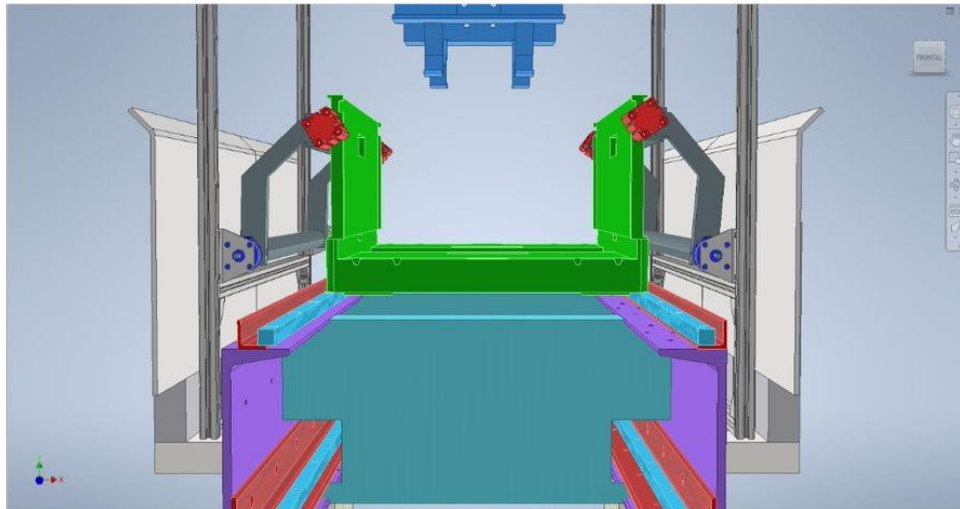


Figura D. 3 Levantar las caras laterales de las gavetas

Secuencia de la segunda parte del Mecanismo de ensamble de gavetas plegables.

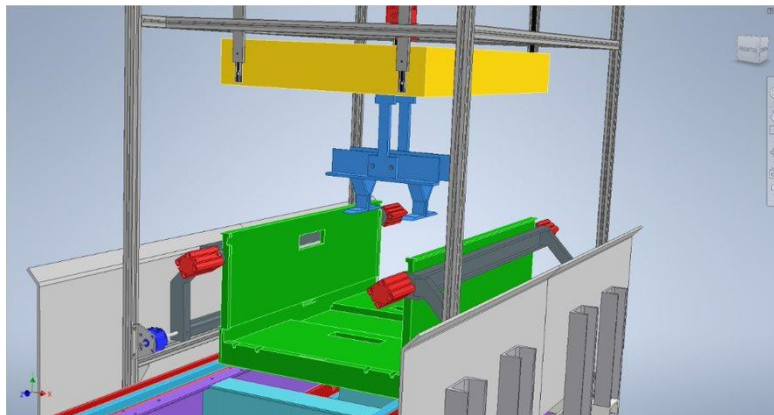


Figura D. 4 Accionamiento del pistón superior

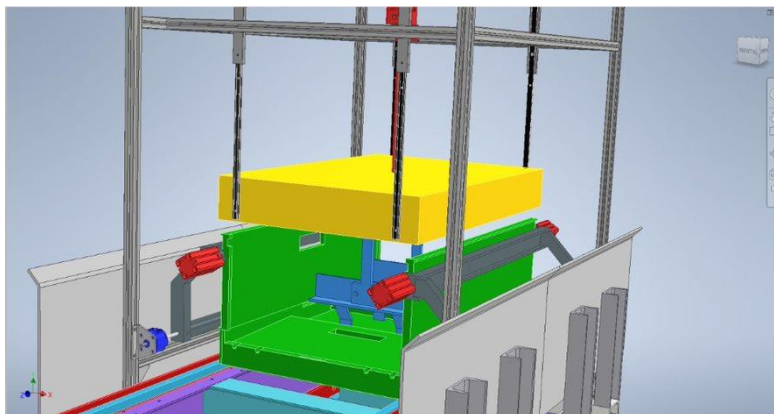


Figura D. 5 Pistón Superior abre las caras laterales faltantes.

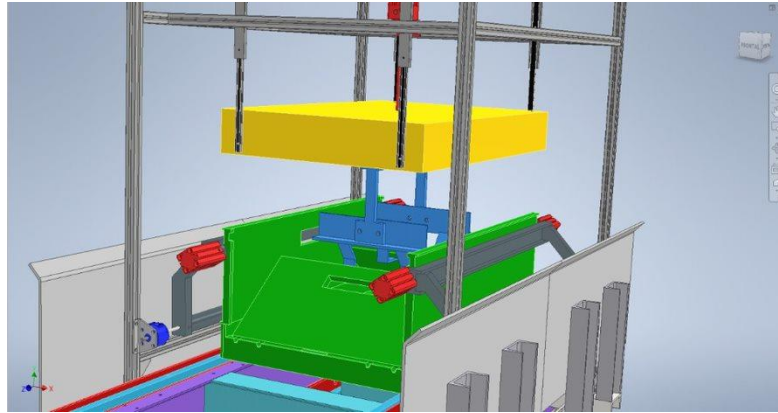


Figura D. 6 El pistón sube agarrando las caras laterales

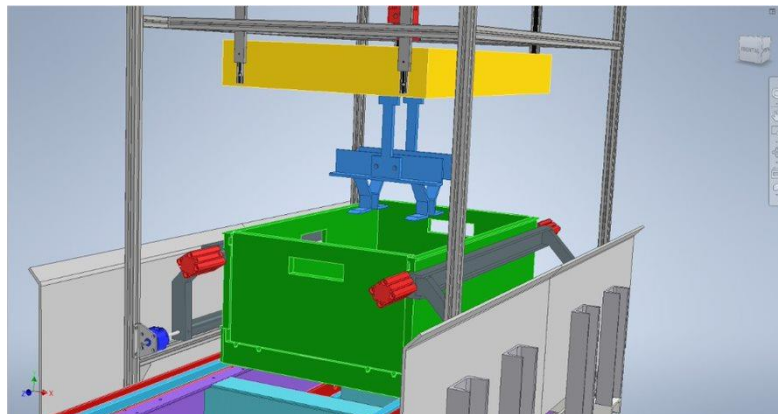


Figura D. 7 Pistón superior armó por completo la gaveta

APENDICE E

Diagrama de estado de la programación Ladder

Se detalla a continuación mediante un gráfico de estado-fase (*Figura E.1*) los movimientos que realizará la máquina ensambladora con su respectivo accionamiento de cilindros neumáticos.

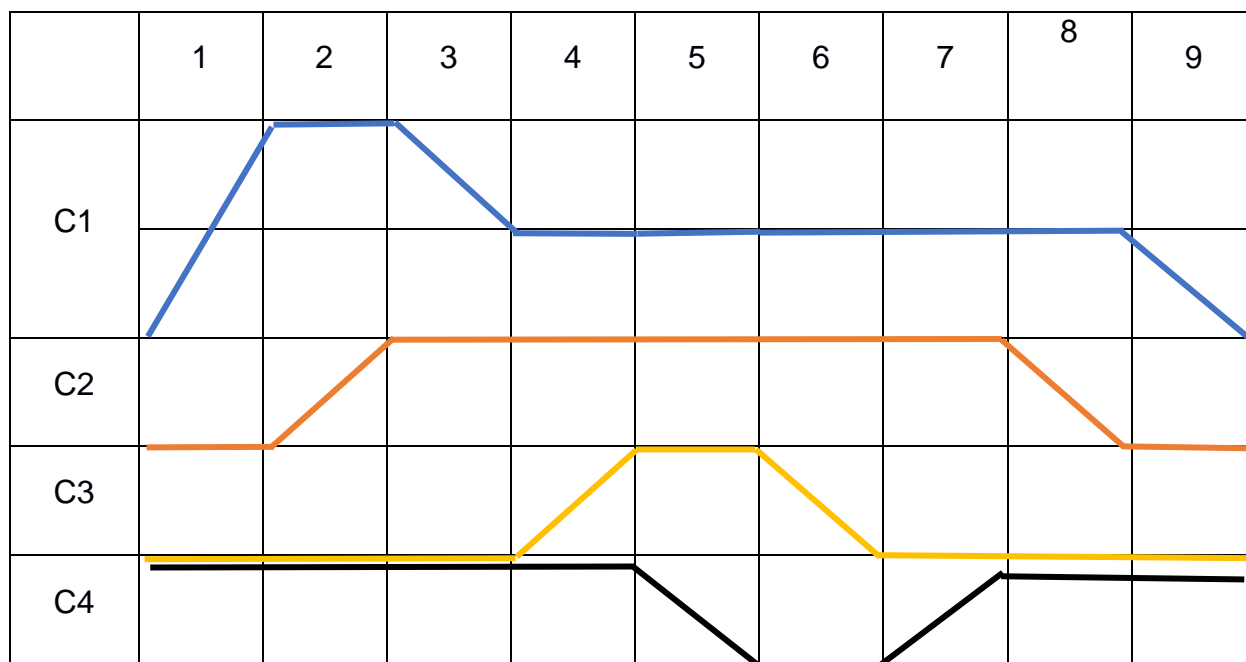


Figura E.1 Diagrama de estado-fase de los cilindros.

Para comprender la *Tabla E.1* se establece los cilindros utilizados para cada movimiento de la ensambladora.

- **Cilindros Lineales rotacional 3 posiciones: C1**
Las tres posiciones son: D1= 0, D2=1, D3=2.
- **Cilindros Laterales de 5 mm 2 posiciones: C2**
Dos posiciones: A= 0,1
- **Cilindros Superior Grande 2 posiciones: C3**
Dos posiciones: B= 0,1
- **Cilindros Superior Mediano 2 posiciones: C4**
Dos posiciones: C= 0,1

	D3	A+	D2	B+	C-	B-	C+	A-	D1
C1	0	2	2	1	1	1	1	1	1
C2	0	0	1	1	1	1	1	1	0
C3	0	0	0	0	1	1	0	0	0
C4	1	1	1	1	1	0	0	1	1

Diagrama de estados

Un diagrama de estados permite la programación en Ladder siendo una representación gráfica de los estados y condiciones para que los cilindros se activen en el momento del ensamblaje de gavetas. La transición de estados se realiza mediante los contactos y etapas lo que determina la condición y evento respectivamente en la secuencia de movimiento de los actuadores.



Figura E.2 Diagrama de Fases y Estado con las etapas respectivas

Programación Ladder

Arranque del motorreductor: Se utiliza un pulsador "Start", un botón de parada "Off" y un contacto normalmente cerrado "Automático", acompañado se encuentra el bloque de operación "SET"

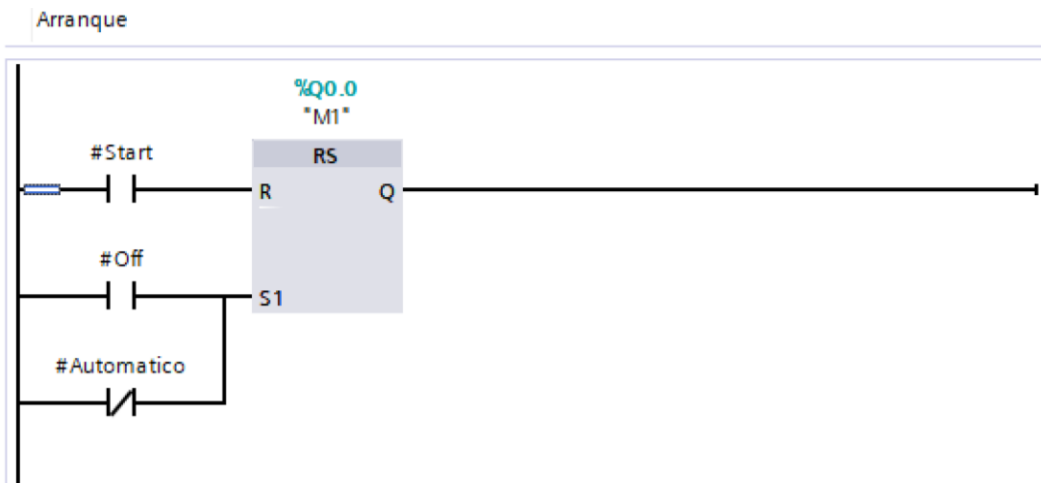


Figura E.3 Primera línea de código Tía Portal

La siguiente línea de código es la acción de mando, para activar la bobina “#motor” primero debe estar pulsado el contacto abierto “M1”, también se tiene los otros contactos “#Start”, y los contactos normalmente cerrados “#Off” y “#mem_autom”.

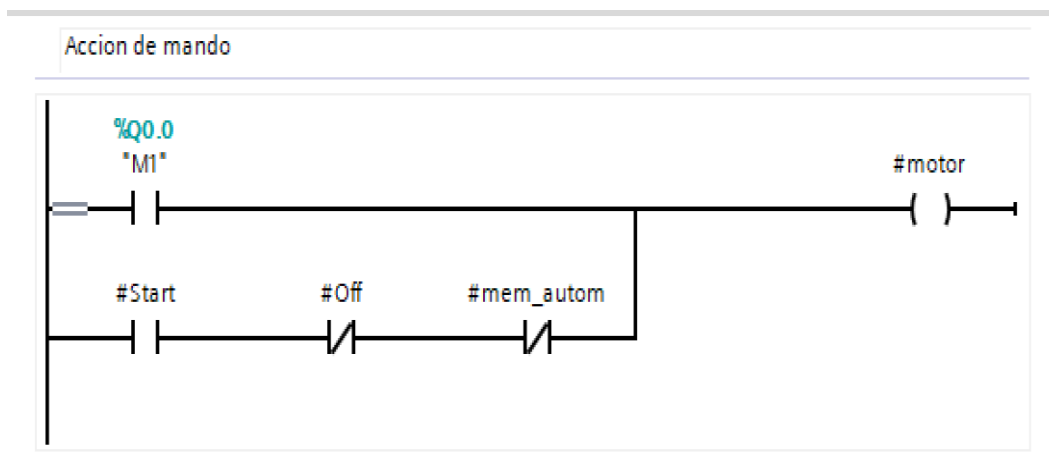


Figura E.4 Acción de mando

Después en la siguiente línea de código el contacto normalmente abierto “#Automático” actúa con el bloque set que se guarda con la variable “#Automático” para la activación de la cadena con solo presionar el botón “Start”.

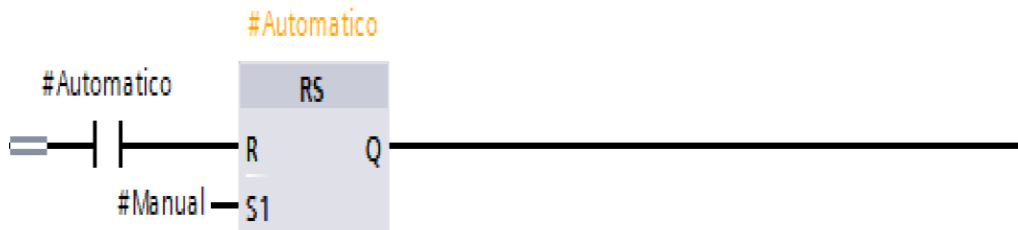


Figura E.5 Se establece un bloque automático

Por último, se transforma toda la programación Ladder a un bloque de función, que guarda las siguientes variables utilizadas: "Manual", "Automático", "Start", "Off", "Motor".

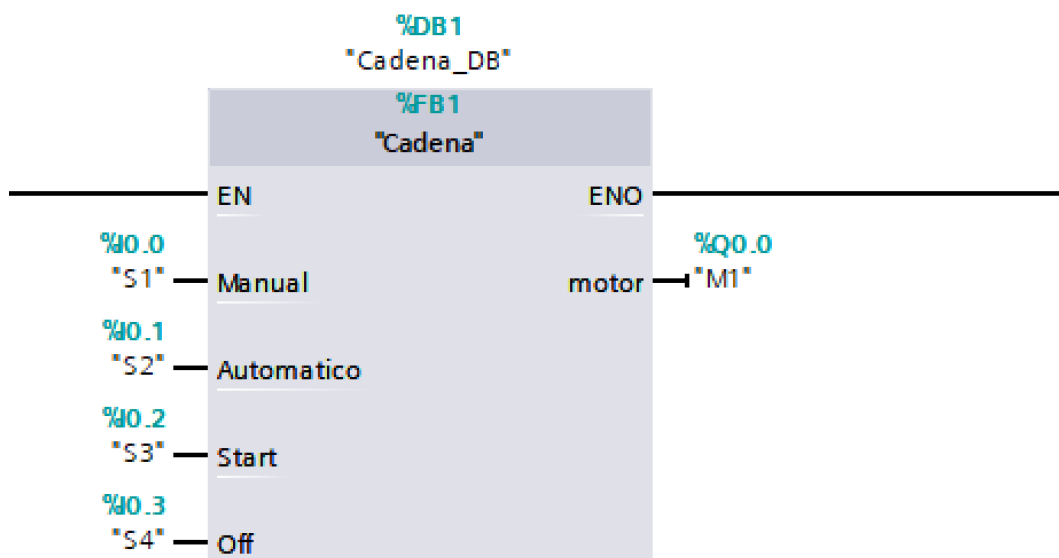
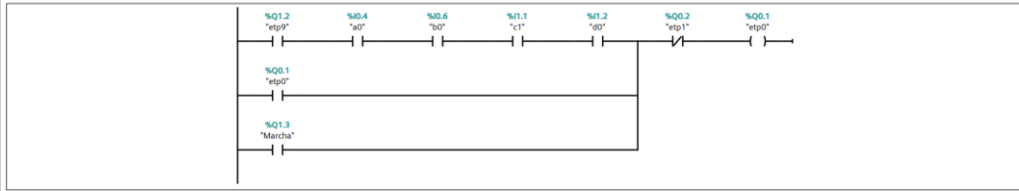


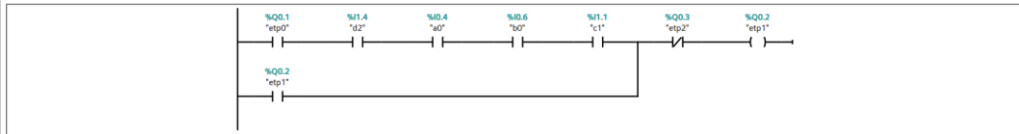
Figura E.6 Transformación ladder a bloque de funciones

Para la programación Ladder de los accionamientos de cada cilindro se dividirá en nueve etapas con sus respectivas transiciones, en la *Figura E.7* se muestra la programación Ladder de cada movimiento del cilindro.

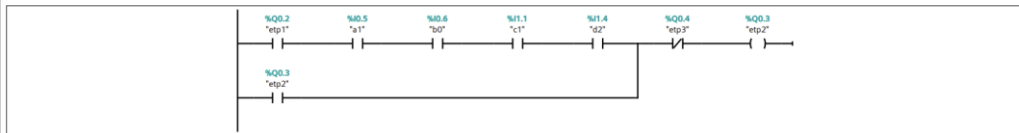
Network 1: Etapa 0



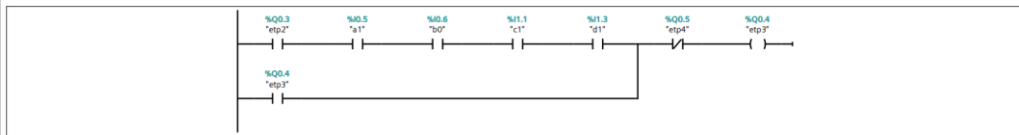
Network 2: Etapa 1



Network 3: ETAPA 2



Network 4: ETAPA 3



Network 5: Etapa 4



Figura E.7 Programación ladder de cada cilindro

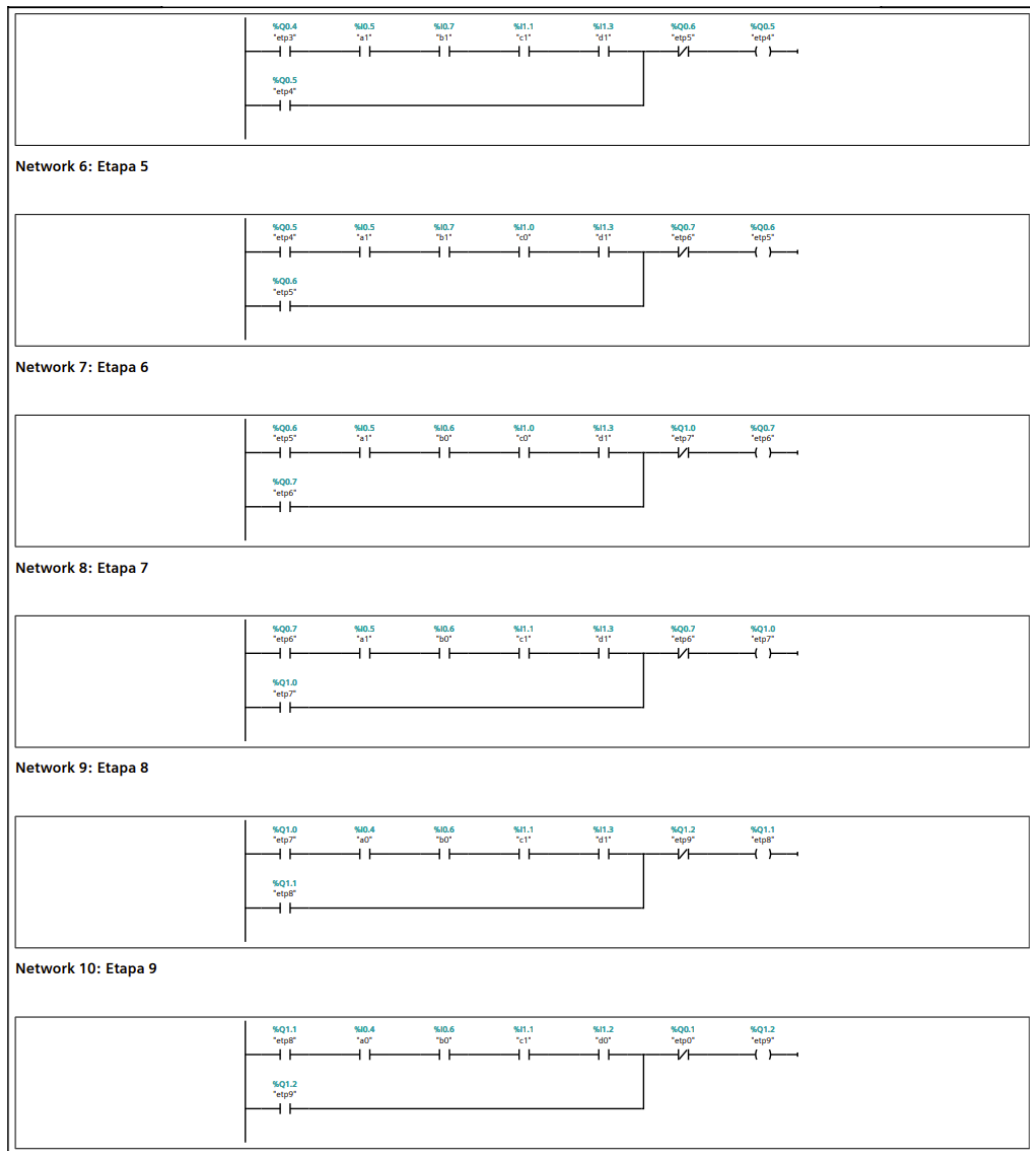


Figura E.8 Programación Ladder

APENDICE F
Planos mecánicos

2

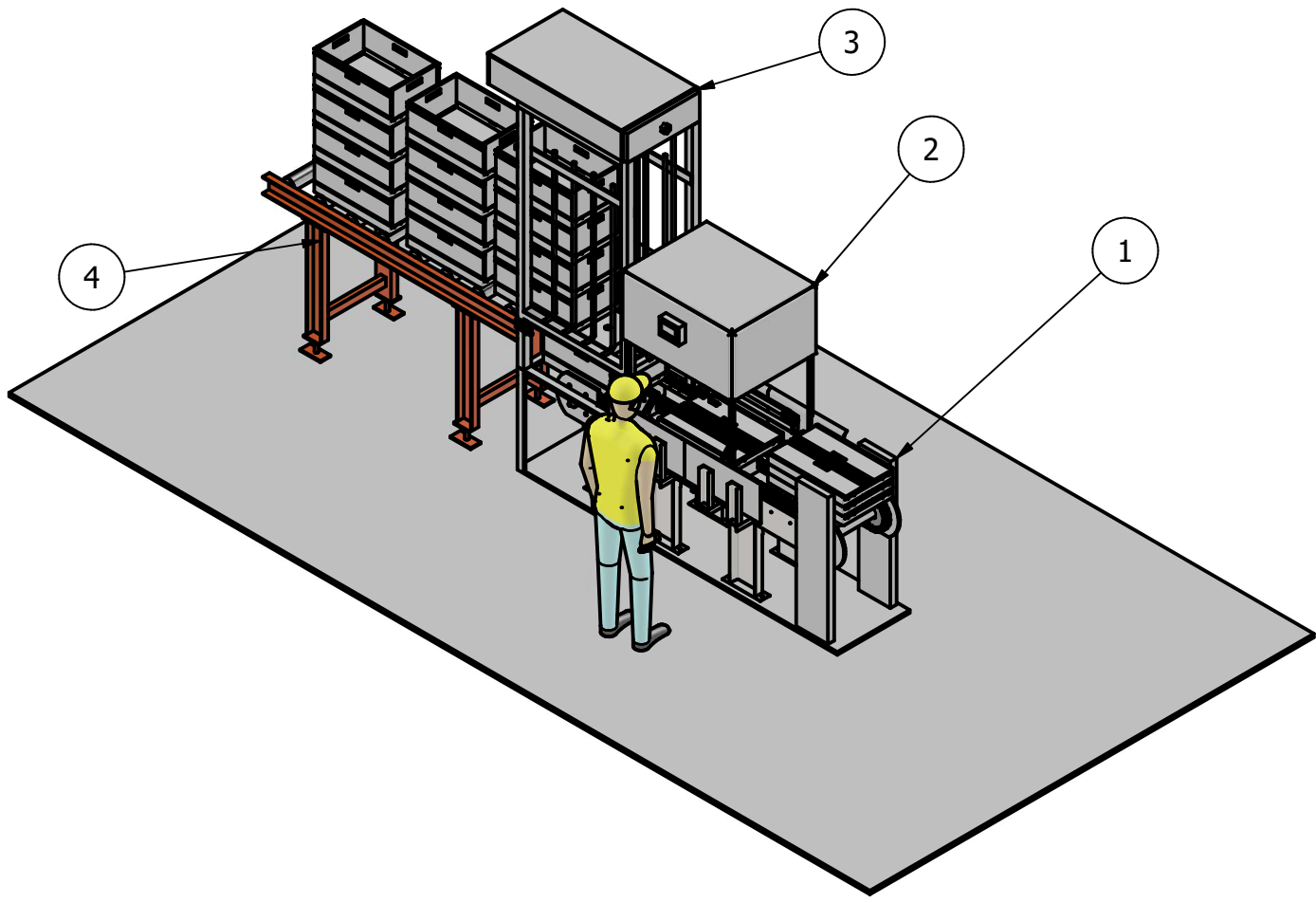
1

B

B

A

A



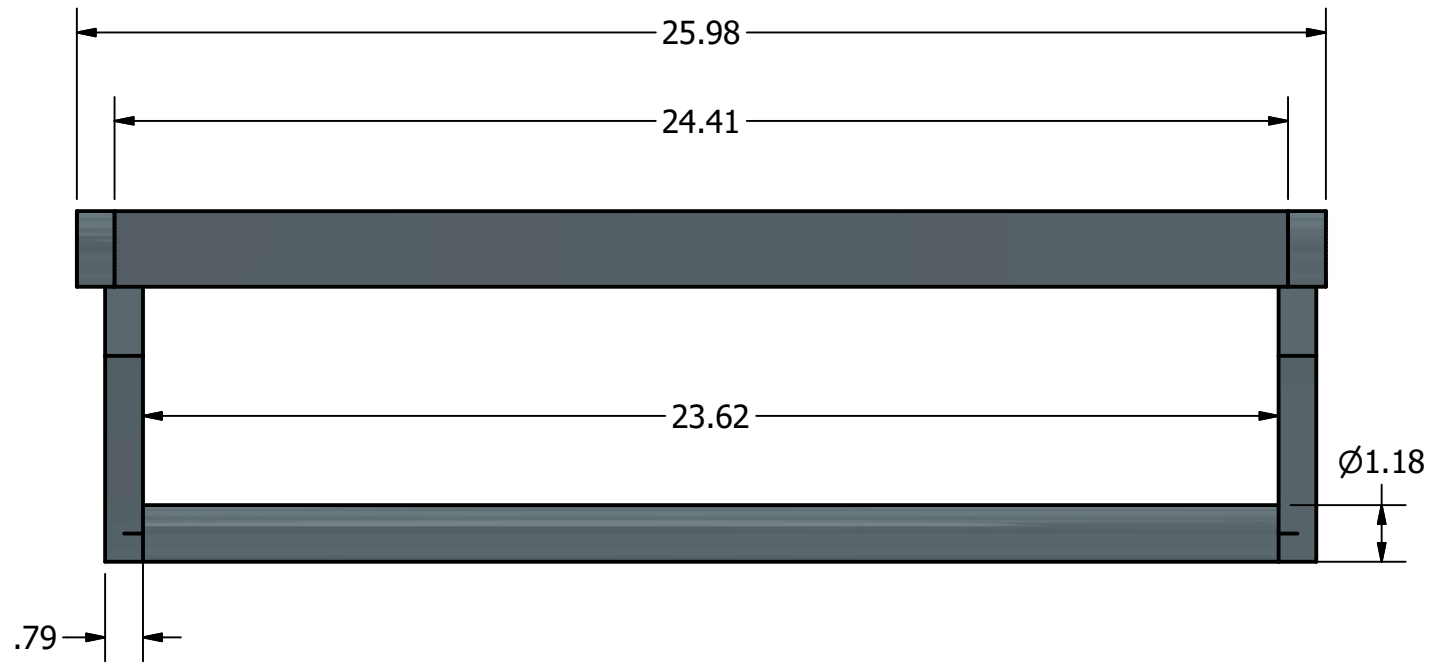
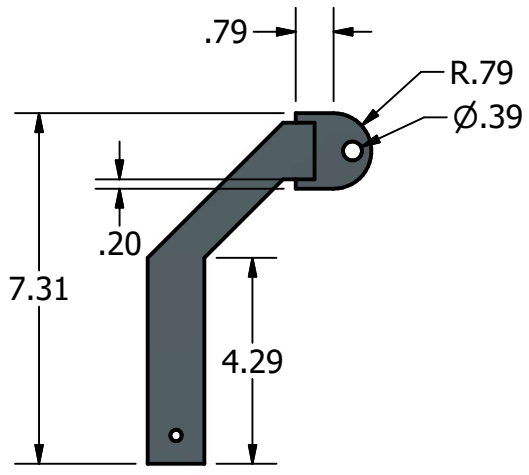
PARTS LIST	
ITEM	DESCRIPTION
1	INICIO
2	MECANISMO DE ENSAMBLE
3	ACUMULADOR
4	DEPOSITO

FECHA	2/7/2023	ESPOL		
		TITLE		
		MAQUINA ENSAMBLADORA DE GAVETAS PLEGABLES		
HUGO AVILES		SIZE	DWG NO	REV
JOSE MORAN		A	Ensamble_final	
		SCALE	1 / 40	SHEET OF 0

2

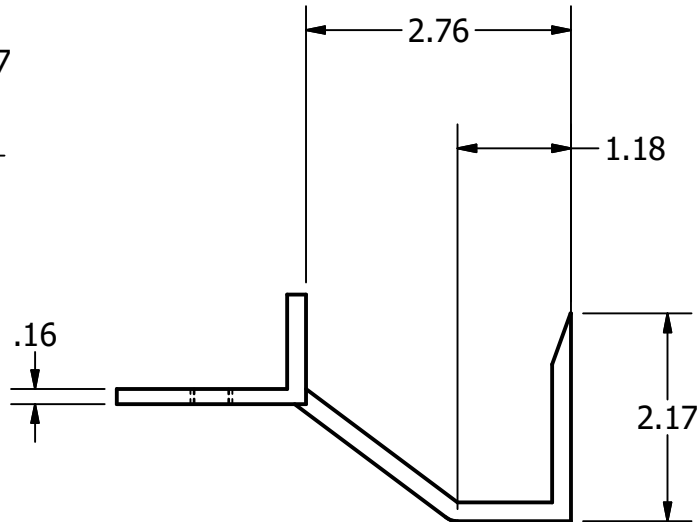
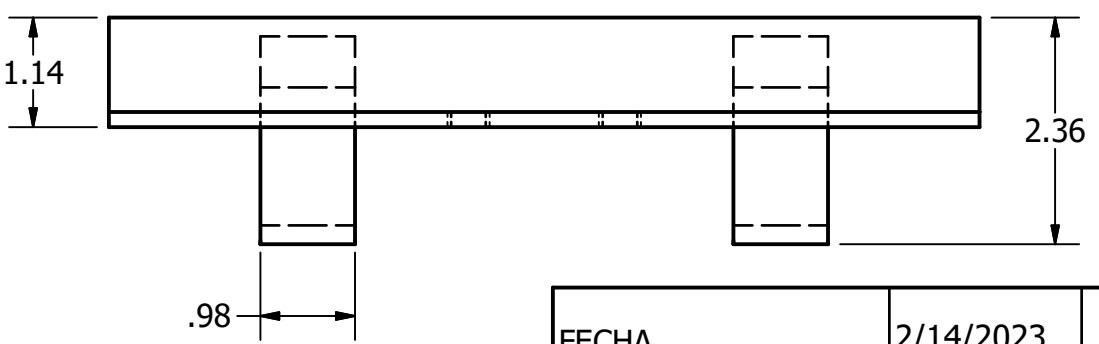
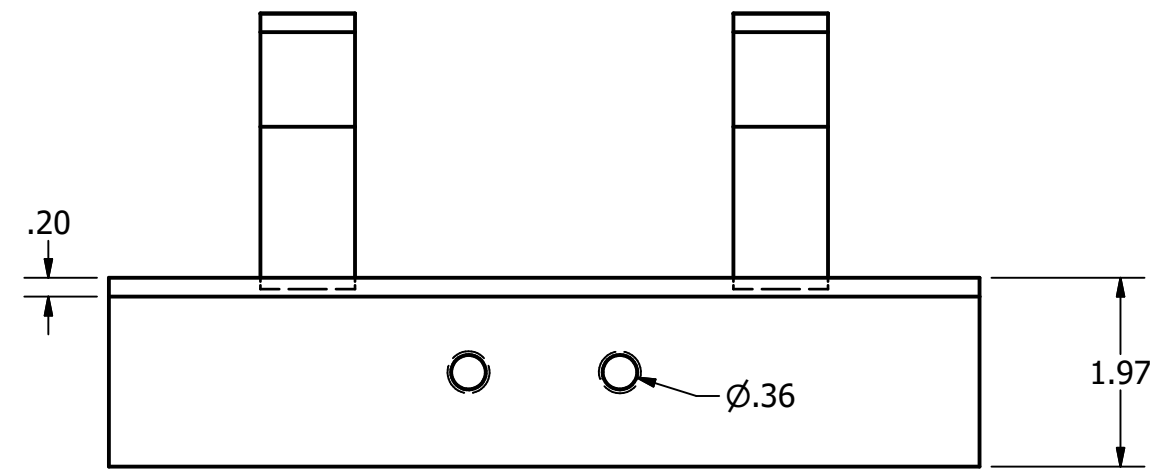
1





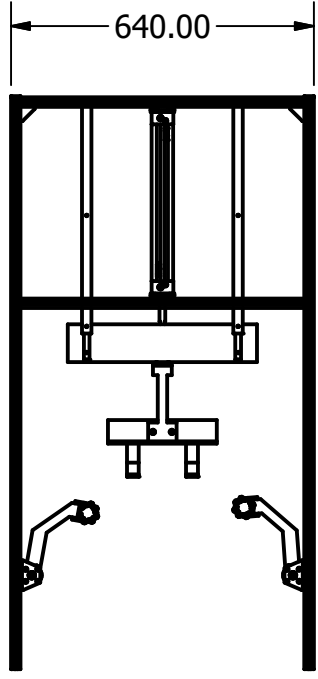
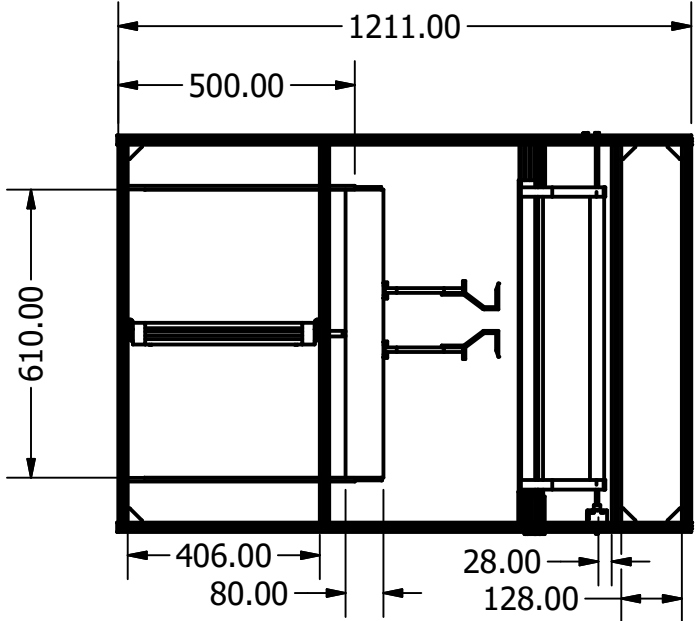
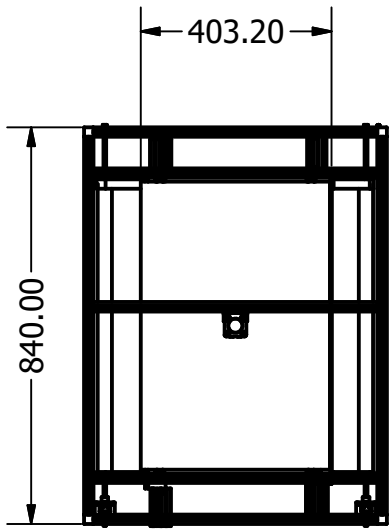
FECHA	2/14/2023	ESPOL		
		TITLE		
HUGO AVILES		AGARRADERA LATERAL DEL MECANISMO DE ENSAMBLE		
JOSE MORAN		SIZE	DWG NO	REV
		A4		
		SCALE	1 / 4	SHEET 1 OF 1



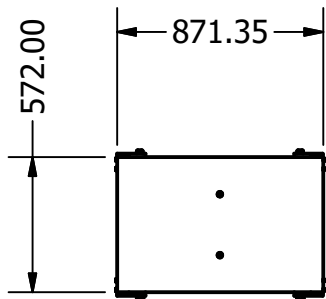
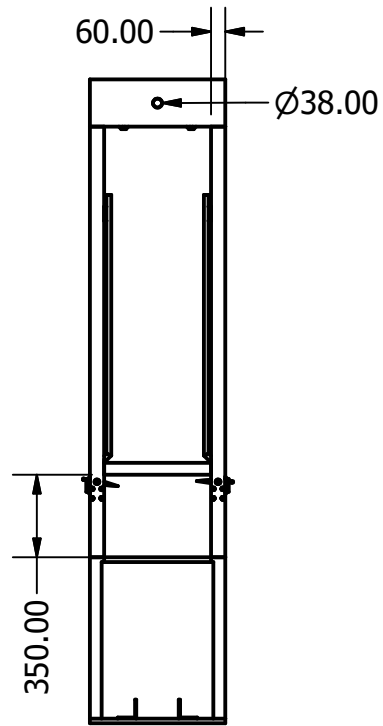
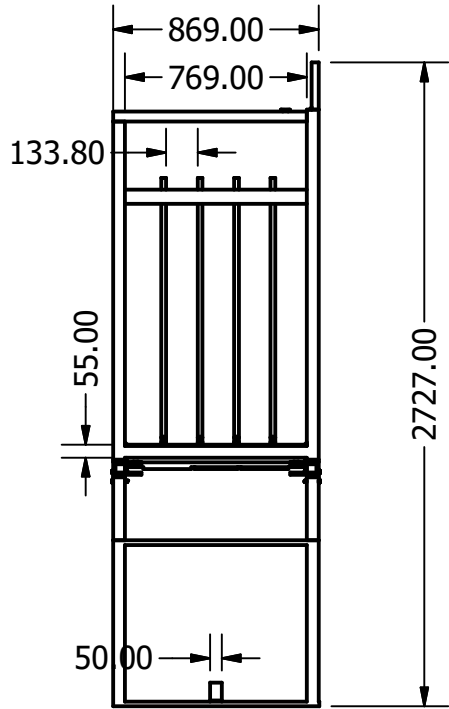


FECHA	2/14/2023	ESPOL		
		TITLE		
HUGO AVILES		MANO AGARRADERA DEL MECANISMO SUPERIOR		
JOSE MORAN		SIZE	DWG NO	REV
		A4		
		SCALE	1 / 2	SHEET 1 OF 1





FECHA	2/14/2023	ESPOL		
		TITLE		
		ESTRUCTURA DEL MECANISMO DE ENSAMBLE		
HUGO AVILES				
JOSE MORAN				
		SIZE	DWG NO	REV
		A4	Mecanismo-parteSuperior	
		SCALE	1 / 16	SHEET 1 OF 1



FECHA	2/16/2023	ESPOL		
		TITLE		
HUGO AVILES		ESTRUCTURA DEL APILADOR DE GAVETAS		
JOSE MORAN		SIZE	DWG NO	REV
		A4	EstructuraAcumulador	
		SCALE	1 / 32	SHEET 1 OF 1

