



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

# **Máquina para el volteo de bolsas ecológicas**

**TESIS**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Mecatrónico**

**P R E S E N T A N**

Almaguer Loyola Luis Fernando

Ramírez Reyes Andrés Omar

Rangel Fuerte Ignacio

Rodríguez Flores Osiris Francisco

Sánchez Baltazar Adrián

**DIRECTOR DE TESIS**

M. en I. Serafin Castañeda Cedeño

**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018**





## Índice

Resumen.....	3
Introducción.....	5
1. Antecedentes .....	7
2. Objetivos .....	11
3. Desarrollo .....	13
3.1. Definición del problema y sus vecindades .....	15
3.1.1. Descripción del producto .....	15
3.1.2. Identificación de la necesidad .....	15
3.1.3. Recopilación de información de la planta .....	16
3.2. Estado del arte .....	16
3.3. Diseño conceptual .....	18
3.3.1. Especificaciones de diseño.....	18
3.3.2. Descomposición en funciones.....	19
3.3.3. Configuración .....	21
3.3.3.1. Alimentar y orientar/sujetar y abrir .....	21
3.3.3.2. Voltar y formar .....	22
3.3.3.3. Expulsar .....	24
3.3.4. Composición .....	25
3.4. Prototipos y experimentación .....	25
3.5. Diseño de detalle .....	26
3.5.1. Funcionamiento general .....	26
3.5.2. Sistema mecánico .....	27
3.5.2.1. Cabezal.....	27
3.5.2.2. Ariete .....	31
3.5.2.3. Plataforma deslizante .....	32
3.5.3. Sistema neumático.....	33
3.5.3.1. Selección de pistones .....	34
3.5.3.2. Selección de válvulas.....	38
3.5.3.3. Selección de mangueras .....	40
3.5.3.4. Selección de unidad de mantenimiento .....	42
3.5.4. Sistema eléctrico y de programación .....	42
3.5.4.1. Selección de sensores y botones .....	42
3.5.4.2. Selección del PLC y fuentes de alimentación .....	45
3.5.4.3. Selección de los elementos de protección .....	52
3.5.4.4. Montaje y distribución de los elementos eléctricos y de control en la platina .....	53
3.5.4.5. Selección del gabinete .....	56
3.5.4.6. Programación del PLC .....	60
3.6. Fabricación .....	63
4. Resultados y conclusiones .....	65
5. Referencias .....	73
6. Anexos .....	74



## Resumen

**E**n el documento aquí presentado se abordará el tema acerca del proceso de diseño de maquinaria y aterrizándolo al desarrollo de una máquina cuyo objetivo es voltear bolsas ecológicas, mismas que son fabricadas por la empresa Belleza y Vanidad (BYVA Industrial S.A. de C.V.), es decir, para colocar el estampado hacia fuera y las costuras hacia dentro.

El periodo que abarca este trabajo y tomando en cuenta dos iteraciones es de un año y medio sumando todas y cada una de las etapas de diseño, desde la investigación de posibles productos que ya hayan resuelto parcial o totalmente el problema pasando por una división del problema general en subsistemas más sencillos y por el desarrollo de modelos rápidos que pudieran ayudar a resolverlos, diseño e ingeniería de detalle en los diferentes campos (eléctrica-electrónica, mecánica, neumática, etc.) hasta su construcción final e instalación en planta. En la parte mecánica se abarca la composición, análisis dinámicos para un buen funcionamiento de sus componentes; por el lado neumático, se habla de cómo se seleccionaron los actuadores de acuerdo con los análisis desarrollados por la parte mecánica; y por último se aborda el tema del control y sistema eléctrico, mismo que toma la información necesaria de las dos partes anteriores (mecánica y neumática) para realizar la selección de los componentes que conforman esta área.

A pesar de que se trata de un prototipo, se decidió llevarlo a la planta para que se trabajara con él durante las jornadas que maneja la empresa y poder así evaluar su desempeño y registrar puntos fuertes y debilidades para mantenerlos o corregirlos según sea el caso y así, desarrollar la versión final de la máquina, la cual deberá estar diseñada para un período mínimo lo suficientemente prolongado como para que la empresa recupere la inversión destinada a dicha máquina.

Aunque se requiere una máquina que voltee bolsas medianas y otra para bolsas grandes, en el presente documento únicamente se hará referencia a la máquina que voltea bolsas medianas puesto que, para ambos tamaños de bolsas, tanto el concepto como la configuración y composición, serían prácticamente los mismos, es decir, solamente cambiarían dimensiones en algunos componentes, esto de acuerdo con el cambio de las bolsas.



## Introducción

**A**l desarrollar el proyecto se partirá del hecho en el que siempre hay que anteponer las necesidades del cliente y acoplar el diseño a las mismas, de tal modo que sus requerimientos sean totalmente o en su gran mayoría satisfechos.

Para realizar todo el proceso de diseño, se tomará como base el modelo de French. Dicho esto, se partirá por investigar si existe algo que resuelva el problema o por lo menos algo similar en el mercado para tomarlo como base y adaptarlo a nuestros objetivos. En caso de no haber nada similar se empezará a dar solución al problema desde cero, es decir, se realizará primero una lluvia de ideas para después pasar al diseño conceptual y generar a gran rasgo diversas alternativas de solución.

Una vez elegido el concepto se realizarán diversos "modelos rápidos" que servirán para ejemplificar el principio de funcionamiento de la solución que tentativamente se ha elegido. Con estos modelos se decidirá si el concepto funciona y si es viable pasar a detallar el diseño y posteriormente a la construcción de un prototipo o por el contrario, si es necesario cambiar de concepto.

Para la parte de la ingeniería de detalle se tratará de seleccionar siempre que sea posible que los componentes y partes necesarias para su construcción sean comerciales con el objetivo de que las piezas sean fácilmente intercambiables en caso de alguna falla o deterioro por su constante operación, además de reducir los puntos de falla al utilizar componentes ya probados por los fabricantes.



# 1. Antecedentes





La empresa para la cual se realizó el proyecto actualmente cuenta con una herramienta para el proceso manual de volteo. Dicho proceso se ejecuta de la siguiente manera: después de confeccionar las bolsas, se colocan en tarimas de donde son tomadas por las operarias, quienes apoyándose de un dispositivo llamado caballete, (ver Figura 1) colocan la parte inferior de la bolsa en éste, jalando entonces hacia abajo para que dicha bolsa tome la forma del caballete y, de esta manera, se logre la forma deseada (ver Figura 2). Posteriormente, se adapta de una manera más ajustada y con más detalle la bolsa a cada una de las esquinas del caballete y se tira de ella hacia abajo para lograr formar bien las esquinas inferiores (Figura 3). Una vez obtenida la forma final, la operaria apoya la bolsa en la parte superior del caballete y la frota contra este para remarcar los dobleces y sea más fácil su empaquetado.



Figura 1. Caballete de madera para el volteo manual de bolsas.



Figura 2. Colocación de la base de la bolsa en el caballete e inicio del volteo.



Figura 3. Tiro de la bolsa hacia abajo para formar las esquinas.



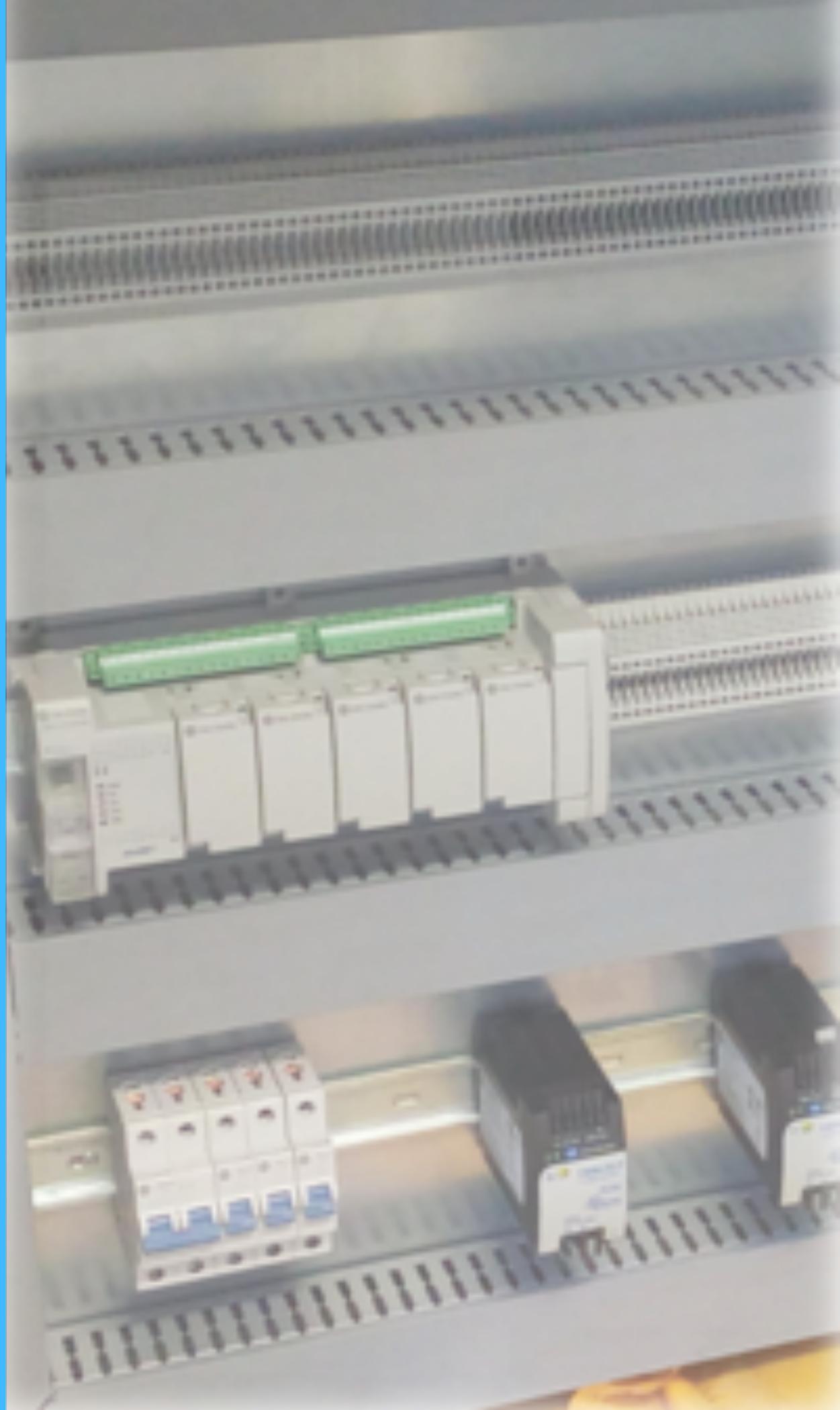
# 2. Objetivos

Desarrollar la ingeniería de una máquina para el volteo automático de las bolsas producidas por la empresa, aplicando una metodología de diseño para la solución satisfactoria del problema.

- Realizar la supervisión de las piezas fabricadas, así como de su ensamble.
- Dimensionar los actuadores y seleccionar los sensores para la operación de la máquina.
- Desarrollar la lógica de operación para el controlador utilizado en la máquina.



# 3. Desarrollo





Como se menciona en la introducción, el proceso de diseño utilizado en el presente documento se basa en el modelo de French (ver Figura 4).



Figura 4. Proceso de diseño.

### 3.1 Definición del problema y sus vecindades

#### 3.1.1 Descripción del producto



Figura 5. Fabricación final de la bolsa.

Se trata de una bolsa reutilizable de polipropileno no tejido. El proceso inicia con la serigrafía en la tela, los rollos son colocados en una máquina que se encarga de hacer el estampado, después se coloca el rollo completo en la máquina que se lleva a cabo la confección realizando el sellado mediante ultrasonido y darle su forma final. Como se muestra en la Figura 5, el estampado de la bolsa queda en la parte interior de la misma y las costuras en la parte exterior, por lo que se necesita un proceso adicional para obtener el producto terminado, en otras palabras, se necesita el proceso de volteo.

#### 3.1.2 Identificación de la necesidad

Debido a la alta demanda de bolsas la empresa debe cubrir las exigencias del mercado, a causa de esto requiere incrementar la producción al mismo

tiempo que reduce costos.

### 3.1.3 Recopilación de información en la planta

Con el propósito de conocer el lugar donde operaría la máquina así como de la disponibilidad de sus instalaciones electromecánicas, neumáticas y eléctricas, se hace lo que se denomina un levantamiento y que se basa en hacer una visita a la planta, esto para acoplar el diseño a lo que la planta posee y hacer lo menos posible en cuanto a obra civil se refiere.

Dicho lo anterior, durante la revisión se obtuvo la siguiente información:

#### Sistema neumático

- Presión de aire: **0.5 - 0.7 [MPa] (5 - 7 [bar])**.
- Capacidad: **1 [m<sup>3</sup>/min]**.
- Tipo de conexiones: **8/6/4 [mm]**.
- Color de las líneas de suministro: **Negro/Azul**.
- Tamaño de las tuberías: **1 [in]**.
- Presión del compresor: **0.8 [MPa] (8 [bar])**.

#### Sistema eléctrico

- Disponibilidad de alimentación monofásica (127 VCA).
- Disponibilidad de alimentación trifásica (220 VCA).

Dado que no tenemos ninguna restricción en cuanto espacio, no es necesario hacer un croquis con la distribución actual de sus máquinas.

## 3.2 Estado del Arte

Una máquina cuya función específica sea voltear bolsas (ecológicas), no se ha encontrado en las búsquedas realizadas, sin embargo, existen al menos dos cuya función principal es la de voltear, una de ellas se encarga de voltear guantes y la otra lo hace con bolsas para aspiradora. En ninguna de las dos propuestas se encontró un documento donde se nos explique su funcionamiento, solamente fue a través de videos que se logró entender la forma en la que trabajan, además, hay mucha intervención del operador durante todo el proceso.

En la primera de ellas (volteadora de guantes), se trata de una máquina neumática semiautomática, que, de acuerdo con la descripción del video, es capaz de voltear cualquier tipo de guante. Esta máquina presenta una base móvil y una contra que está fija, es en la base donde el usuario coloca el guante y la contra realiza la función de volteo. En la descripción del video también se

encuentra un número de teléfono el cual se adjunta con el propósito de contactar al vendedor en caso de que se requiera realizarla compra de una de esta máquinas, con esto podemos deducir que es una máquina que ya se comercializa, y además, según el video, se encuentra en Colombia. La máquina mencionada se muestra en la Figura 6.

En cuanto al segundo prototipo encontrado, se trata en este caso, sí de una volteadora de bolsas, sin embargo se trata de bolsas para aspiradora. Esta versión fue elaborada por una empresa mexicana llamada “Daceel de México”. Al igual que la volteadora de guantes, no se encontró un documento que nos describa el funcionamiento de la máquina, fue con un video que logramos ver la manera en que opera. Al parecer, también se trata de una máquina neumática semiautomática, pues la bolsa se coloca de manera manual sobre una base y al presionar un botón sale una contra desde la base, misma que al llegar a su final se frena y es ahí donde el usuario inserta la punta de la bolsa en la punta de la contra, enseguida vuelve a presionar un botón, la contra regresa pero ya con la bolsa sujeta y es ahí donde se lleva a cabo el volteo. Al ser desarrollada por una empresa que se dedica al desarrollo y venta de sistemas de automatización, podemos decir que la máquina también se comercializa.



Figura 6. Máquina volteadora de guantes. <sup>[1]</sup>

Podemos apreciar el funcionamiento de la “volteadora de bolsas para aspiradoras” en las Figuras 7 y 8. <sup>[2]</sup>

Los dos proyectos mencionados anteriormente cumplen con la función principal, que es la de volteo, sin embargo las bolsas con las que se van a trabajar en el presente documento poseen geometrías diferentes además de estar hechas de un material más delicado (polipropileno no tejido).



Figura 7. Colocación de la bolsa en la base de la máquina y salida de la contra.



Figura 8. Inserción de la punta de la bolsa en la contra y realización del volteo.

Si bien es cierto que no podemos basarnos por completo en ninguna de estas dos máquinas, se pueden generar ideas haciendo uso de alguna de estas configuraciones, ya sea cambiando la geometría de la base y/o la contra de acuerdo con las características de la bolsa.

### 3.3 Diseño conceptual

#### 3.3.1 Especificaciones de diseño

Conjuntando la información recabada en planta con la necesidad del cliente, se genera la base para poder dar inicio al proceso de diseño. La información es la siguiente:

- Velocidad de operación de la máquina: **40 bolsas/min.**
- Tamaño de bolsas: **mediana y grande.**
- Alimentación eléctrica: **monofásica 127 VCA.**
- Alimentación neumática (si se requiere): **6 – 7 [bar].**

Adicionalmente, se consultan las medidas de las bolsas con las que se trabajará posteriormente, así como sus respectivas tolerancias (ver Figura 9).

### TABLA DE MEDIDAS BOLSA VERDE ABIERTA

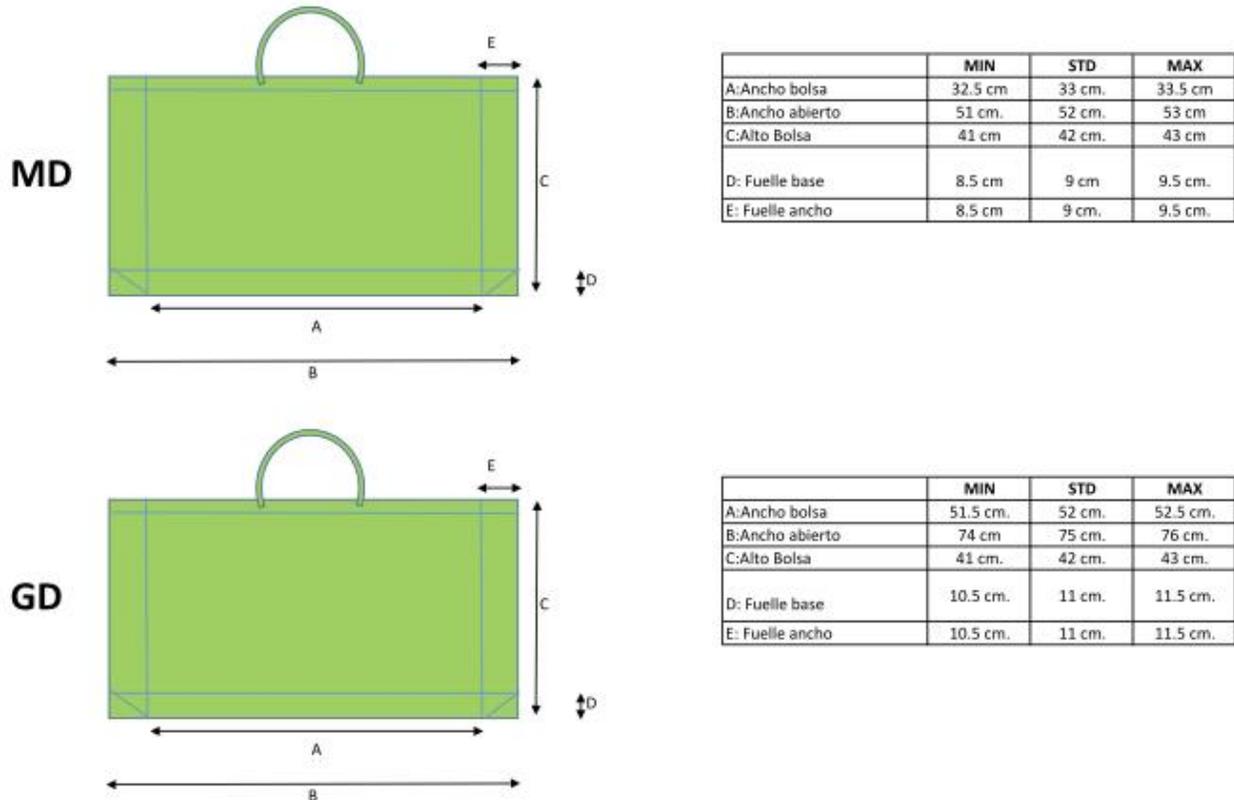


Figura 9. Medidas de las bolsas.

Se generan las ideas y se plasman en bocetos, mismos que se hacen con dibujos a mano alzada, cuidando proporciones y ciertos detalles que concuerdan con la información recabada en el levantamiento aunado a las especificaciones de diseño.

Además, aunque en esta etapa del diseño se hace uso de la imaginación para generar las posibles soluciones, es conveniente tomar en cuenta ciertas limitaciones técnicas que pueden hacer improbable la implementación del concepto. Cabe destacar que estas limitaciones no se analizan a fondo puesto que esto se realiza en la etapa de composición y diseño de detalle.

#### 3.3.2 Descomposición en funciones

Se busca dividir el problema general en problemas más pequeños y solucionarlos de manera individual pero congruente con los problemas adyacentes, es decir, tomando en cuenta que las soluciones particulares favorezcan y se adapten a las demás soluciones o en una situación dada, generar también las interconexiones entre soluciones.

- Alimentar las bolsas y orientarlas.
- Sujetar y abrir las bolsas.
- Voltear y formar.
- Expulsar.

De manera análoga a la división del problema principal, se trata el diseño conceptual por subsistemas, es decir, a cada función establecida le corresponderá un subsistema, de tal manera que se generen pequeños diseños conceptuales para determinar diversas alternativas de solución a cada función. Al juntar los pequeños diseños de cada uno de los subsistemas, se tiene el diseño conceptual de la máquina completa haciendo combinaciones entre las alternativas de solución generadas.

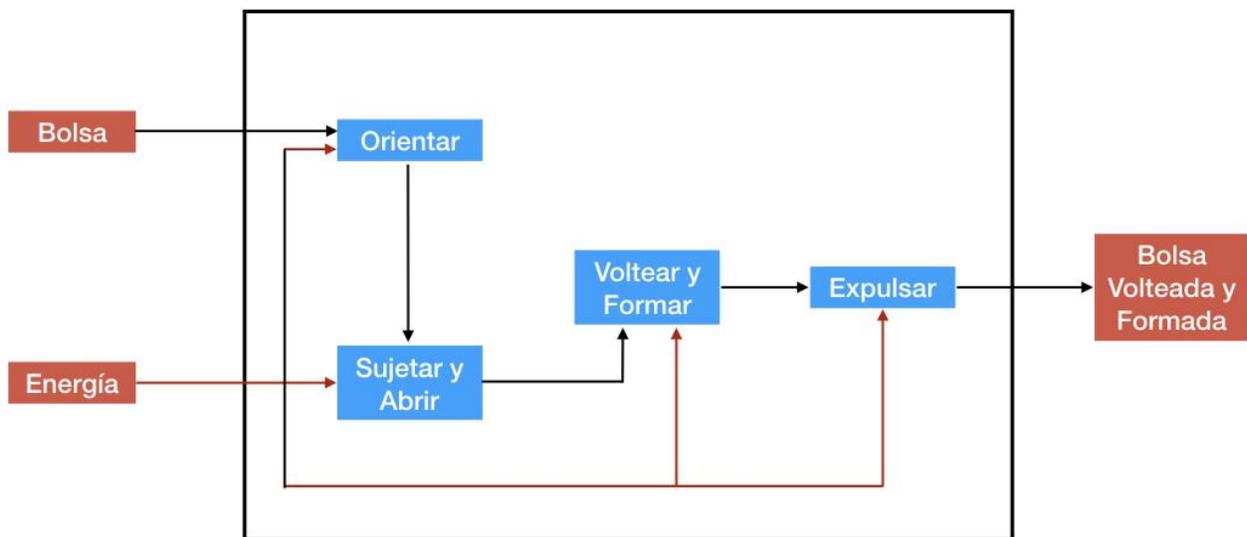


Figura 10. Descomposición en funciones.

El proceso en general se describe a continuación:

Se toman como entradas al sistema dos aspectos que son la energía para mover los actuadores y/o mecanismos necesarios y las bolsas (ver Figura 10). Estas últimas se proporcionan o se colocan con la orientación necesaria para poder sujetarla y/o abrirla, después, algún mecanismo o actuador directamente hará el transporte de ésta para llevarla a la “zona de volteado” donde se realiza dicho proceso, esto tomando en cuenta la forma que el cliente requiere que se le dé a la bolsa y esto en conjunto también con algún proceso que sea de utilidad para una fácil expulsión de la bolsa volteada y doblada y de esta manera transportar el producto final a algún proceso adicional que la empresa realice con éste.

Aunque no interviene directamente en el proceso de volteado, el subsistema que tiene que ver con la estructura es de vital importancia para un buen funcionamiento en la máquina, de tal manera que ayude a obtener un producto terminado en condiciones aceptables para el cliente.

### 3.3.3 Configuración

Analizando los diversos conceptos planteados para las funciones establecidas y tomando en cuenta los requerimientos del cliente, se hacen combinaciones para lograr alternativas de solución a nivel conceptual, en los cuales los diferentes conceptos para cada función se combinan adecuadamente.

#### 3.3.3.1 Alimentar y orientar/sujetar y abrir

Todas estas funciones se unen en un componente de la máquina al que se le llama cabezal. Se trata de un prisma rectangular que modifica el área seccional mediante la apertura y cierre de algunas de sus aristas. Con el objetivo de colocar fácilmente la bolsa, el cabezal se cierra y una vez colocada, éste se abre para poder manipular mejor la bolsa y realizar el volteo. Con este componente se abarcan las funciones anteriormente citadas por las siguientes razones: al ser un cuerpo que tiene una geometría similar a la bolsa abierta, se cubre la función de orientar; al abrirse el cabezal, la función de sujetar, ya que éste lo hace mediante tensión desde el interior de la bolsa; al proporcionar una preparación adecuada de la bolsa, proporciona también la base para realizar propiamente el volteado.

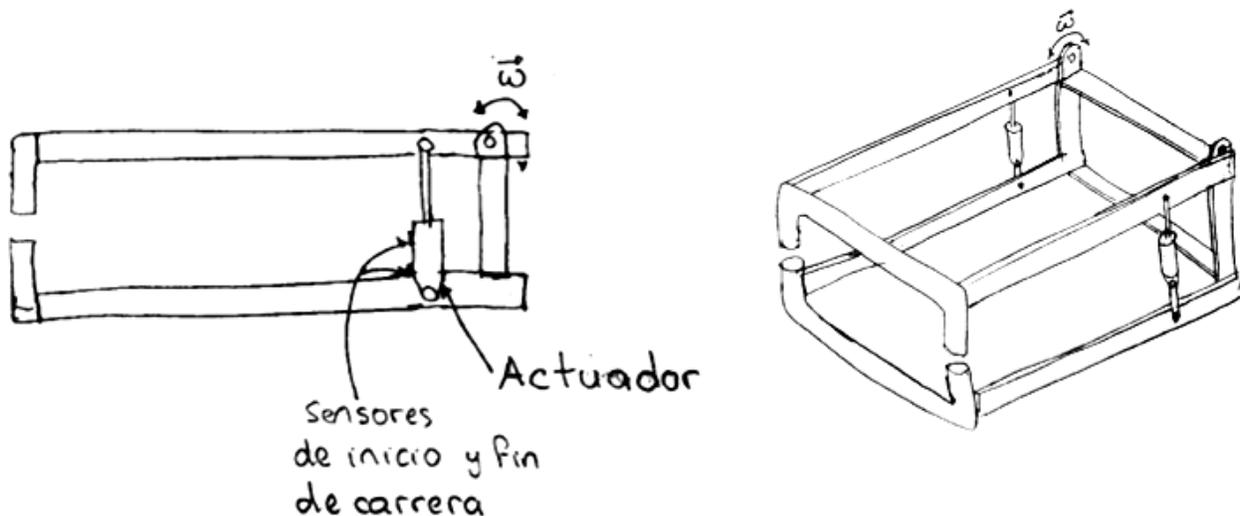


Figura 11. Primer propuesta de apertura cabezal.

Se tienen dos posibles formas de abrir el cabezal, una es de manera angular como se aprecia en la Figura 11 y otra es de manera lineal como en la Figura 12. Ambos por medio directamente de un actuador lineal y adicionalmente, en el segundo caso apoyándose de un contrapeso para un movimiento homogéneo en la apertura, es decir, libre de rotaciones.

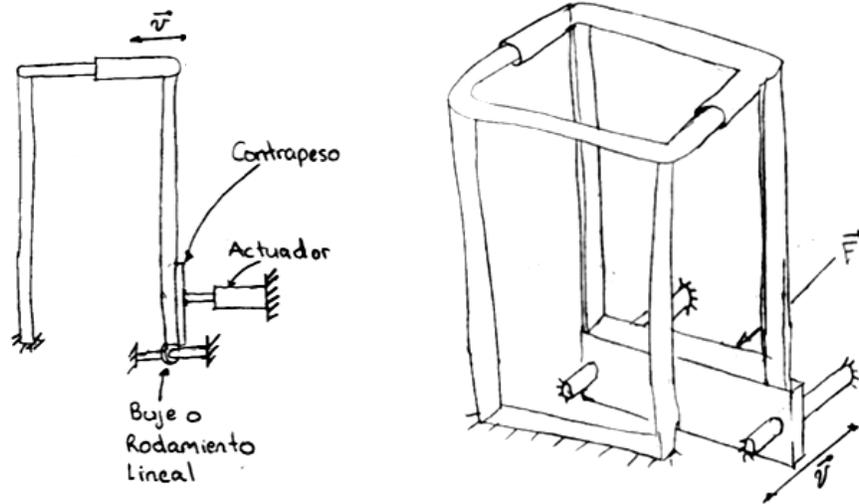


Figura 12. Segunda propuesta de apertura cabezal.

### 3.3.3.2 Voltear y Formar

El complemento para la función del volteo radica en un componente al que se le denomina ariete. En palabras simples se podría decir que en el conjunto Ariete – Cabezal, este componente se denominaría como “macho” y el cabezal como “hembra”.

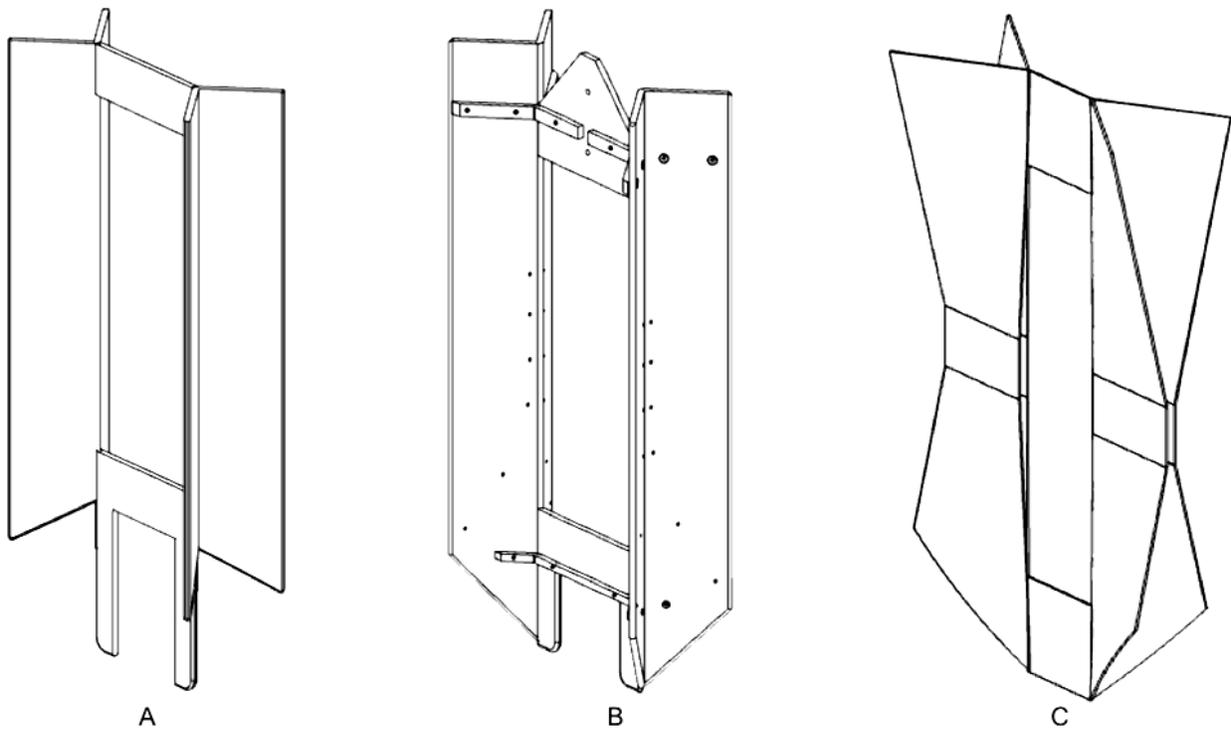


Figura 13. Propuestas para el diseño del ariete.

Se conciben tres posibles geometrías partiendo de una misma base que es lo que se le llaman “aletas” y que en las figuras son las partes laterales o ángulos verticales. En estos arietes se busca que la punta tenga la misma geometría que la base al interior de la bolsa abierta, haciendo una analogía con la herramienta que han estado utilizando en el volteo manual de bolsas y que los laterales ayuden a formar los dobleces que el cliente necesita (ver Figura 13). El ariete se encarga de dar por terminada la función de volteo y dar inicio a la realización de la función formar por medio de las aletas.

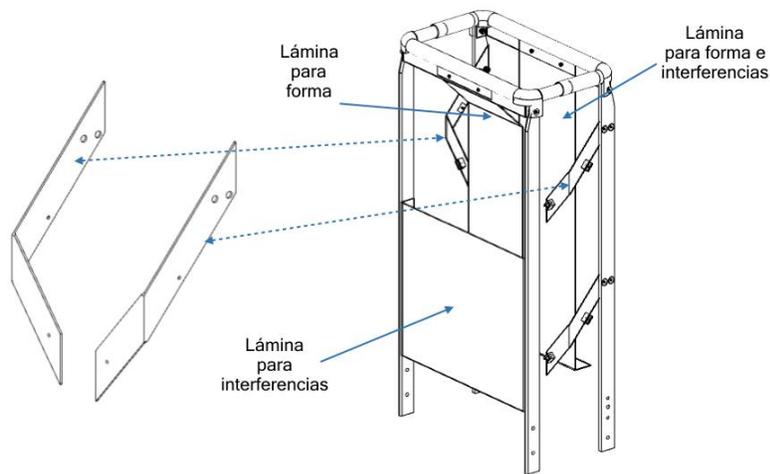


Figura 14. Guías para dar forma a la bolsa.

para apoyar a la forma deseada de la bolsa y para reducir las posibles obstrucciones de las asas con algún otro elemento (ver Figura 14).

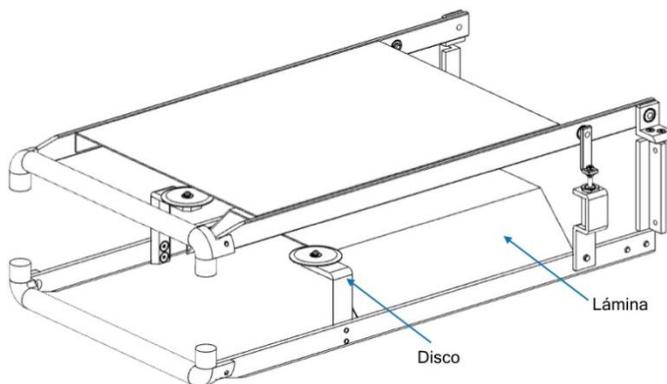


Figura 15. Guías en disco.

Para complementar la función de formar se tienen tres posibles soluciones que se aplican de manera muy similar. La primera opción se trata de unas soleras con dobleces y cortes estratégicos para que presionen los costados de la bolsa con las aletas y formar el doblez deseado. Estas soleras se colocan en los laterales internos al cabezal para que embonen cuando el ariete se introduce en el mismo. Además se tienen dos láminas que sirven

De manera similar a la solución anterior, se tienen láminas para complementar el formado y reducir interferencias. La diferencia radica en utilizar discos libres para que embonen con las aletas en vez de las soleras (ver Figura 15). La desventaja principal que tiene esta opción con respecto a las soleras se encuentra principalmente en la manufactura ya que se tienen más piezas y además son piezas móviles.

### 3.3.3.3 Expulsar

Para llevar la bolsa ya procesada a alguna etapa adicional fuera del alcance de la máquina, se consideran dos opciones. La primera se basa en rodillos impulsados por un solo actuador, al estar en contacto los dos rodillos se le proporciona motricidad al rodillo en el que no hay motor (ver Figura 16).

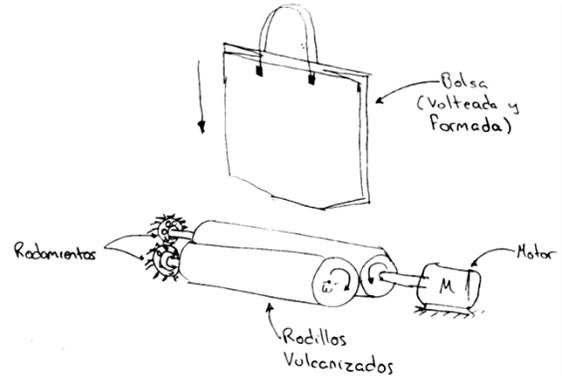


Figura 16. Rodillos para la expulsión de bolsa.

Para poder jalar la bolsa y llevarla a alguna zona determinada se considera darle un acabado especial a los rodillos de tal manera que se logre un buen arrastre entre rodillo y bolsa, pero sin dañar a esta última. Se presenta el proceso de vulcanizado principalmente por la durabilidad que se lograría en los rodillos.

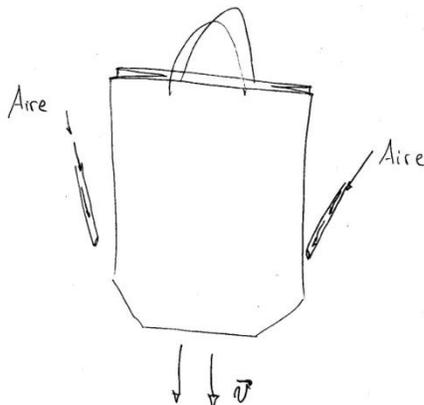


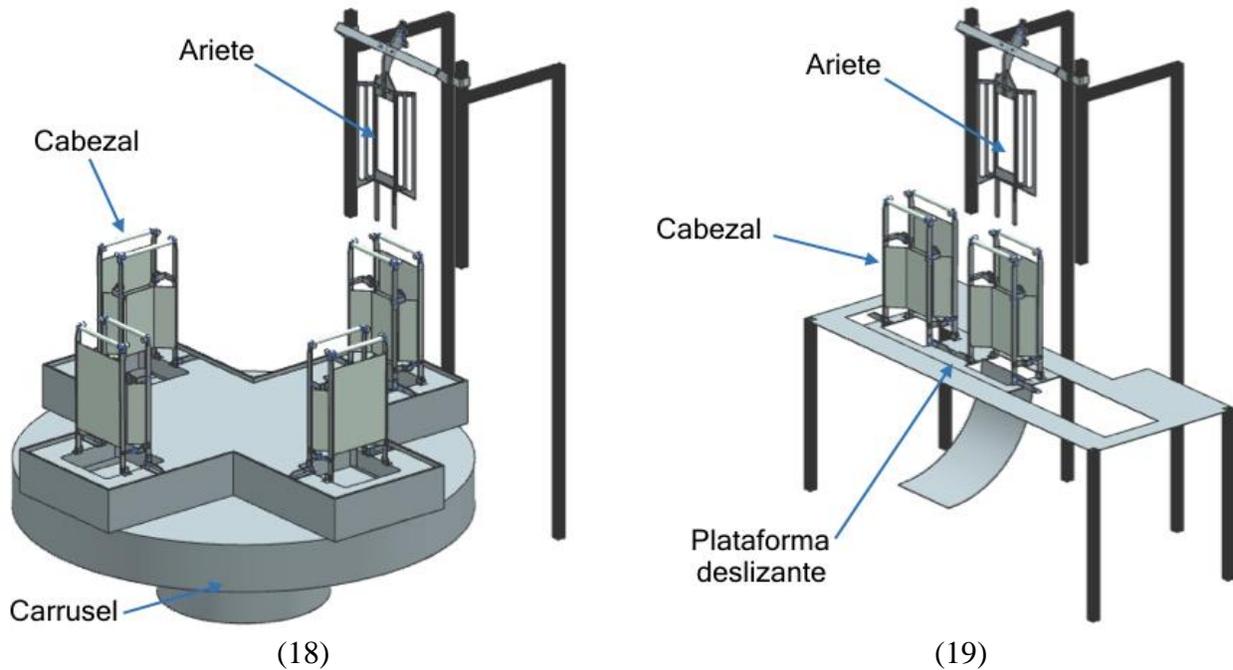
Figura 17. Caída de la bolsa usando aire.

Otra opción, es aprovechando que en la configuración seleccionada se tiene como apoyo a la gravedad. Entonces simplemente a la acción que ejerce sobre la bolsa su propio peso le agregamos un impulso extra por medio de aire a presión de tal manera que la bolsa salga rápidamente de la máquina y dé paso a la bolsa siguiente (ver Figura 17).

Con estos elementos se desarrollan las siguientes configuraciones:

En la primera propuesta de configuración se tiene un carrusel con espacio para cuatro bolsas. Se tendría un operador para colocar manualmente las bolsas. Después de alimentar, el carrusel gira y el ariete se encarga de voltear una bolsa a la vez mientras se alimentan nuevamente los cabezales previamente desocupados (ver Figura 18).

Para la segunda propuesta de configuración se tendrían dos espacios para la colocación de las bolsas. Se tendrían dos operadores para colocar igualmente de manera manual sobre los cabezales. En el momento en el que se coloca bolsa de un lado, el ariete voltear otra bolsa previamente colocada del lado opuesto, después, la plataforma que contiene a los cabezales se desliza de un lado a otro y se voltear la bolsa siguiente mientras se coloca una nueva bolsa en el cabezal desocupado (ver Figura 19).



Figuras (18). Primer propuesta de configuración y (19). Segunda propuesta de configuración.

### 3.3.4 Composición

De las propuestas anteriormente planteadas, se eligió como configuración final a la segunda, tomando como base un balance entre los requerimientos del cliente y una cierta simplicidad en el diseño.

Hecho esto, se procede con la generación de unas soluciones más detalladas para las diferentes funciones planteadas, es decir, se empieza a plantear componentes que puedan resolver cada problema y que se relacionen eficazmente con las demás funciones.

Conviene en esta etapa, que el equipo de diseño se apoye también en los conocimientos técnicos que pueda proporcionar el equipo que se dedicará a la manufactura del proyecto, de tal manera que los conceptos generados se ajusten a los parámetros reales de los componentes y a los materiales que se usan en la industria y que existen comercialmente.

### 3.4 Prototipos y experimentación

Antes de pasar al diseño de detalle se hicieron pruebas con los conceptos seleccionados utilizando modelos funcionales hechos con materiales económicos y básicamente para darse una idea del comportamiento de las propuestas generadas.

De las funciones que se trataron anteriormente, con la que se debe experimentar más es con el volteo puesto que el material de trabajo es tela y por ello, no se tiene certeza de su comportamiento dado que no disponemos de un modelo matemático que lo describa.

Se hicieron también arietes de madera con diferentes geometrías para observar el comportamiento de cada una. Cabe mencionar que en el primer paso, se excluye cualquier otro proceso, es decir, solamente se considera como tal el volteo. Después se añadieron más accesorios en el cabezal para probar el formado de los dobleces laterales de la bolsa

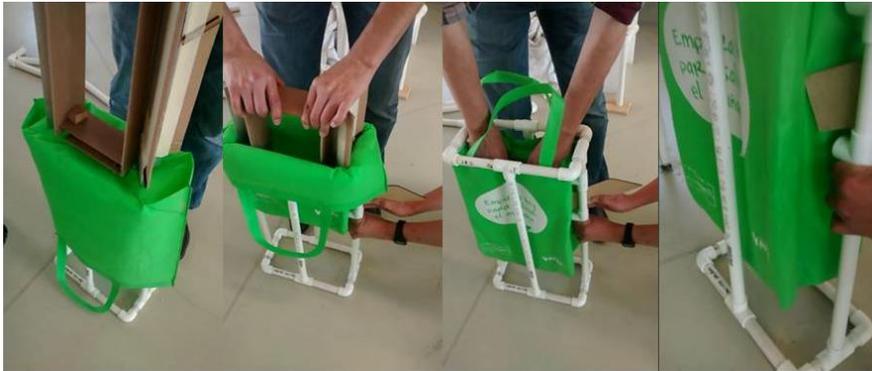


Figura 20. Experimentación con el proceso de volteo elegido.

### 3.5 Diseño de detalle

En esta etapa se tiene un acercamiento a las ideas generadas en el diseño conceptual. Se consideran en mayor medida todas las restricciones técnicas que puedan tener los conceptos planteados. Debido a esto se generarían las modificaciones necesarias para ajustarse a otros factores como son los costos de maquinado o de los propios componentes, etc.

En el diseño conceptual se generan soluciones tomando en cuenta aspectos generales a nivel subsistema, sin embargo, en el diseño de detalle se deben considerar factores que no son tan notorios o evidentes y que muy probablemente se omitieron en el diseño conceptual, además, hay que estar conscientes de estos pequeños aspectos para que el funcionamiento del subsistema o del sistema en su conjunto se acerque lo más posible al visualizado durante la fase conceptual.

#### 3.5.1 Funcionamiento General

El proceso se inicia con la máquina en una posición en la cual el ariete se encuentra en la parte superior y la plataforma deslizante en alguno de los dos extremos. Al encender el sistema, el cabezal que se encuentra en cualquiera de los dos extremos se cierra, el(la) operador(a) coloca la bolsa en éste y presiona dos botones para proceder al movimiento de la plataforma con su previa apertura del cabezal, entonces, el cabezal en cuestión se coloca justo en la parte inferior al ariete; en ese momento se realizan dos acciones, un(a) segundo(a) operador(a) coloca otra bolsa en el

cabezal desocupado, previamente cerrado y el ariete desciende para realizar el volteo y formado de la primera bolsa; el ariete asciende nuevamente y se inyecta aire a presión para expulsar la bolsa procesada. Con la expulsión de la bolsa se da inicio a otro ciclo, mismo que ahora será ejecutado por el (la) segundo(a) operador(a).

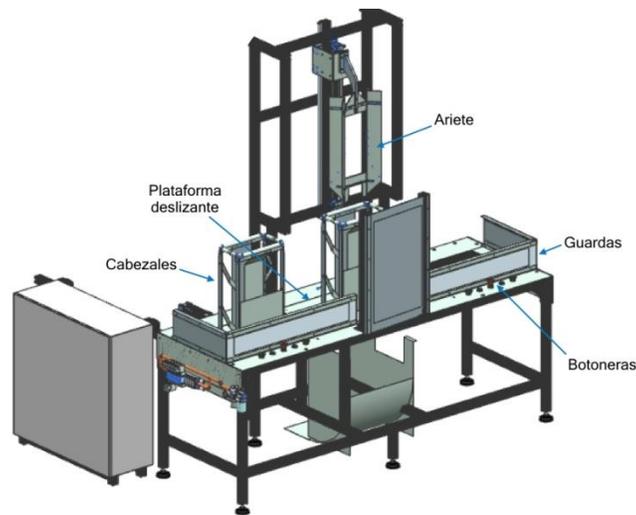


Figura 21. Configuración final.

Tomando en cuenta la seguridad de las personas involucradas en la operación de la máquina se opta por usar dos botones de arranque suficientemente separados uno del otro para que de esta manera se mantengan alejadas las manos de los componentes mientras estos realizan sus movimientos. Además, se colocaron guardas para reducir la probabilidad de daños físicos para los operadores y su respectivo botón de paro de emergencia a cada operador(a) para que cualquiera de ambos pueda detener la máquina en caso de cualquier percance (ver Figura 21).

### 3.5.2 Sistema Mecánico

#### 3.5.2.1 Cabezal

En este componente tal y como se describió en el diseño conceptual se engloban varias de las funciones que se establecieron anteriormente. En esta parte que llamamos cabezal, se tienen dos partes, una fija y una móvil, en la parte móvil se tiene un contrapeso que sirve para reducir las rotaciones que se puedan imprimir al cerrar el cabezal y así poder lograr un movimiento lo más lineal posible.

Cuenta con tres láminas, dos de ellas sirven para complementar el proceso de formado de la bolsa y la tercera sirve para reducir las posibles interferencias que puedan ser causadas por las asas de la bolsa.

Las costillas laterales también contribuyen a formar la bolsa en conjunto con las aletas del ariete y las láminas ya descritas.

El proceso de expulsión también se incluye en el cabezal, de hecho, en las propias costillas como se puede apreciar en la Figura 22, en estas bases se colocan mangueras para impulsar la bolsa hacia abajo. La fuerza que se le aplica a la parte móvil del cabezal, la proporciona un pistón neumático colocado estratégicamente para lograr un movimiento lineal.

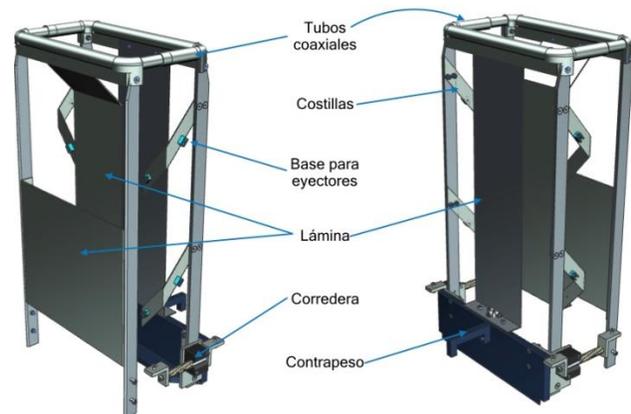


Figura 22. Composición del cabezal.

Para esta parte se tienen dos situaciones críticas, la primera es el diseño de los resortes helicoidales (dos resortes por cabezal) puesto que la apertura la realizarán éstos mientras que el cierre lo hará el pistón, y la segunda es dónde aplicar la fuerza del pistón para que el movimiento se haga de manera exclusivamente lineal.

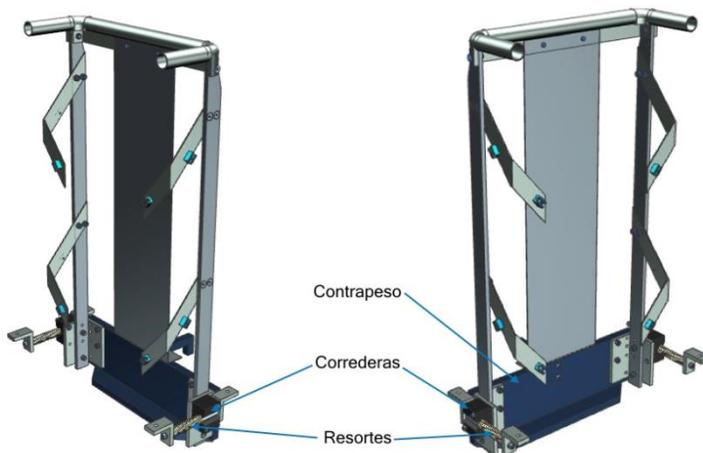


Figura 23. Parte móvil cabezal.

Todo el análisis se realiza solo a la parte del cabezal mostrada en la Figura 23, ya que la otra parte se encuentra fija a la plataforma deslizante. Las fuerzas presentes en esta sección del cabezal se ilustran en la Figura 24.

Para efectos estéticos se busca que el conjunto de correderas, resortes y contrapeso se encuentren por debajo de la placa, entonces, se hicieron varias iteraciones tomando como fijo el tamaño y masa del contrapeso con el objetivo

de que la línea de acción de la fuerza que cerrará el cabezal quede en la parte de abajo. Si por alguna razón la línea de acción queda por arriba, hay dos opciones, se busca aumentar la masa del contrapeso para la siguiente iteración o se baja la posición de dicha masa para contrarrestar momentos. En este caso conviene aumentar la masa en mayor medida, y poco en cuanto a la posición para no aumentar la probabilidad de interferencias con la bolsa. Del modelo en *CAD* se extraen los datos necesarios como la masa del cuerpo y su centro de masa.

Para el cálculo de los resortes se considera que el cabezal se encuentra cerrado y por consiguiente el resorte se encuentra comprimido (teniendo una longitud aproximadamente de seis centíme-

tros), además, para cumplir con tiempos de volteo se establece que el cabezal se debe abrir en un tiempo de 0.5 segundos.

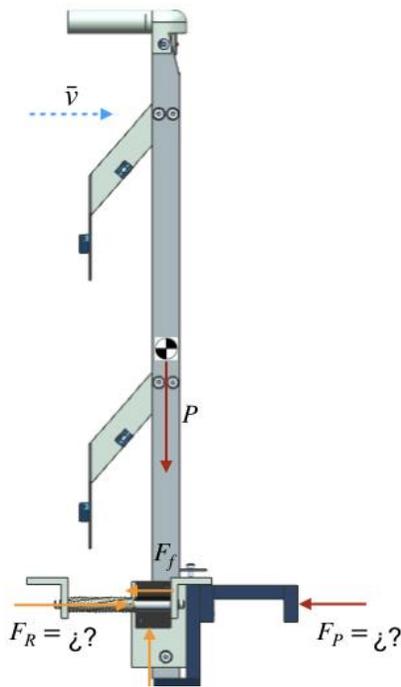


Figura 24. Ubicación de las fuerzas en el cabezal cerrado.

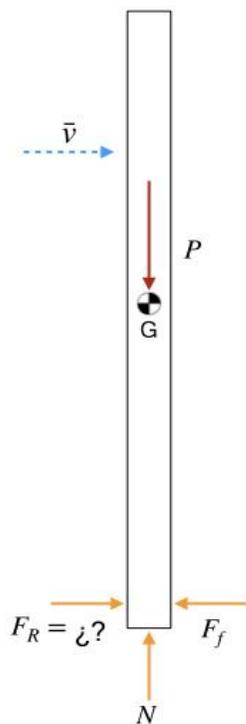


Figura 25. DCL del cabezal cerrado.

Sintetizando la información, el cabezal debe recorrer una distancia de 2.7 centímetros en medio segundo para abrirse en tiempo y forma. Establecido lo anterior se tiene el diagrama de cuerpo libre (DCL) mostrado en la Figura 25.

Del diagrama de cuerpo libre y aplicando la 2da ley de Newton se obtiene la ecuación 3.1

$$F_R - F_f = m \cdot a \dots \dots \dots (3.1)$$

Donde  $F_R$  y  $F_f$  son la fuerza de los resortes y la fuerza de fricción respectivamente. Se propone una aceleración constante de la forma como en la ecuación 3.2

$$a = \frac{2x}{t^2} \dots \dots \dots (3.2)$$

Donde  $x$  es la distancia que se quiere recorrer en un tiempo  $t$ . Además, se toma en cuenta el coeficiente de fricción del Nylonamid® contra acero ( $\mu$ ) para calcular la fuerza de fricción. Con todo lo anterior, la única incógnita es la fuerza del resorte  $F_R$  (ver ecuación 3.3), entonces:

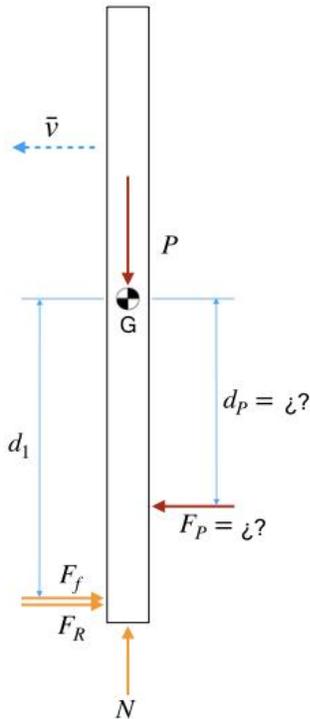
$$F_R = 2 \cdot m \cdot \frac{x}{t^2} + \mu \cdot N \dots \dots \dots (3.3)$$

Se sustituyen los valores con unidades homogéneas y se llega a que la fuerza de ambos resortes debe ser de aproximadamente 28.7 [N] por lo que cada resorte debe ejercer una fuerza de aproximadamente 14.35 [N].

Utilizando la ecuación de Wahl (ver ecuación 3.4) para el diseño del resorte, se necesita la fuerza ( $F_R$ ) y la deformación ( $\delta$ ) así como el diámetro medio del resorte (el cual se puede plantear como el diámetro interno más el diámetro del alambre,  $D_m = D_i + D_w$ ), su número de espiras ( $N_c$ ), y su módulo de rigidez ( $G$ ) obtenido de tablas para un material común utilizado en resortes que es el alambre cuerda de piano, dejando entonces el diámetro del alambre ( $D_w$ ) como única incógnita.

Cabe mencionar que la selección de  $N_c$  y el paso del resorte se hacen con base en parámetros solamente espaciales, de no ca-

ber el resorte en el lugar elegido, se procede a bajar una de las dos variables hasta que se logre un buen resultado.



$$\delta = \frac{8 \cdot F_r \cdot D_m^3 \cdot N_c}{G \cdot D_w^4} \dots \dots \dots (3.4)$$

Resolviendo para  $D_w$  se tiene que el alambre debe tener un diámetro de 0.9 [mm], con lo que consultamos tablas de calibres comerciales y elegimos el calibre más cercano y que sea mayor al calculado. Nota: en este caso no se toma en cuenta como tal algún factor de seguridad ya que al tomar un calibre mayor al calculado y engrasar la corredera, se garantiza un buen funcionamiento.

Ahora se procede con cálculo de la fuerza necesaria para cerrar el cabezal y así poder seleccionar el pistón que logrará realizar dicha acción. Adicionalmente se calcula también el lugar donde se debe aplicar dicha fuerza. Para ello tenemos el siguiente diagrama de cuerpo libre tomando ya en cuenta los efectos del resorte (ver Figura 26).

Figura 26. DCL cabezal con la fuerza ejercida por los resortes.

Para el cálculo de la fuerza del pistón se procede de manera totalmente análoga a como se hizo en el cálculo de la fuerza del resorte (ecuación 3.1). De tal manera que como resultado, el pistón debe poder imprimir una fuerza de aproximadamente 55.8 [N].

Para saber dónde aplicar la fuerza se utiliza la 2da ley de Newton para el caso angular (ver ecuación 3.5), es decir:

$$(F_r + F_f) \cdot d_1 - (F_p \cdot d_p) = 0 \dots \dots \dots (3.5)$$

Se iguala a cero porque en este caso se desea que no haya ningún tipo de movimiento angular y haciendo esta consideración tenemos como única incógnita a la distancia del centro de masa a la línea de acción de la fuerza del pistón ( $d_p$ ) ya que como se mencionó anteriormente, la distancia de la línea de acción de la fuerza de fricción y el resorte ( $d_1$ ) se puede medir del modelo CAD.

Entonces resolviendo la ecuación concluimos que la fuerza debe ser aplicada aproximadamente a una distancia de 4 [cm] medida desde el centro de masa hacia abajo.

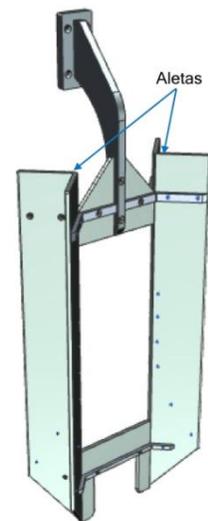


Figura 27. Ariete.

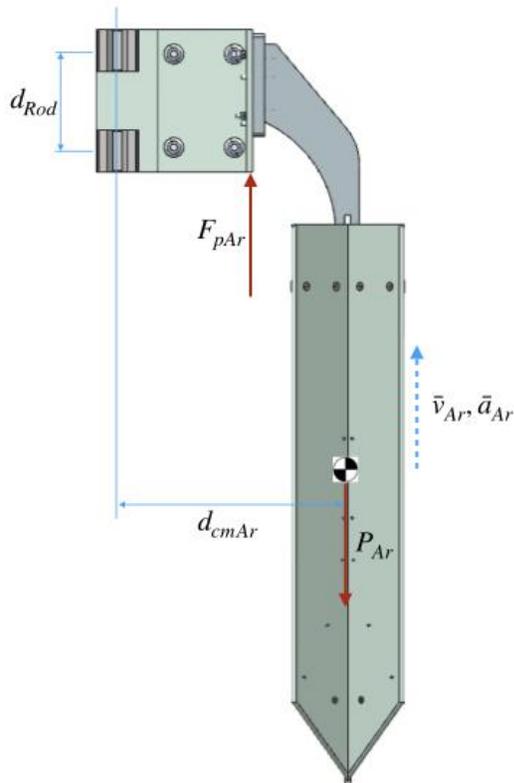


Figura 28. Fuerzas en ariete.

### 3.5.2.2 Ariete

Es la otra parte con la que se conforma el proceso de volteo, consta de dos aletas que se forman con dos perfiles angulares a  $90^\circ$  (ver Figura 27) en los que embonan las costillas que están ensambladas en el cabezal al introducirse en este último. Este ariete se mueve de forma vertical lineal por medio de un cilindro sin vástago, sin embargo se hace uso de rodamientos lineales para dejar que éstos absorban la mayor parte de las cargas como los momentos productos de las cargas excéntricas del cuerpo en cuestión y que el actuador se ocupe únicamente de proporcionar la motricidad con la fuerza requerida.

Solamente se toma en cuenta el peso del ariete, la velocidad a la cual se pretendía mover y la fricción para seleccionar el pistón puesto que, en este caso, el actuador trabaja de manera vertical por lo que se puede decir que está cargando al ariete.

Por la misma razón el análisis se realiza en el momento en que el ariete asciende.

Entonces, de igual forma, considerando las fuerzas presentes en el ariete (Figura 28) y utilizando la 2da ley de Newton llegamos a la ecuación 3.6:

$$F_{pAr} - P_{Ar} - F_{fAr} = (m_{Ar} \cdot a_{Ar}) \dots \dots \dots (3.6)$$

En este caso, el peso del ariete genera un momento extra; este momento es el que proporcionará la fuerza normal presente en los rodamientos que, a su vez, servirá para calcular la fuerza de fricción presente.

Siendo así que:

$$M_{Ar} = P_{Ar} \cdot d_{cmAr} \dots \dots \dots (3.7)$$

$$N_{Ar} = \frac{M_{Ar}}{0.5 \cdot d_{Rod}} \dots \dots \dots (3.8)$$

Donde  $d_{cmAr}$  es la distancia entre la línea de acción del peso y el eje de los rodamientos y  $d_{Rod}$  la distancia entre dichos rodamientos.

Calculado lo anterior se obtiene solamente una ecuación con la fuerza del pistón como incógnita, misma que al resolver, tiene el valor de 216 [N] aproximadamente.

### 3.5.2.3 Plataforma deslizante

Se compone de una placa con dos cavidades para que la bolsa se deslice por ellos y se pueda expulsar de la máquina. En estas cavidades también se colocan los cabezales.

Por la parte inferior se fijan dos hileras de rodamientos lineales, para que al igual que con el ariete, estos se encarguen de soportar las cargas presentes y el cilindro neumático sin vástago solamente impulse a toda la plataforma.

En los extremos de la placa se fijaron sufrideras de Nylamid®, las cuales, haciendo una analogía eléctrica, actúan como fusibles mecánicos para absorber los impactos y así proteger otras piezas que sean más difíciles de reemplazar o más costosas (ver Figura 29).

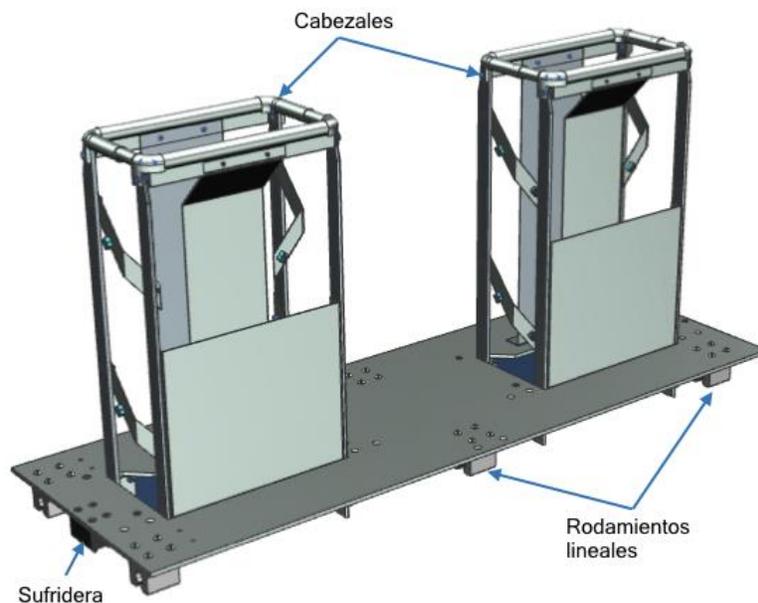


Figura 29. Plataforma deslizante.

Estas sufrideras impactan no directamente contra la estructura, en ésta se ensamblan dos amortiguadores contra los cuales se produce dicho impacto.

Para la selección del pistón se procedió de la misma forma. Usando la segunda ley de Newton (Figura 30), con lo que se obtuvo un resultado para la fuerza del pistón de aproximadamente 235 [N]. Sin embargo, es importante considerar la energía cinética ( $E_c$ ) que se produce cuando la plataforma llega al límite de su carrera, ya que esto genera vibraciones importantes que podrían perjudicar.

Como se verá posteriormente y de acuerdo con el análisis mecánico ya realizado, se decidió utilizar un pistón de 300 [N] de fuerza por lo que, al aplicar nuevamente la 2da ley de Newton con esta nueva fuerza y sus respectivas implicaciones, tenemos una rapidez ( $v$ ) de 1.11 [m/s], entonces, utilizando la masa ( $m$ ) provista por el modelo *CAD*, es posible calcular la energía cinética que tendrá la plataforma deslizante.

$$E_c \cong \frac{1}{2} m \cdot v^2 \dots\dots\dots (3.9)$$

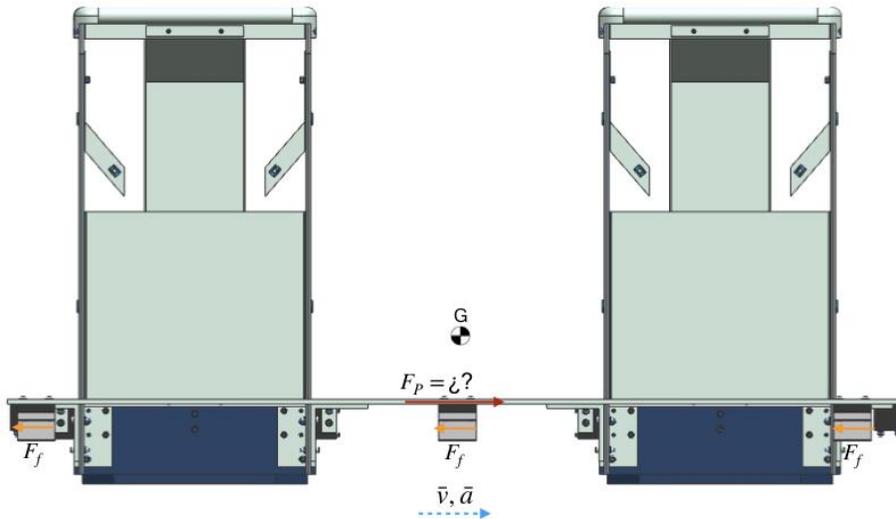


Figura 30. Plataforma deslizante.

Con esto podemos seleccionar algún amortiguador que pueda absorber aproximadamente 18 [J] de energía para reducir las vibraciones. Además, con el mismo objetivo, se implementa un breve paro intermedio en ambos lados del pistón, de esa manera se asegura que, para fines prácticos, no haya impacto o al menos se reduzca al máximo al conjuntar ambos métodos de amortiguamiento.

### 3.5.3 Sistema Neumático

Se decide optar por que la motricidad de la máquina la proporcionen actuadores neumáticos principalmente por cuestiones de tiempo de operación. Los actuadores neumáticos tienen como ventaja la rapidez con la que se produce el movimiento y con una fuerza acorde a los requerimientos establecidos, la desventaja es que como en todo proceso neumático, se necesita de todo un acondicionamiento del flujo de trabajo, el cual resulta costoso. Sin embargo, y como se mencionó anteriormente, la planta ya cuenta con instalación y acondicionamiento neumáticos, ya que también los utilizan para alimentar otras máquinas que ya se encuentran en operación, por lo que solamente se necesita instalar una nueva toma de aire comprimido y un tomacorriente de 127 VCA.

Por otro lado, existen una gran cantidad de proveedores de equipo neumático, pero la búsqueda de componentes se centraliza en Festo® y SMC® por cuestiones de calidad, tiempos de entrega y la disponibilidad de los componentes. Además, estos distribuidores cuentan con catálogos en línea muy completos que brindan una muy buena cantidad de información para seleccionar y utilizar de manera adecuada sus productos.

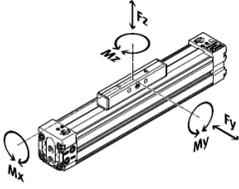
### 3.5.3.1 Selección de pistones

Para la selección de pistones se utilizan directamente en los datos del concepto seleccionado, las necesidades del cliente y las restricciones de acuerdo con el tamaño de la bolsa. Llegando a la conclusión de utilizar dos pistones sin vástago y tres con vástago.

Se seleccionan los pistones sin vástago ya que como sirven para mover las partes más importantes (“cabezal” y “ariete”), se necesita de carreras relativamente prolongadas (70 [cm] aproximadamente) y para lograr esto con un pistón tradicional se necesita destinar un espacio mayor dentro de la máquina, es decir, al seleccionar este tipo de pistones logramos reducir las dimensiones finales de dicha máquina. Para la tarea de cerrar los cabezales, es suficiente con los pistones tradicionales (los que tienen vástago), ya que no se manejan carreras de más de 10[cm].

#### Cilindros sin vástago

Al entrar a los catálogos de Festo® en actuadores lineales sin vástago se encuentra la Tabla 1 de fuerzas teóricas de acuerdo al diámetro del émbolo del actuador. Se muestra el pistón seleccionado DGC-K-25-700-PPV-A-GK-D2.



	∅ del émbolo [mm]	Fuerza teórica con 6 bar [N]	Características del guiado				
			Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]
Ejecución compacta DGC-K							
	18	153	–	120	0,8	11	1
	25	295	–	330	1,2	20	3
	32	483	–	480	1,9	40	5
	40	754	–	800	3,8	60	8
	50	1178	–	1200	6	120	15
	63	1870	–	1600	5,7	150	24
	80	3016	–	2500	30,6	400	100

Tabla 1. Fuerzas teóricas de acuerdo con el diámetro del émbolo. [3]

Se requiere mover una masa de aproximadamente 25[kg] que equivaldrían aproximadamente a 250[N], sin embargo, este valor no es el que se toma en cuenta para la selección del actuador ya que al aplicarse la fuerza horizontalmente, se necesita una fuerza mucho menor para mover dicha masa. La masa se debe acelerar, por consiguiente, el valor que realmente da pauta para la selec-

ción del cilindro, es el calculado en el análisis dinámico de la plataforma deslizante, es decir, 235[N]. Aclarado este punto, resulta viable utilizar un cilindro con émbolo de 25[mm] ya que el de 32 [mm]excede por mucho nuestras especificaciones y el de 18[mm] no podría imprimir la fuerza necesaria para alcanzar la velocidad deseada.

En la gráfica que se muestra en la Figura 31 se confirma el diámetro del émbolo de acuerdo a nuestras necesidades y con una presión de trabajo de 6[bar]. Cabe destacar que, en este caso, dada la herramienta de Festo® para la selección del actuador, sí se ocupa la masa del objeto a mover.

- Desplazamiento necesario (carrera): **700[mm]**.
- Rapidez: **0.7 [m/s]**.
- Carga a desplazar: **25[kg]**.

Los primeros dos parámetros se establecen respectivamente de acuerdo a la forma de operación de la máquina con la configuración seleccionada, es decir, para que los (las) operadores (as) tengan suficiente espacio para colocar las bolsas adecuadamente y a la velocidad de operación que el cliente necesita (40 bolsas por minuto).

Es importante mencionar que, para la selección del cilindro sin vástago correspondiente al ariete, se hace un procedimiento análogo al que se realizó para la plataforma deslizante, dando, así como resultado un pistón idéntico al de dicha plataforma.

Velocidad  $v$  máxima admisible del émbolo en función de la carga útil  $m$  y de la distancia del centro de gravedad de la masa  $r_{m\acute{a}x}$

Los datos se refieren a los valores máximos posibles. En la práctica, los valores pueden variar dependiendo de la posición de la carga útil y de la posición de montaje.

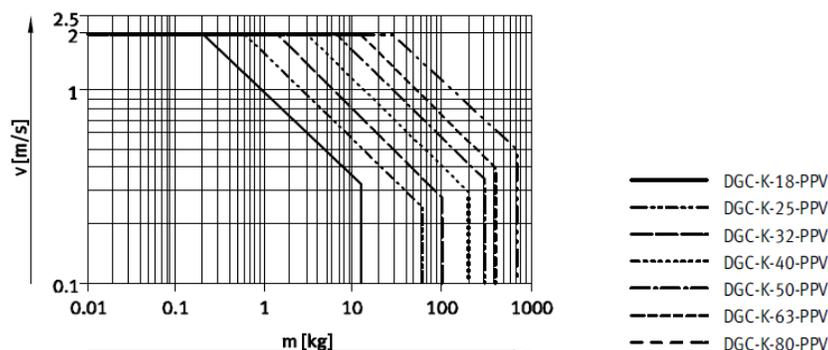


Figura 31. Gráfica masa vs velocidad. [3]

Según la Figura 31 se recomienda usar un cilindro con émbolo de 25[mm] o el de 32[mm] para los parámetros antes mencionados, por lo que se decidió usar el cilindro con émbolo de 25[mm] ya que la rapidez teórica es la más cercana a la que se necesita. Se decidió corroborar la informa-

ción en la página de internet de Festo® y como se muestra en la Tabla 2 se obtuvieron valores muy similares a los proporcionados por Festo®.

<b>Cilindro neumático Festo® DGC-K-25-700-PPV-A-GK-D2</b>		
$P = 6[bar]$	Presión de trabajo	600[kPa]
$e = 700[mm]$	Carrera	0.7[m]
$D_e = 25[mm]$	Diámetro del émbolo	0.025[m]
$n = 40[ciclos/min]$	Ciclos por minuto	
$eff = 70\%$	Eficiencia	
$P_{atm} = 7.5 \times 10^4 [Pa]$	Presión atmosférica	
$v = 2[m/s]$	Rapidez del actuador	120[m/min]
<b>Fuerza de avance</b>		<b>Fuerza de retroceso</b>
$F_{ideal} = 294.5243[N]$		$F_{ideal} = 294.5243[N]$
$F_{real} = 206.167[N]$		$F_{real} = 206.167[N]$

Tabla 2. Cálculo de gasto de aire para cilindros sin vástago.

### Cilindro con vástago

Para la selección de estos actuadores, el equipo de diseño ya contaba con dos en existencia, por lo que se realizó la búsqueda en catálogos de SMC® para conocer sus especificaciones, al igual que se realizaron cálculos para corroborar la información y determinar si las especificaciones de estos eran suficientes para nuestro objetivo en cuestión, es decir, del análisis dinámico de la parte móvil del cabezal, se requiere prácticamente una rapidez de 60[mm/s] y una fuerza de 60[N].

El actuador es el siguiente: CP96S - D - B - 50 - 100 C J - A93.

Como se puede apreciar en la Tabla 3 de características técnicas, el actuador soporta la presión de trabajo requerida, solo queda por confirmar la fuerza teórica y la rapidez.

En la gráfica mostrada en la Figura 32 se puede verificar si la velocidad que ofrece el actuador de acuerdo con la carga que vamos a desplazar es la correcta.

El actuador ofrece una rapidez de aproximadamente 1000[mm/s] con una carga de 7[kg]. Del actuador con el que se cuenta se sabe que el diámetro del émbolo es de 50[mm] y el del vástago de 20[mm], con estos datos se puede ingresar a la Tabla 4 de esfuerzo teórico y corroborar que la fuerza que se necesita mover sea menor a la que nos da el actuador.

Se comprueba el valor de los datos de esfuerzo teórico de los actuadores, para corroborar la información (ver Tabla 5), los valores que se obtuvieron resultan ser muy similares a los proporcionados por el fabricante.

## Características técnicas

Diámetro [mm]	32	40	50	63	80	100
Funcionamiento	Doble efecto					
Fluido	Aire					
Presión de prueba	1.5 MPa					
Presión máx. de trabajo	1.0 MPa					
Presión mín. de trabajo.	0.05 MPa					
Temperatura ambiente y de fluido	Sin detector magnético: -20 a 70 °C (sin congelación) Con detector magnético: -10 a 60 °C (sin congelación)					
Lubricación	No necesaria (sin lubricación)					
Velocidad del émbolo	50 a 1000 mm/s					
Tolerancia de carrera admisible	Carrera hasta 500: ${}^+2_0$ , carrera 501 a 1000: ${}^{+2.4}_0$ , Carrera de 1001 a 1500: ${}^{+2.8}_0$ , carrera 1501 a 2000: ${}^{+3.2}_0$					
Amortiguación	Amortiguación neumática en ambos extremos + Amortiguación elástica					
Tamaño de conexión	G 1/8	G 1/4	G 1/4	G 3/8	G 3/8	G 1/2
Montaje	Básico, escuadra, brida anterior, brida posterior, fijación oscilante macho, fijación oscilante hembra					

Tabla 3. Características técnicas. [4]

## Energía cinética admisible

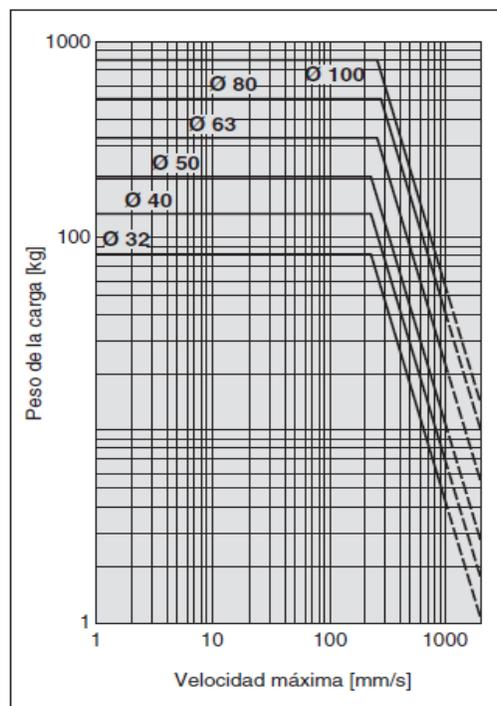


Figura 32. Energía cinética admisible.

Como la presión de trabajo es de 6[bar], se tienen las fuerzas de retroceso y de avance las cuales están muy sobradas, sin embargo, como ya se disponía de ellos y cumplen con las especificaciones se tomó la decisión de incorporarlos para reducir costos.

## Esfuerzo teórico



Diámetro [mm]	Tamaño de vástago [mm]	Dirección de funcionamiento	Área del émbolo [mm <sup>2</sup> ]	Presión de trabajo [MPa]								
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
32	12	OUT	804	161	241	322	402	482	563	643	724	804
		IN	691	138	207	276	346	415	484	553	622	691
40	16	OUT	1257	251	377	503	629	754	880	1006	1131	1257
		IN	1056	211	317	422	528	634	739	845	950	1056
50	20	OUT	1963	393	589	785	982	1178	1374	1570	1767	1963
		IN	1649	330	495	660	825	989	1154	1319	1484	1649
63	20	OUT	3117	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2805	3117
		IN	2803	561	841	1121	1402	1682	1962	2242	2523	2803
80	25	OUT	5027	1005	1508	2011	2514	3016	3519	4022	4524	5027
		IN	4536	907	1361	1814	2268	2722	3175	3629	4082	4536
100	25	OUT	7854	1571	2356	3142	3927	4712	5498	6283	7068	7854
		IN	7363	1473	2209	2945	3682	4418	5154	5890	6627	7363

Nota) Esfuerzo teórico [N] = Presión [MPa] x Área del émbolo [mm<sup>2</sup>]

Tabla 4. Esfuerzo teórico. <sup>[4]</sup>

Cilindro neumático SMC®CP96S-D-B-50-100CJ-A93		
$P = 6[\text{bar}]$	Presión de trabajo	600[kPa]
$e = 100[\text{mm}]$	Carrera	0.1[m]
$D_e = 50[\text{mm}]$	Diámetro del émbolo	0.05[m]
$D_v = 20[\text{mm}]$	Diámetro del vástago	0.02[m]
$n = 40[\text{ciclos}/\text{min}]$	Ciclos por minuto	
$eff = 70\%$	Eficiencia	
$P_{atm} = 7.5 \times 10^4 [\text{Pa}]$	Presión atmosférica	
$v = 3[\text{m}/\text{s}]$	Rapidez del actuador	180[m/min]
<b>Fuerza de avance</b>		<b>Fuerza de retroceso</b>
$F_{ideal} = 1178.097[\text{N}]$		$F_{ideal} = 989.6017[\text{N}]$
$F_{real} = 824.6681[\text{N}]$		$F_{real} = 692.7212[\text{N}]$

Tabla 5. Cálculo de esfuerzo teórico para actuadores sin vástago.

### 3.5.3.2 Selección de válvulas

Como se disponía de algunas válvulas similares a las que se han usado a lo largo de la carrera se decidió buscar las especificaciones de las mismas para ver si soportaban las especificaciones que se requieren, en cuestión de costo, presión de trabajo, voltaje de operación.

En la Tabla 6 se aprecian las características que nos proporcionan las válvulas con las que se cuentan “serie SY7000”.

En la Tabla 7 se puede ver el flujo que maneja la válvula en posesión, ya que todas son de conector de ¼.

Más adelante se aborda nuevamente este tema explicando detalladamente el funcionamiento de estos componentes.

## Características técnicas

Serie	SY3000				SY5000				SY7000				SY9000					
Fluido	Aire																	
Rango de presión de trabajo de pilotaje interno (MPa)	2 posiciones, monoestable		0.15 a 0.7															
	2 posiciones, biestable		0.1 a 0.7															
	3 posiciones		0.2 a 0.7															
Rango de presión de trabajo de pilotaje externo (MPa)	Rango de presión de trabajo		-100 kPa a 0.7															
	Rango de presión de pilotaje	2 pos., monoestable	0.25 a 0.7															
		2 pos., biestable	0.25 a 0.7															
		3 posiciones	0.25 a 0.7															
Temperatura ambiente y de fluido (°C)	-10 a 50 (Sin congelación. Consulte el anexo pág. 3.)																	
Frecuencia máx. de trabajo (Hz)	2 pos., monoestable, biestable		10				5				5				5			
	3 posiciones		3				3				3				3			
Accionamiento manual (Funcionamiento manual)	Pulsador sin enclavamiento, enclavamiento para destornillador, enclavamiento con mando giratorio																	
Método de escape pilotaje	Pilotaje interno		Escape común para válvula principal y válvula de pilotaje															
	Pilotaje externo		Escape individual de la válvula de pilotaje															
Lubricación	No necesaria																	
Posición de montaje	Cualquiera																	
Resistencia a impactos/vibraciones (m/s <sup>2</sup> ) <sup>Nota</sup>	150/30																	
Protección	A prueba de polvo (* conector DIN y conector M8: IP65)																	

Tabla 6. características técnicas. <sup>[5]</sup>

### Serie SY7000

Modelo de válvula	Tipo de función		Tamaño conexión	Características de caudal <sup>Nota 1)</sup>								Peso (g) <sup>Nota 2)</sup>			
				1 → 4/2 (P → A/B)				4/2 → 5/3 (A/B → EA/EB)				Salida directa a cable	Conec. enchufable L conec. enchufable M	Terminal DIN	Conector M8 W
				C (dm <sup>3</sup> /s-bar)	b	Cv	Ql (min) (ANR)	C (dm <sup>3</sup> /s-bar)	b	Cv	Ql (min) (ANR)				
SY7□40-□-02	2 pos.	Individual	¼	4.1	0.41	1.1	1123	4.1	0.29	1.0	1036	218 [89]	221 [92]	242 [113]	225 [96]
		Doble		3.0	0.43	0.80	834	2.6	0.41	0.72	712	237 [108]	242 [113]	284 [155]	250 [121]
	3 pos.	Centro cerrado		2.6	0.42	0.71	718	4.7 (1.7)	0.35 (0.48)	1.1 (0.49)	1235 (492)	239 [110]	245 [116]	287 [158]	253 [124]
		Centro a escape		5.3 (2.3)	0.39 (0.49)	1.3 (0.65)	1431 (670)	2.2	0.49	0.63	641				
SY7□40-□-03	2 pos.	Individual	¾	4.9	0.29	1.2	1238	4.5	0.27	1.1	1123	218 [89]	221 [92]	242 [113]	225 [96]
		Doble		3.0	0.40	0.80	816	2.6	0.45	0.73	734	237 [108]	242 [113]	284 [155]	250 [121]
	3 pos.	Centro cerrado		2.6	0.42	0.71	718	4.8 (1.7)	0.35 (0.48)	1.1 (0.49)	1261 (492)	239 [110]	245 [116]	287 [158]	253 [124]
		Centro a escape		5.3 (2.3)	0.31 (0.51)	1.3 (0.64)	1356 (682)	2.3	0.45	0.66	649				

Tabla 7. Caudal que manejan las válvulas SY7000 según la conexión. <sup>[5]</sup>

Como se puede ver, las válvulas con las que se cuenta están por encima del valor de nuestras especificaciones, sin embargo, como sí las soportan, se decidió usarlas, además de que promueve la reducción de costos.

## 3.5.3.3 Selección de mangueras

Con los datos de gasto y de presión necesarios para los actuadores, se dimensiona el diámetro de las mangueras que se necesitan para impulsar los mismos (Tabla 8).

<b>Mangueras para actuadores sin vástago</b>	
<b>Volumen del ciclo:</b> Volumen de aire desplazado en el embolo durante un ciclo completo.	$V = 0.000687 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{ciclo}} \right] = 0.687223 \left[ \frac{\text{lbs}}{\text{ciclo}} \right]$
<b>Consumo de aire (manométrico):</b> Es el consumo de aire en el actuador después del compresor (Volumen del ciclo X número de ciclos por minuto).	$Q_{\text{man}} = 0.027489 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right] = 27.48894 \left[ \frac{\text{lbs}}{\text{min}} \right] = 0.458149 \left[ \frac{\text{lbs}}{\text{s}} \right] = 0.687223 \left[ \frac{\text{lbs}}{\text{ciclo}} \right] = 0.000458 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \right]$
<b>Presión manométrica:</b> Presión de trabajo más la presión atmosférica.	$P_{\text{man}} = 6.75 \times 10^5 [\text{Pa}]$
<b>Consumo de aire (atmosférico):</b> Es el consumo de aire que se toma de la atmosfera antes de entrar al compresor (presión manométrica X consumo de aire) / presión atmosférica.	$Q_{\text{atm}} = 2.47 \times 10^{-1} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right] = 247.40 \left[ \frac{\text{lbs}}{\text{min}} \right] = 4.12334 \left[ \frac{\text{lbs}}{\text{s}} \right] = 6.185011 \left[ \frac{\text{lbs}}{\text{ciclo}} \right]$
<b>Diámetro manguera (acometida):</b> $Q=A \cdot V$ , se resuelve para el diámetro (mínimo), pero se considera una velocidad máxima típica de $20 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$ . Velocidades típicas en tuberías neumáticas para considerar flujo laminar.	$D_{\text{manguera}} = 0.005401 [\text{m}] = 5.400617 [\text{mm}]$
$Q=A \cdot V$ , se resuelve para el diámetro (máximo), pero se considera una velocidad máxima típica de $15 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$ . Velocidades típicas en tuberías neumáticas para considerar flujo laminar.	$D_{\text{manguera}} = 0.006236 [\text{m}] = 6.236096 [\text{mm}]$
<b>Para 2 actuadores lineales:</b> $Q=A \cdot V$ , se resuelve para el diámetro, pero se considera una velocidad máxima típica de $20 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$ . Velocidades típicas en tuberías neumáticas para considerar flujo laminar.	$Q_{\text{man}} = 0.055 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right] = 54.98 \left[ \frac{\text{lbs}}{\text{min}} \right] = 0.92 \left[ \frac{\text{lbs}}{\text{s}} \right] = 1.37 \left[ \frac{\text{lbs}}{\text{ciclo}} \right] = 1.37 \times 10^{-3} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{ciclo}} \right]$
$Q=A \cdot V$ , se resuelve para el diámetro, pero se considera una velocidad máxima típica de $15 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$ . Velocidades típicas en tuberías neumáticas para considerar flujo laminar.	$Q_{\text{atm}} = 4.95 \times 10^{-1} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right] = 494.80 \left[ \frac{\text{lbs}}{\text{min}} \right] = 8.25 \left[ \frac{\text{lbs}}{\text{s}} \right] = 12.37 \left[ \frac{\text{lbs}}{\text{ciclo}} \right] = 1.24 \times 10^{-2} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{ciclo}} \right]$
<b>Diámetro manguera (principal):</b>	$D_{\text{min}} = 0.00764 [\text{m}] = 7.64 [\text{mm}]$ $D_{\text{max}} = 0.00882 [\text{m}] = 8.82 [\text{mm}]$
<b>Rapidez del embolo:</b>	$V = 0.933 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] = 933.33 \left[ \frac{\text{mm}}{\text{s}} \right]$

Tabla 8. Diámetros de mangueras.

<b>Mangueras para actuadores con vástago</b>	
<b>Volumen del ciclo:</b>	
Volumen de aire desplazado en el embolo durante un ciclo completo.	$V = 0.000361 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{ciclo}} \right] = 0.361 \left[ \frac{\text{Its}}{\text{ciclo}} \right]$
<b>Consumo de aire (manométrico):</b>	
Es el consumo de aire en el actuador después del compresor (Volumen del ciclo X número de ciclos por minuto).	$Q_{\text{man}} = 0.0145 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right] = 14.45 \left[ \frac{\text{Its}}{\text{min}} \right] = 0.241 \left[ \frac{\text{Its}}{\text{s}} \right] = 0.361 \left[ \frac{\text{Its}}{\text{ciclo}} \right] = 2.41 \times 10^{-4} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \right]$
<b>Presión manométrica:</b>	
Presión de trabajo más la presión atmosférica.	$P_{\text{man}} = 6.75 \times 10^5 \text{ [Pa]}$
<b>Consumo de aire (atmosférico):</b>	
Es el consumo de aire que se toma de la atmosfera antes de entrar al compresor (presión manométrica X consumo de aire) / presión atmosférica.	$Q_{\text{atm}} = 1.3 \times 10^{-1} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right] = 130.06 \left[ \frac{\text{Its}}{\text{min}} \right] = 2.17 \left[ \frac{\text{Its}}{\text{s}} \right] = 3.25 \left[ \frac{\text{Its}}{\text{ciclo}} \right]$
<b>Diámetro manguera (acometida):</b>	
$Q=A \cdot V$ , se resuelve para el diámetro (mínimo), pero se considera una velocidad máxima típica de $20 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$ . Velocidades típicas en tuberías neumáticas para considerar flujo laminar.	$D_{\text{man}} = 0.00392 \text{ [m]} = 3.92 \text{ [mm]}$
$Q=A \cdot V$ , se resuelve para el diámetro (máximo), pero se considera una velocidad máxima típica de $15 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$ . Velocidades típicas en tuberías neumáticas para considerar flujo laminar.	$D_{\text{man}} = 0.00452 \text{ [m]} = 4.52 \text{ [mm]}$
<b>Para 2 actuadores lineales:</b>	
$Q = A \cdot V$ , se resuelve para el diámetro, pero se considera una velocidad máxima típica de $20 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$ . Velocidades típicas en tuberías neumáticas para considerar flujo laminar.	$Q_{\text{man}} = 0.029 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right] = 28.90 \left[ \frac{\text{Its}}{\text{min}} \right] = 0.48 \left[ \frac{\text{Its}}{\text{s}} \right] = 0.722 \left[ \frac{\text{Its}}{\text{ciclo}} \right] = 7.22 \times 10^{-3} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{ciclo}} \right]$
$Q = A \cdot V$ , se resuelve para el diámetro, pero se considera una velocidad máxima típica de $15 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$ . Velocidades típicas en tuberías neumáticas para considerar flujo laminar.	$Q_{\text{atm}} = 2.6 \times 10^{-1} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right] = 260.12 \left[ \frac{\text{Its}}{\text{min}} \right] = 4.33 \left[ \frac{\text{Its}}{\text{s}} \right] = 6.5 \left[ \frac{\text{Its}}{\text{ciclo}} \right] = 6.50 \times 10^{-3} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{ciclo}} \right]$
<b>Diámetro manguera (principal):</b>	$D_{\text{min}} = 0.00553 \text{ [m]} = 5.53 \text{ [mm]}$ $D_{\text{max}} = 0.0063 \text{ [m]} = 6.3 \text{ [mm]}$
<b>Velocidad del embolo:</b>	$V = 0.7666 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] = 766.66 \left[ \frac{\text{mm}}{\text{s}} \right]$

Tabla 8. Diámetros de mangueras (continuación).

### 3.5.3.4 Selección unidad de mantenimiento

Para seleccionar la unidad de mantenimiento nos apoyamos de los cálculos anteriormente realizados, ya que estas las venden dependiendo del consumo que se requiere en conjunto y de la presión de trabajo, así que en la Tabla 9 podemos ver el consumo total de la máquina volteadora de bolsas.

<b>Considerando el ciclo de operación de la máquina</b>	
Consumo de aire para cilindros = 394.89[lts/min]	
	Eyectores = 0.436[lts/ciclo]
	Cilindros cabezales = 3.252[lts/ciclo]
	Cilindros ariete y mesa = 6.185[lts/ciclo]

Tabla 9. Consumo total de aire.

Revisando los catálogos de SMC® de unidades de mantenimiento, se tomó la decisión de adquirir la unidad de mantenimiento AC30-B, ya que en la gráfica mostrada en la Figura 33 se puede ver el comportamiento de esta, de acuerdo con el consumo que se le demande, como podemos observar para el gasto que necesitamos tenemos una caída de presión de 0.05 [MPa], lo cual es aceptable para los actuadores que se están usando.

Diagrama neumático (ver anexo Diagrama Neumático General).

### 3.5.4 Sistema Eléctrico y de Programación

En este apartado se lleva a cabo el proceso utilizado para la selección de los componentes eléctricos que integran el tablero de control, así como la instrumentación e instalación de electroválvulas para la máquina volteadora de bolsas. También se aborda de manera general el algoritmo con el que se programa el PLC para este caso particular.

#### 3.5.4.1 Selección de sensores y botones

Debido a los actuadores que se seleccionaron para realizar el ciclo de la máquina, se decidió que los sensores que se debían utilizar son sensores magnéticos tipo Reed. Para comprender mejor el funcionamiento de los sensores tipo Reed, se procederá a dar una breve explicación:

El sensor magnético tipo Reed switch es un dispositivo electromecánico que tiene la función de detectar un campo magnético (p. ej. la posición de un imán en un cilindro neumático). Consta de dos láminas de material ferromagnético (hierro-níquel) que están dentro de una cápsula de vidrio con un gas inerte (nitrógeno), que al ser sometidas a un campo magnético, tienden a atraerse y hacer contacto entre sí, cerrando el circuito, permitiendo así el paso de la corriente (ver Figura 34).

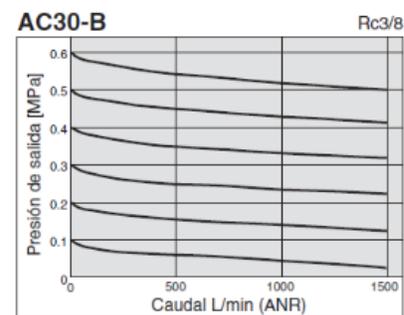


Figura 33. Gráfica de caída de presión de acuerdo al caudal consumido. <sup>[6]</sup>

Teniendo estos antecedentes, se realizó la selección de los sensores Reed switch (ver Figura 35) con las especificaciones siguientes:

- Voltaje de operación 24 [VCD].
- Normalmente abiertos (NA).
- Sean ajustables a los actuadores neumáticos.

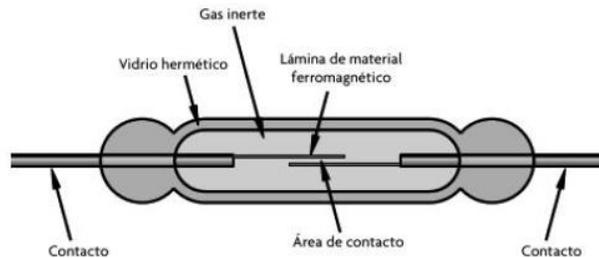


Figura 34. Arquitectura típica de un Reed switch. [7]



Figura 35. Sensor Reed switch D-A93. [8]

Las dimensiones y descripción de las partes, así como el esquemático (circuito interno) del Reed switch se especifican en las figuras 36 y 37.

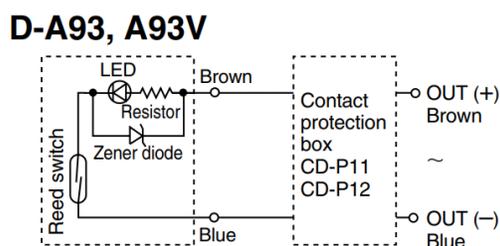


Figura 36. Dimensiones del Reed switch D-A93. [8]

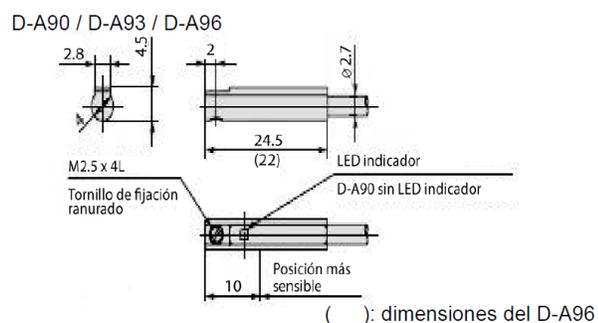


Figura 37. Circuito interno del Reed switch. [8]

Otra de las señales de entrada indispensables para el funcionamiento de la máquina, son los botones, ya que estos mandan la señal al PLC para poder iniciar el ciclo o detenerlo, según sea el caso. Para el primer caso, es decir, mandar la señal de inicio del ciclo, se decidió utilizar botones pulsadores normalmente abiertos, es decir, cuando se pulsa el botón se cierra el contacto y envía

la señal, una vez que se suelta, se vuelve a abrir el contacto. Dado que estos son modulares, requieren de 3 piezas para su montaje.

Los botones de paro de emergencia se seleccionaron tipo hongo, de tal manera que sean vistosos y de fácil accionamiento. Se decidió que fueran botones enclavados normalmente cerrados, es decir, que el contacto solo se abre cuando se acciona el botón y este permanece enclavado hasta que se gira el botón se vuelve a cerrar el contacto. Al igual que los pulsadores, los botones enclavados de tipo hongo son modulares y constan de 3 piezas.

Finalmente, para indicar el estado actual del proceso de la máquina, se decidieron utilizar lámparas piloto en color verde para indicar los operadores que el proceso ha iniciado y en color rojo para indicar que se ha activado el paro de emergencia por alguno de los operadores. Al igual que los botones, las lámparas indicadoras de Allen Bradley son modulares y constan de 3 piezas. En las Tabla 10, 11 y 12 se muestran los componentes que integran tanto los botones como las lámparas piloto.



Figura 38. Montaje de los botones y lámparas Allen Bradley. <sup>[9]</sup>

La forma en la que se debe montar cada una de las piezas de los botones y lámparas piloto, se muestra en la Figura 38.

Operador	Nombre	Marca	Nº. de parte	Descripción
	Botón enclavado de paro de emergencia	Allen Bradley	800FP-MT44	*Desbloqueo por rotación *Tipo hongo *Diámetro 40[mm] *Plástico
	Botón pulsador	Allen Bradley	800FP-P3	*Sin iluminación *Tipo rasante *Diámetro 22[mm] *Plástico
	Lámpara piloto (Verde y Roja)	Allen Bradley	800FM-P3 800FM-P4	*Plástico *Tipo rasante *Diámetro 22[mm]

Tabla 10. Operadores Allen Bradley. <sup>[9]</sup>

Block	Nombre	Marca	N°. de parte	Descripción
	Block de contacto 1N.A.(Normalmente Abier- to)	Allen Bradley	800F-X10	*Contactor N.A. *Plástico
	Block de contacto 1N.C.(Normalmente Cerra- do)	Allen Bradley	800F-X01	*Contactor N.C. *Plástico
	Block de LED integrado	Allen Bradley	800F-N3	*Voltaje 24[VCD] *Corriente 250[mA]

Tabla 11. Block de contacto Allen Bradley. <sup>[9]</sup>

Soporte	Nombre	Marca	N°. de parte	Descripción
	Enclavamiento	Allen Bradley	800F-ALP	*Soporte para block y operador *Plástico

Tabla 12. Soporte Allen Bradley. <sup>[9]</sup>

### 3.5.4.2 Selección del PLC y fuentes de alimentación

Para controlar los procesos de la máquina, se utiliza un PLC debido a que se desea que los actuadores sean neumáticos y control ON/OFF. Un PLC por sus siglas en inglés *Programmable Logic Controller*, es una forma especial de controlador basado en microprocesador que utiliza una memoria programable para almacenar instrucciones e implementar funciones tales como lógica, secuenciación, temporización, conteo y aritmética para controlar máquinas y procesos. <sup>[15]</sup>

Lo primero que se hizo, fue identificar en una tabla el número de entradas y salidas necesarias para los dos módulos, ya que a partir de esto se pudo seleccionar un PLC que contará con los requerimientos. Dado que se requieren 22 entradas para sensores y botones, y 20 salidas para activar las electroválvulas que mueven los actuadores y lámparas indicadoras (E/S para dos máquinas), se decidió elegir un PLC Allen Bradley Micro850 debido a que posee 48 E/S, además que se puede programar en varios lenguajes (Grafset, Escalera, etc.). Ver anexos Tabla A2 Asignación de entradas y salidas del PLC.

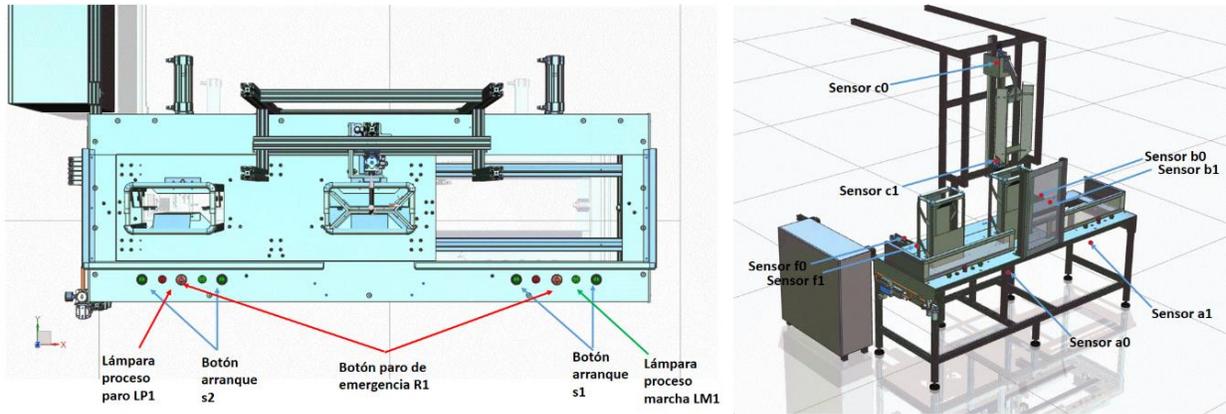


Figura 39. Diagramas de asignación de entradas y salidas.

Algunas de las especificaciones más importantes se observan en la Figura 40:



Especificaciones generales	
<b>Marca:</b>	Allen Bradley
<b>Descripción:</b>	Microcontrolador 850, ethernet/ip, 28 entradas a 24[VCD/VCA], 20 salidas a relé, alimentación a 24 [VCD].
<b>Consumo de Potencia:</b>	33[W]
<b>Dimensiones:</b>	216x100x [mm]
<b>Peso:</b>	0.725 [Kg]
<b>Número de parte:</b>	2080-LC50-48QWB

Figura 40. PLC Micro850 Allen Bradley. <sup>[10]</sup>

El PLC Micro850, es un controlador lógico programable (PLC) tipo ladrillo que posee 48 puntos (28 entradas y 20 salidas). Es un PLC modular, por lo que se le pueden incorporar hasta 5 módulos de entradas y/o salidas. Utiliza una fuente de alimentación eléctrica de 24 [VCD]. Tanto en la Figura 41 como en la Tabla 13, se muestra un diagrama con las partes del Micro850 y se describen a detalle cada una de ellas.

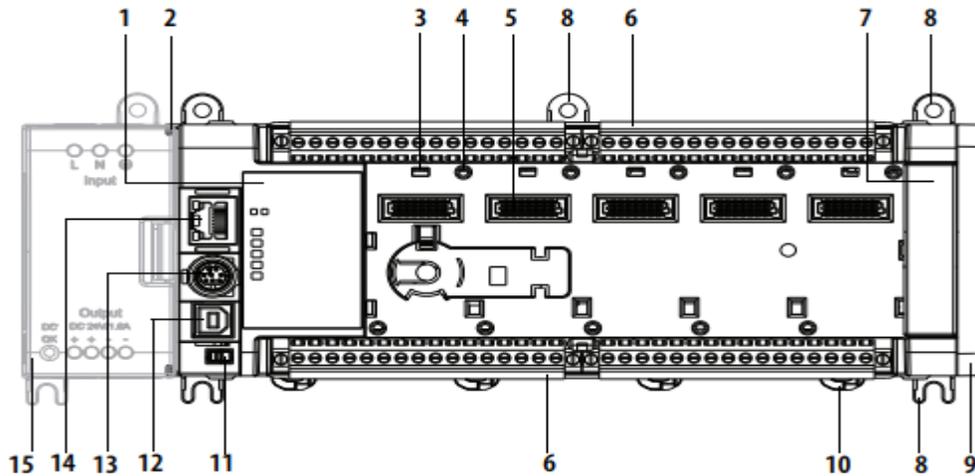


Figura 41. Arquitectura del PLC Micro850. <sup>[10]</sup>

	Descripción		Descripción
1	Indicadores de estado	9	Cubierta de ranura de E/S de expansión
2	Ranura de fuente de alimentación eléctrica opcional	10	Seguro de montaje en riel DIN
3	Seguro enchufable	11	Interruptor de modo
4	Agujero para tornillo de módulo enchufable	12	Puerto USB de conector Tipo B
5	Conector enchufable de alta velocidad de 40 pines	13	Puerto en serie combinado no aislado RS232/RS485
6	Bloque de terminales E/S extraíble	14	Conector RJ-45 EtherNet/IP (con indicadores LED amarillo y verde incorporados)
7	Cubierta del lado derecho	15	Fuente de alimentación eléctrica de CA opcional
8	Agujero para tornillo de montaje/pie de montaje		

Tabla 13. Descripción de las partes que componen al Micro850. <sup>[10]</sup>

Para realizar la selección de la fuente para alimentar el PLC Micro850 y los sensores magnéticos tipo Reed, se realizó el cálculo de la potencia necesaria. Para ello se realiza la suma de la potencia que consume el PLC y todos los sensores (ver Tabla 14).

Elemento	Cantidad	Voltaje [V]	Potencia [W]	Potencia Total [W]
PLC Micro850	1	24	33	33
Sensor tipo Reed	8	24	0.168	1.344

Tabla 14. Potencia consumida por elementos de entrada.

Para calcular la potencia consumida por los sensores tipo Reed ( $P_S$ ), se tiene que  $V_{CD}=24[V]$  y la corriente consumida ( $I_S$ ) es  $7[mA]$ , sabiendo la expresión para calcular la potencia:

$$P_S = V_{CD} \cdot I_S \dots \dots \dots (3.10)$$

Sustituyendo los datos de la tabla 14 en ecuación 3.10:

$$P_S = 24[V] \cdot 0.007[A] = 0.168[W].....(3.11)$$

Para obtener la potencia de la fuente de alimentación, simplemente se realiza la suma de potencias tomando en cuenta que se tienen ocho sensores tipo Reed:

$$P_T = P_{PLC} + 8P_S.....(3.12)$$

Dónde  $P_T$  es la potencia total del circuito y  $P_{PLC}$  la correspondiente al PLC.

Sustituyendo datos en ecuación 3.12:

$$P_T = 33[W] + 8(0.168)[W] = 34.44[W].....(3.13)$$

Una vez que se tienen los datos de la potencia consumida por el Micro850 y los ocho sensores, se puede decir que la fuente debe ser de 24 [VCD] a 34.344[W], sin embargo, una fuente con esa potencia no existe comercialmente hablando, por lo que se debe elegir una cercana pero siempre por encima de nuestro valor. Se eligió la fuente de alimentación externa para la familia Micro800 (ver Figura 42).

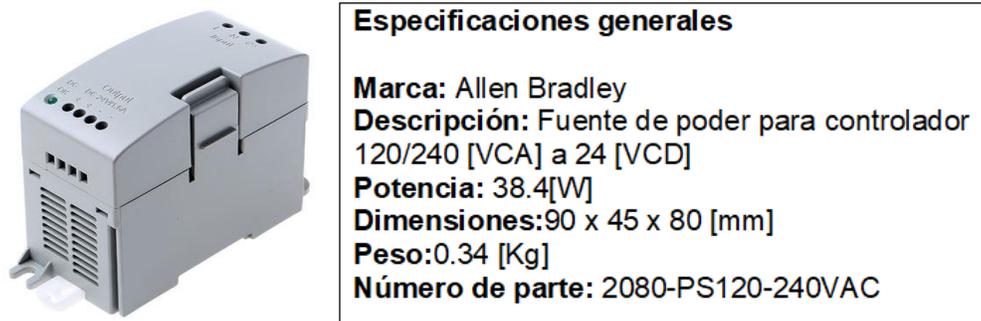


Figura 42. Fuente de alimentación F1. <sup>[10]</sup>

En el diagrama que se presenta en la Figura 49 y apoyándose en la Tabla 8, se describen los pines de conexiones de entrada y salida de la fuente.

En este caso como se aprecia, no se agregó directamente un factor de seguridad, sin embargo, el cálculo de la potencia se hizo tomando considerando que todos los sensores estarían encendidos, y en la práctica, es muy poco probable que esto suceda y en el caso que se diera esta situación, la fuente está capacitada para soportar dicha carga.

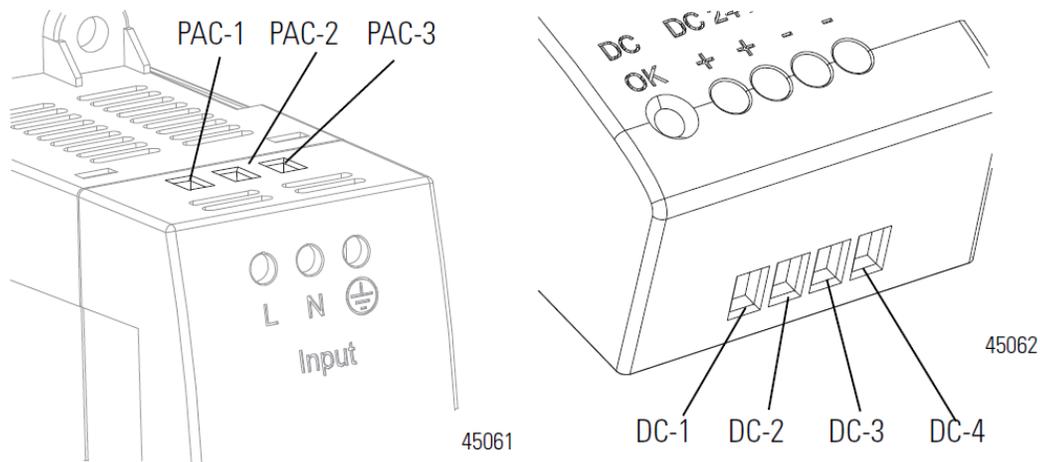


Figura 43. Pines de conexión de la fuente Micro800. <sup>[10]</sup>

AC Input Connectors			DC Output Connectors (DC 24V/ 1.6 A)		
PAC-1	AC hot	100...240V AC	DC-1	+	
PAC-2	AC neutral	100...240V AC	DC-2	+	
PAC-3	Safety ground		DC-3	-	
			DC-4	-	

Tabla 15. Descripción de los pines de E/S de la fuente Micro800. <sup>[10]</sup>

Selección de fuente de alimentación para salidas del PLC e interruptores magnéticos.

Como se ha mencionado, para alimentar los elementos de salida (actuadores), es necesario tener una fuente de alimentación de voltaje independiente, ya que como se sabe, las salidas del PLC son a relevador, lo cual se traduce a que entregan una salida a 0[V]. Para realizar el cálculo de la fuente, es necesario conocer cuántos elementos se van a alimentar, cual es la corriente y el voltaje que consume cada uno de estos, se usaron electroválvulas como elementos para activar los pistones. Para tener una mejor idea de lo que es una electroválvula, cuál es su funcionamiento y los diferentes tipos que existen, se tiene que explicar a detalle cada uno de estos puntos.

Una válvula distribuidora es un elemento mecánico, neumático, hidráulico o eléctrico que sirve para controlar el arranque, paro y sentido de movimiento de un actuador neumático. Esta válvula dirige el aire comprimido hacia las distintas vías para poder realizar dichas acciones <sup>[4]</sup>. La simbología y nomenclatura básica de una válvula distribuidora según la DIN-ISO 1219 (International Standard Organization) y CETOP (Comité Europeo de Transmisiones Oleo hidráulicas y Neumáticas) se muestra en la Figura 44 y en la Tabla 16.

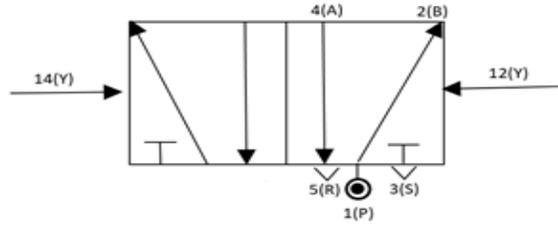


Figura 44. simbología de una válvula 5/2 biestable.

ISO 1219 Alfabética	CETOP Numérica	Función
P	1	Conexión del aire comprimido(alimentación)
A,B,C	2,4,6	Tubería o vías de trabajo
R,S,T	3,5,7	Orificios de purga o escape
X,Y,Z	12,14,16	Tuberías de control, pilotaje o accionamiento
L	9	Fuga

Tabla 16. Nomenclatura de válvulas.

Para identificar una válvula se debe indicar el número de vías y posiciones, si es monoestable o biestable y el tipo de accionamiento, por lo que para la Figura 50, quedaría como ‘Válvula 5/2 biestable de accionamiento neumático’.

El funcionamiento de las electroválvulas 5/2 monoestables es el siguiente: Al mandar una señal eléctrica al pilotaje (14), se activa la señal neumática que mueve el actuador. Una vez que se desactiva la señal eléctrica del pilotaje (14), la electroválvula regresa a su posición inicial por efecto del muelle de regreso.

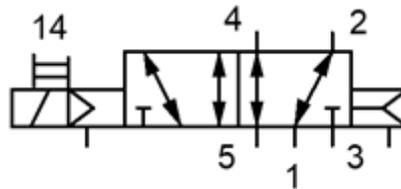


Figura 45. Electroválvula 5/2 monoestable.

El funcionamiento de la electroválvula 5/3 biestable es el siguiente: En la posición inicial (posición central), las conexiones neumáticas 1 y 5 se encuentran cerradas. La válvula conmuta las señales neumáticas al mandar una señal eléctrica al pilotaje 14 y 12. Al desactivar la señal eléctrica, regresa a la posición inicial (ver Figura 46).

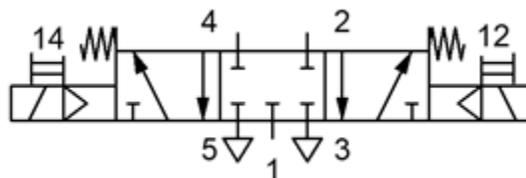


Figura 46. Electroválvula 5/3 biestable.

Sabiendo lo referente a las electroválvulas, se seleccionaron de tal manera que cumplieran con las necesidades. Se decidió utilizar electroválvulas de la marca SMC que se muestran a continuación en las Figuras 47 y 48.



Figura 47. Electrovalvula 5/2 monoestable SMC. <sup>[5]</sup>

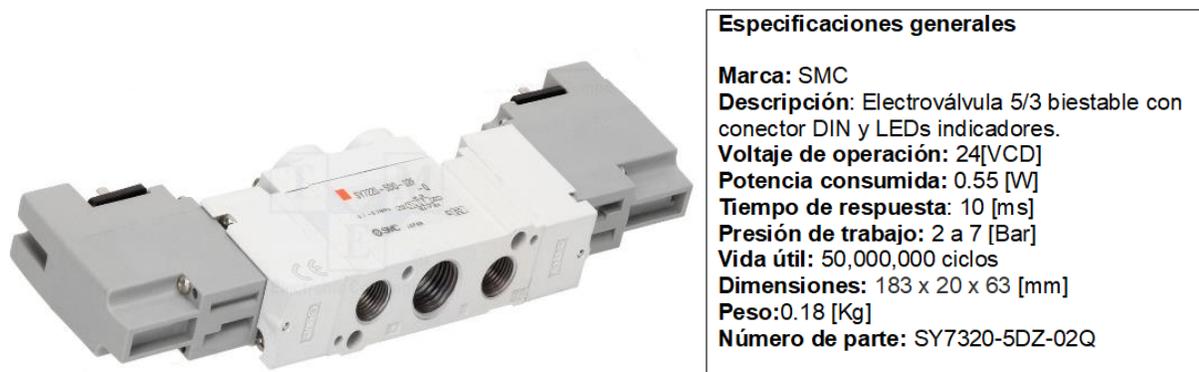


Figura 48. Electrovalvula 5/3 biestable SMC. <sup>[5]</sup>

Como se observa en la Tabla 5 la asignación de entradas y salidas del PLC, existen 8 elementos de salida (electrovalvulas y lámparas piloto), por lo que, conociendo las especificaciones de voltaje y potencia, es posible realizar el cálculo (ver Tabla 17). Se utilizan 2 electrovalvulas 5/3 biestables, 4 electrovalvulas 5/2 monoestables y 2 lámparas piloto.

Elemento	Cantidad	Voltaje [V]	Potencia [W]	Potencia Total [W]
Electrovalvula 5/3 biestable NC	2	24	0.55	1.1
Electrovalvula 5/2 monoestable NC	4	24	0.55	2.2
Lámpara piloto LED	4	24	6	24

Tabla 17. Potencia consumida por elementos salida.

Para calcular la potencia que consumen las lámparas piloto  $P_P$ , se tiene que  $V_{CD}=24[V]$  y la corriente consumida ( $I_P$ ) es  $250[mA]$ , por lo tanto, se ocupa la siguiente ecuación:

$$P_P = V_{CD} \cdot I_P \dots \dots \dots (3.14)$$

Sustituyendo los datos en ecuación 3.14:

$$P_P = 24[V] \cdot 0.250[A] = 6[W] \dots \dots \dots (3.15)$$

Para obtener la potencia de la fuente de alimentación  $P_F$ , simplemente se realiza la suma de potencias:

$$P_F = P_{v5/3} + P_{v5/2} + P_P \dots \dots \dots (3.16)$$

Sustituyendo datos en ecuación 3.16:

$$P_F = 1.1[W] + 2.2[W] + 24[W] = 27.3[W] \dots \dots \dots (3.17)$$

Por lo tanto, se obtiene que la fuente para alimentar los elementos de salida del PLC debe tener un voltaje de  $24[V_{CD}]$  a  $27.3 [W]$ . De igual manera, dado que no existe fuente que entregue exactamente la potencia calculada, se decidió elegir una de  $24[V_{CD}]$  a  $30[W]$ , que es el valor más cercano (ver Figura 49).

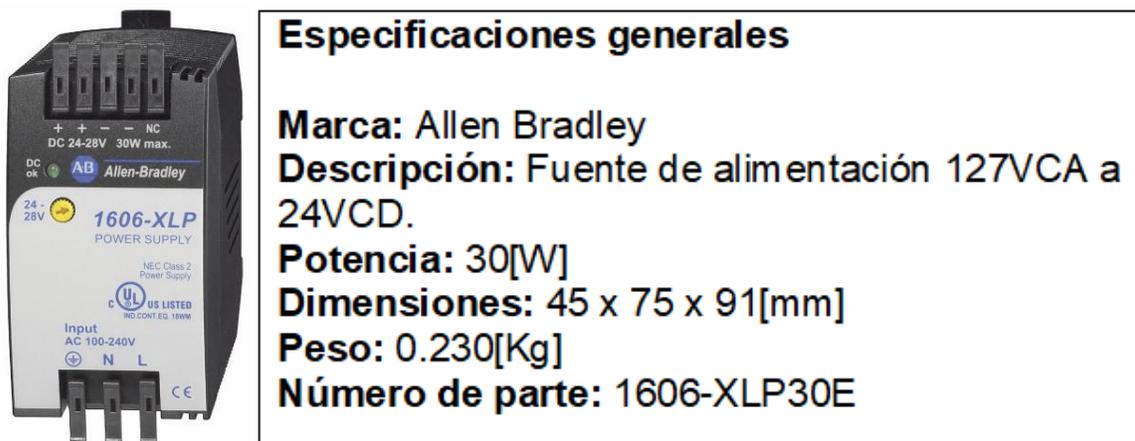


Figura 49. Fuente de alimentación F2. <sup>[11]</sup>

### 3.5.4.3 Selección de los elementos de protección

Se utiliza una pastilla magnética de 2 polos a  $10 [A]$  (ver Figura 50) como interruptor para el PLC y elementos de entrada y una pastilla magnética de un polo a  $10[A]$  (ver Figura 51) como interruptor de los elementos de salida (fuente de alimentación F2, electroválvulas y lámparas piloto).

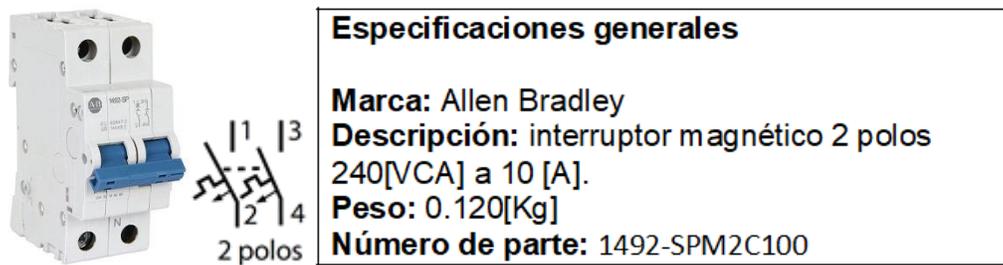


Figura 50. interruptor magnético 2 polos Q0. [12]

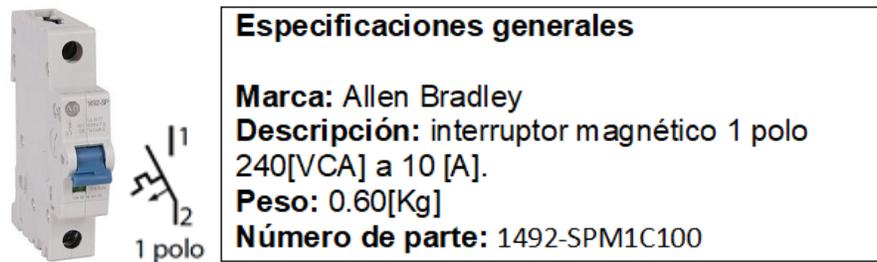


Figura 51. interruptor magnético 1 polo Q1. [12]

En la Figura 52 se muestra la descripción de cada una de las partes que conforman a los interruptores magnéticos.

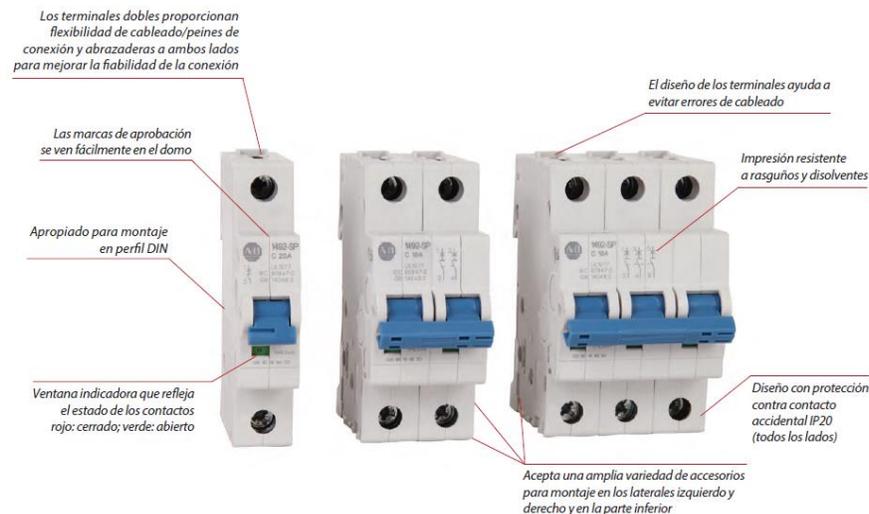


Figura 52. Descripción general de los interruptores magnéticos. [12]

#### 3.5.4.4 Montaje y distribución de los elementos eléctricos y de control en la platina

Antes de realizar el ensamble físico de los elementos del tablero de control de la máquina, se realizó una representación en 3D en un software de CAD (ver Figura 53 y 54) para poder distribuir los elementos de una manera correcta, cuidando que exista una separación mínima de 2 pulgadas entre los elementos eléctricos de potencia (fuentes de alimentación) y paredes del gabinete,

esto según los manuales de instalación, ya que debe existir esa separación para permitir una buena ventilación y evitar sobrecalentamiento de los elementos eléctricos.

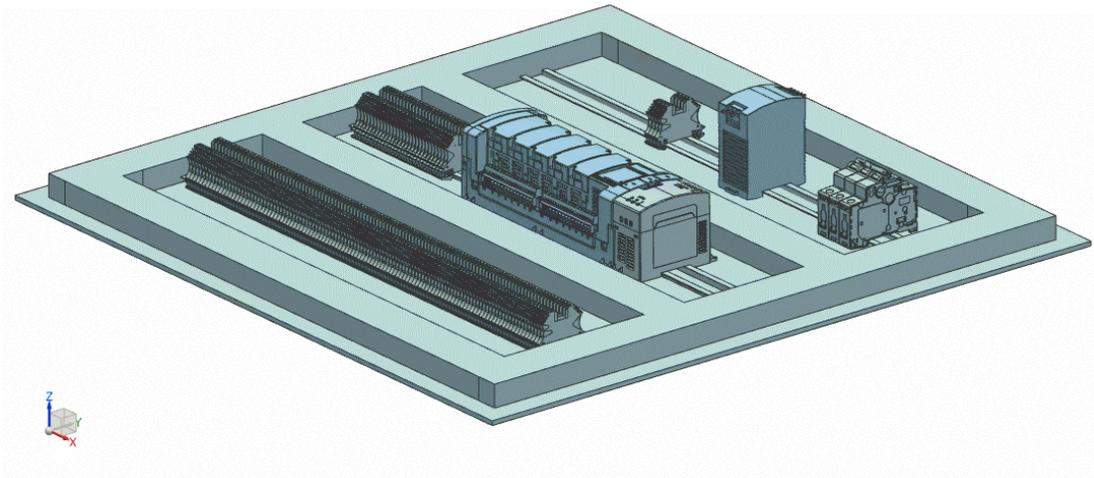


Figura 53. Modelo 3D del tablero de control.

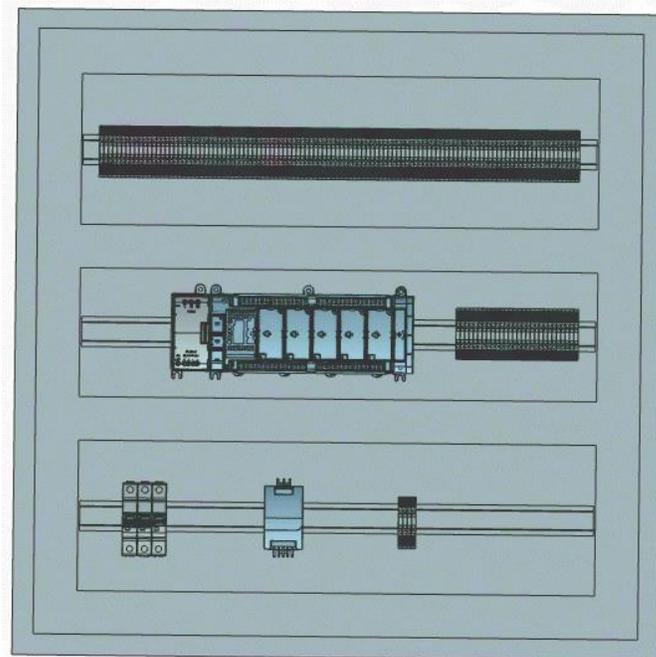
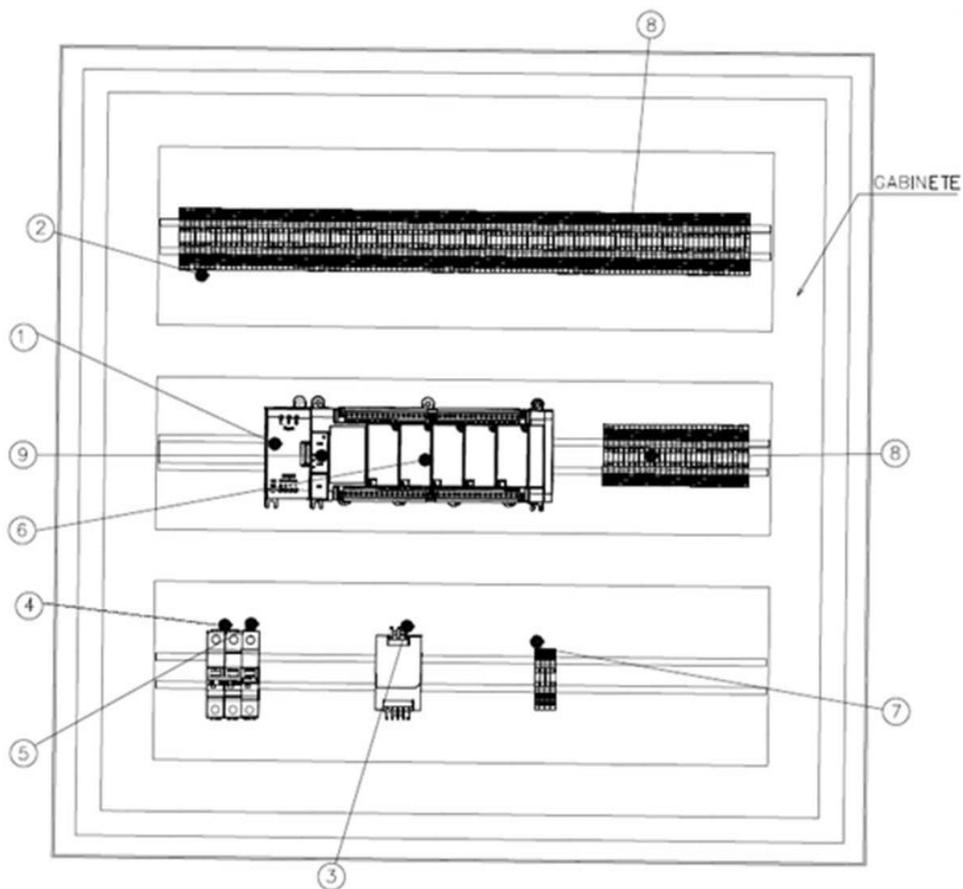


Figura 54. Modelo 3D del tablero de control y gabinete.

En la Figura 55, se muestra un diagrama mecánico de todos los elementos. Una vez teniendo este diagrama, se realizó el ensamble de los elementos sobre el tablero o platina:

1. Se remacha la canaleta de plástico para cables de 50 [mm], ya que dentro de esta se ordenan todos los cables de las conexiones eléctricas.
2. En seguida, se remacha el riel *DIN*. Este sirve para montar o desmontar los elementos eléctricos de forma rápida en caso que se requiera.

3. Se colocan las clemas de conexión y de tierra, PLC, interruptores y fuentes sobre los 3 rieles DIN, siguiendo la distribución del diagrama mostrado en la Figura 55.



COMP	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANT.	MARCA
1	RIEL DIN	PDI1629	3	PANDUIT
2	CANALETA PARA CABLES	PDI88053	6	ALLEN BRADLEY
3	FUENTE DE PODER 30 W,24 VCD	PDI49694	1	ALLEN BRADLEY
4	INTERRUPTOR 1 POLO,10 A	PDI123778	1	ALLEN BRADLEY
5	INTERRUPTOR 2 POLOS, 10 A	PDI123788	1	ALLEN BRADLEY
6	PLC-850 24 VCD/VCA	PDI114038	1	ALLEN BRADLEY
7	CLEMAS TIERRA	PDI54203	-	ALLEN BRADLEY
8	CLEMAS SENCILLAS	PDI54128	-	ALLEN BRADLEY
9	FUENTE DE PODER(PLC) 30 W,24 VCD	PDI49694	1	ALLEN BRADLEY

Figura 55. Distribución del tablero de control.

Las conexiones eléctricas se realizaron siguiendo los diagramas de conexiones para los interruptores y fuentes (ver Figura 56), además de los diagramas de entradas y salidas del *PLC* Micro850. Para realizar estas conexiones, se utilizó cable mono polar para tableros de control AWG calibre 14 con aislamiento termoplástico capaz de soportar 600[V]/105[°C], ya que en el manual de instalación del *PLC* se recomienda el uso de este para un mejor funcionamiento. Así mismo,

se decidió usar clemas de conexión debido a su facilidad y versatilidad para realizar conexiones en los tableros.

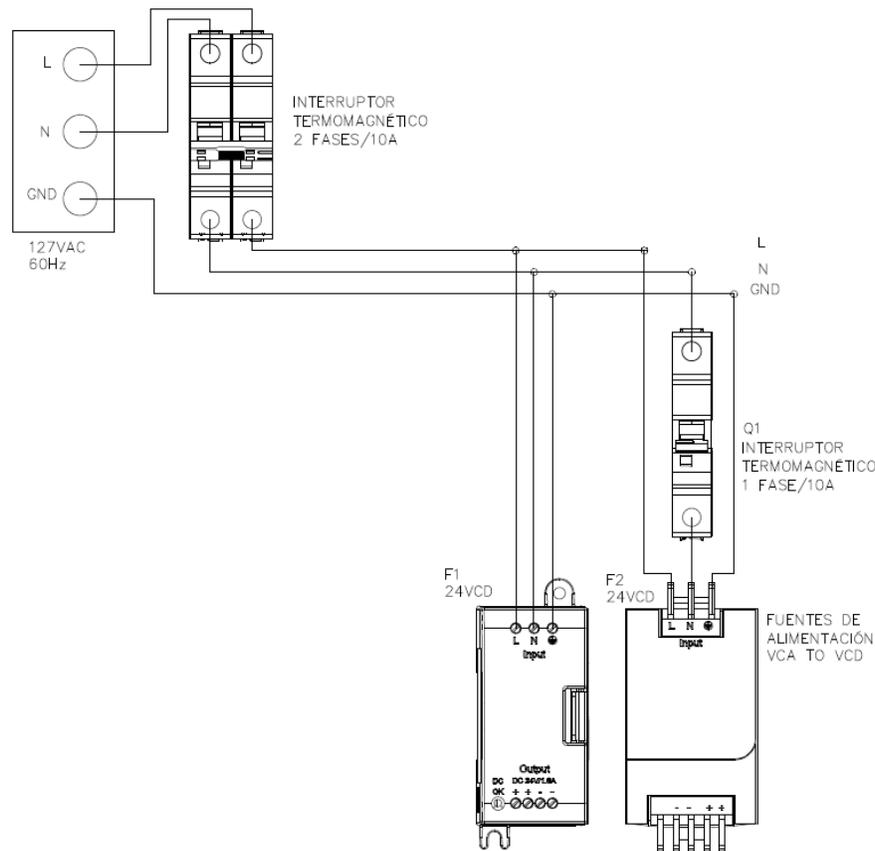


Figura 56. Diagrama de conexión de fuentes de alimentación.

En los diagramas de las Figuras 57 y 58, se indica a que clema del tablero se conecta cada punto de entrada y salida del *PLC* Micro850.

#### 3.5.4.5 Selección del gabinete

El tablero de control para la máquina se desea instalar dentro de la planta de la empresa que produce las bolsas ecológicas, tomando esto en cuenta, se hicieron consultas a la norma *NEMA* (*National Electrical Manufacturers Association*), para saber qué grado de protección necesita el gabinete de acuerdo con las condiciones que se tienen en el lugar de instalación.

Partiendo del hecho de que la máquina estaría en el interior de la planta y en contacto con fibras de tela y partículas de polvo, se revisó en la tabla de grados de protección según la norma *NEMA* 250 para envoltentes<sup>[13]</sup> que se muestra (ver anexo Tabla A1).

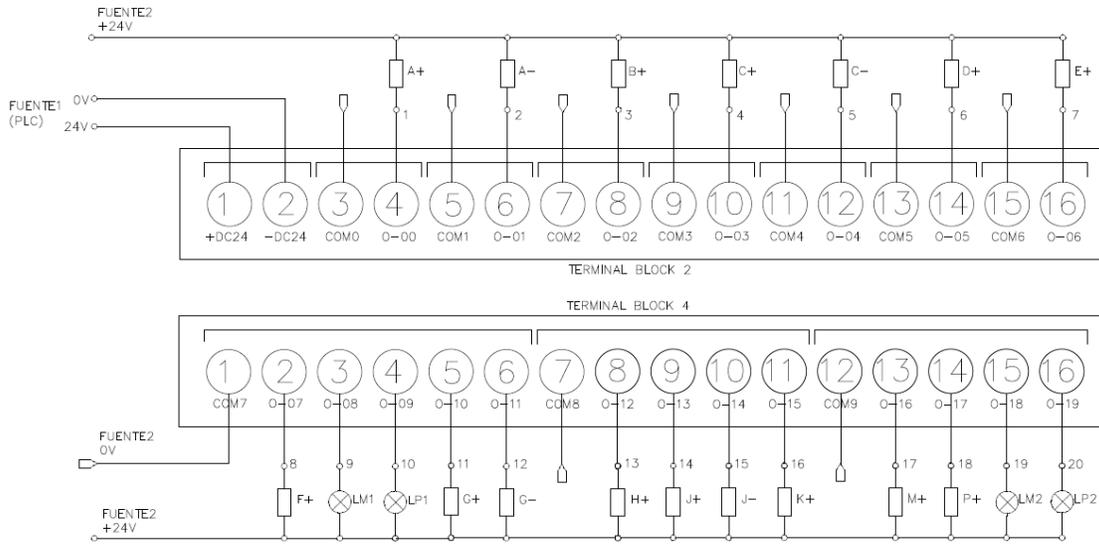


Figura 57. Diagrama de conexiones de salidas del PLC.

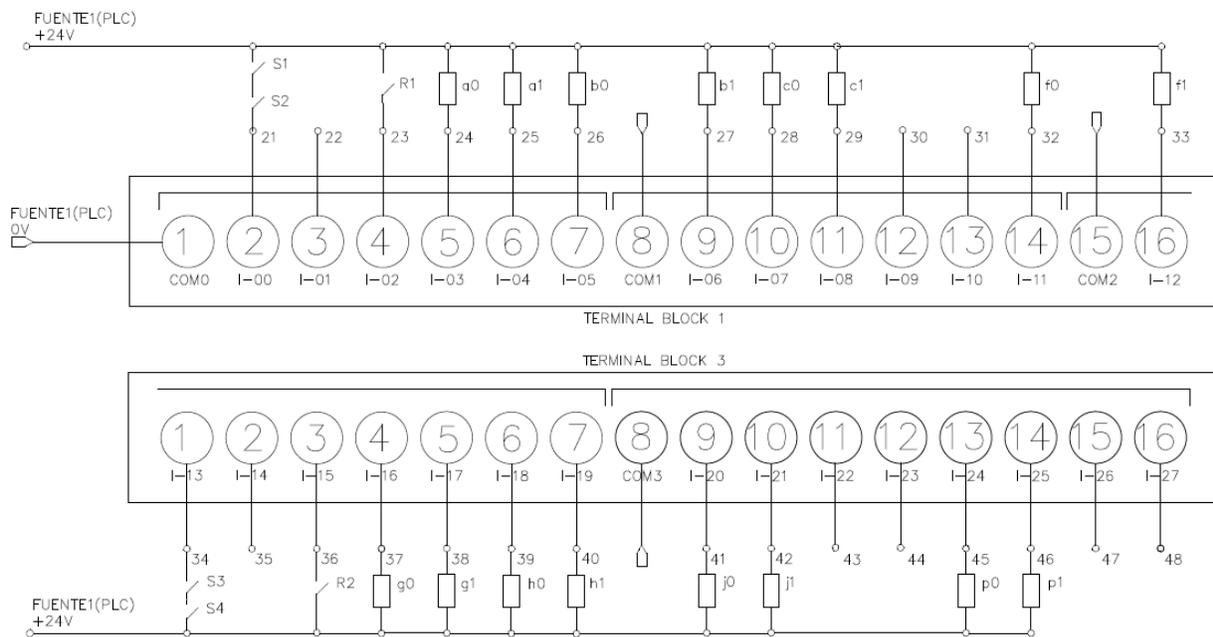


Figura 58. Diagrama de conexiones de entradas del PLC.

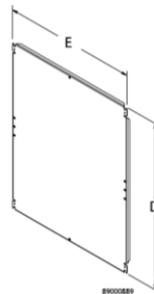
Se observa que el grado de protección que cumple con los requerimientos son los tipos 5 y 12, sin embargo, fue difícil encontrar un gabinete con *NEMA 5* con las dimensiones que se requerían, por lo tanto, se seleccionó un gabinete con *NEMA 12*.

La *NEMA 12* nos indica que el gabinete ofrece protección a los elementos eléctricos contra suciedad que cae, polvo, pelusa, fibras, así como protección contra goteo de agua y salpicaduras, filtración de aceite y refrigerantes no corrosivos.

Las dimensiones del gabinete requeridas para el gabinete son 800x800x300 [mm] para poder distribuir de manera correcta los componentes del tablero. Con estos datos fue posible seleccionar el gabinete que se muestra en la Figura 59.



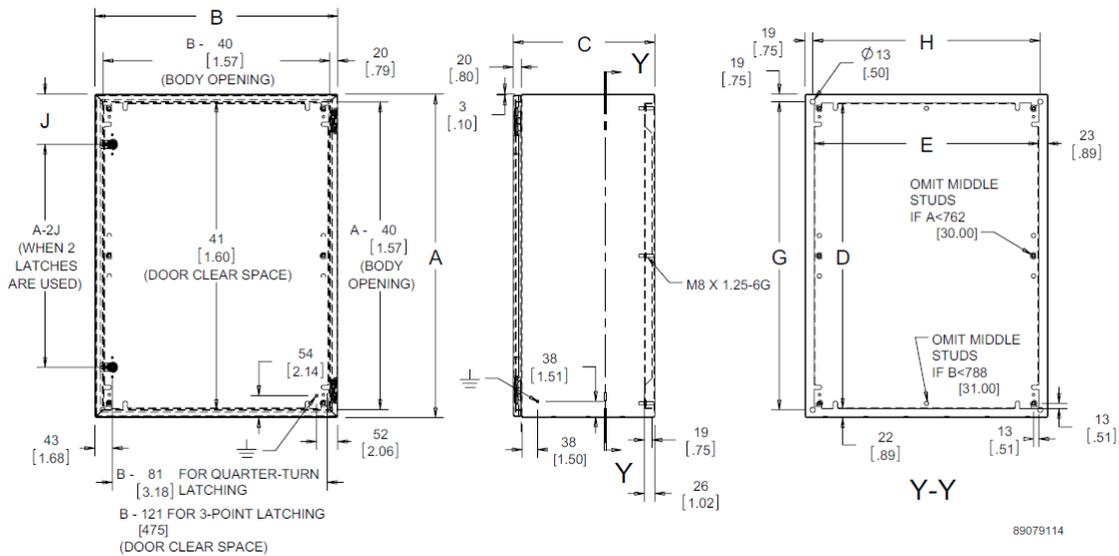
Figura 59. Gabinete acero inoxidable. <sup>[14]</sup>



Catalog Number	D x E mm/in.	Thickness mm/in.	Thickness (Gauge)	Fits A x B mm/in.
G800P800	755 x 755 29.72 x 29.72	2.5	12	800 x 800 31.50 x 31.50

Figura 61. Dimensiones platina. <sup>[14]</sup>

En las Figuras 65 y 66, se muestran a detalle las dimensiones del gabinete y de la platina o plato.



Catalog Number	A x B x C mm/in.	Body Thickness	Body Thickness (gauge)	Door Thickness	Door Thickness (gauge)	Gland Plate Qty.	D x E mm/in.	G x H mm/in.	J mm/in.	P x Q mm/in.
M800800300GSS	800 x 800 x 300 31.50 x 31.50 x 11.81	2.0 mm	14	2.0 mm	14	2	755 x 755 29.72 x 29.72	762 x 762 30.00 x 30.00	125 4.92	180 x 150 7.09 x 5.91

Figura 60. Dimensiones del gabinete. [14]

Finalmente, se tiene el ensamble de los elementos eléctricos y conexiones del tablero de control para la máquina dentro del gabinete, tal como se muestra en la Figura 62.

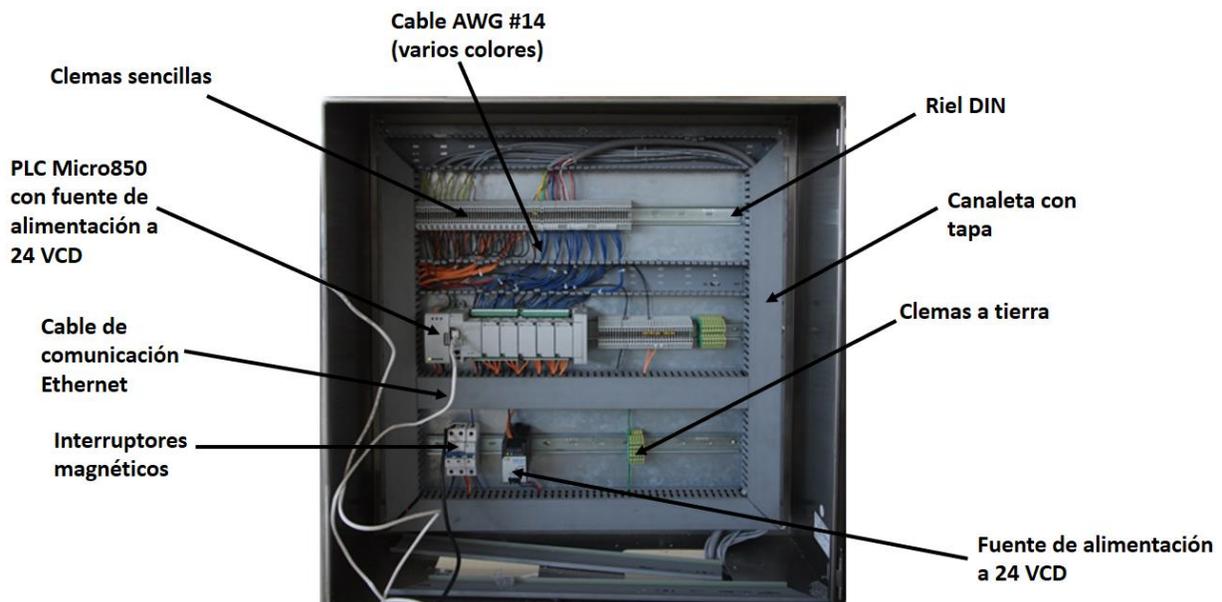


Figura 62. Ensamble de tablero final.

### 3.5.4.6 Programación del PLC

El principal objetivo en esta sección es redactar el planteamiento del problema con el cual se logró desarrollar una lógica para el controlador de la máquina volteadora de bolsas.

El problema a resolver es el siguiente:

Se requiere de un programa que realice la secuencia de pistones cuya función será realizar el volteo automático de una bolsa, solo el volteo, pues la alimentación será manual y la expulsión de la bolsa también se da de manera automática. Para ello contamos con cuatro pistones, dos sin vástago y dos con vástago, todos de doble efecto, ocho sensores, dos sistemas de expulsión, cuatro pulsadores y dos botones de paro. La máquina consta de dos módulos, cada módulo es operado por dos personas, cada persona tiene tres botones disponibles (dos pulsadores y un botón de paro), si bien la máquina completa son dos módulos, basta con resolver la lógica para un solo módulo ya que la del segundo módulo tendrá la misma, obviamente cambiando las respectivas entradas y salidas en el controlador. A continuación están las condiciones con las que debe contar el programa para llevar a cabo la función descrita anteriormente:

- Es importante que el programa tenga una función de HOME, esto con la finalidad de que al encender el controlador, si por alguna razón los pistones no están en posición para poder operar la máquina, regresen a una posición en la cual se pueda operar. La posición de HOME de la máquina es la mostrada en la Figura 63.
- El proceso inicia al presionar el botón de arranque 1 o 2 de acuerdo a la posición en la que se encuentre la placa deslizante, con ello el pistón B se deberá retraer y enseguida el pistón A se recorrerá hasta posicionarse en el lugar donde se volteara la bolsa (ver Figuras 63, 64 y 65).
- Una vez que la mesa deslizante se encuentre en la posición de volteo, el pistón F es expulsado, de manera simultánea el pistón C es expulsado (bajar ariete) y tendrá que realizar un ciclo completo.
- Cuando el pistón C haya realizado un ciclo (bajar y subir ariete) se activa el sistema de expulsión D (ver Figura 66) con un período de tiempo de acuerdo a las exigencias. Con esto se logra un ciclo completo el cual corresponde al volteo completo de una bolsa y la máquina queda en posición para el proceso de volteo de la bolsa del operador 2.
- El proceso podrá ser pausado mediante el botón de paro 1 o 2, es decir, si la máquina está en el proceso de volteo del operador 1 o del operador 2 se podrá pausar con cualquiera de los dos botones, y este se reanudará hasta que se desenchave(n).
- Mientras la máquina este en operación los botones de arranque 1 o 2 no alteran el proceso de volteo, pero si pueden ser usados para los pistones B y F en la apertura de los cabezales según la posición de la mesa deslizante.

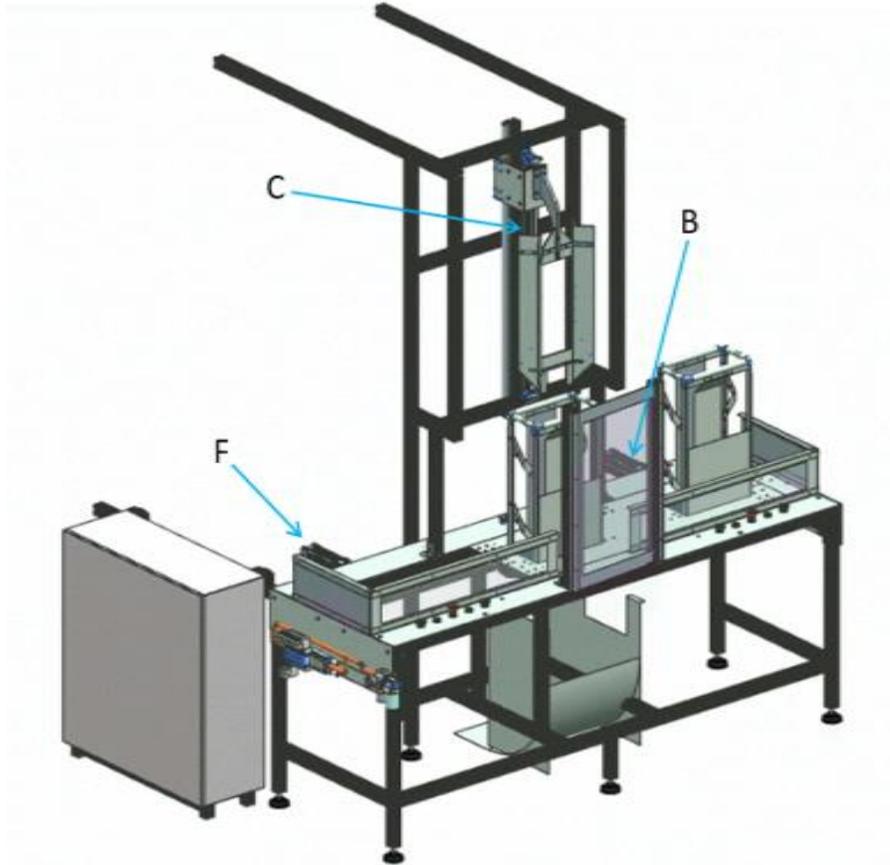


Figura 63. Distribución de pistones B, C y F y mesa deslizante en posición de HOME.

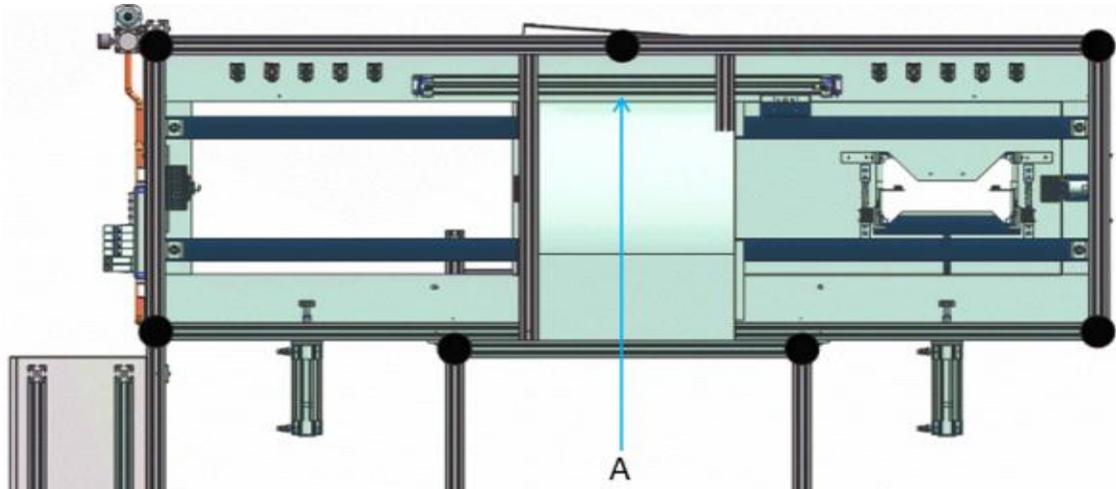


Figura 64. Pistón A sujeto a la mesa móvil (Vista inferior).

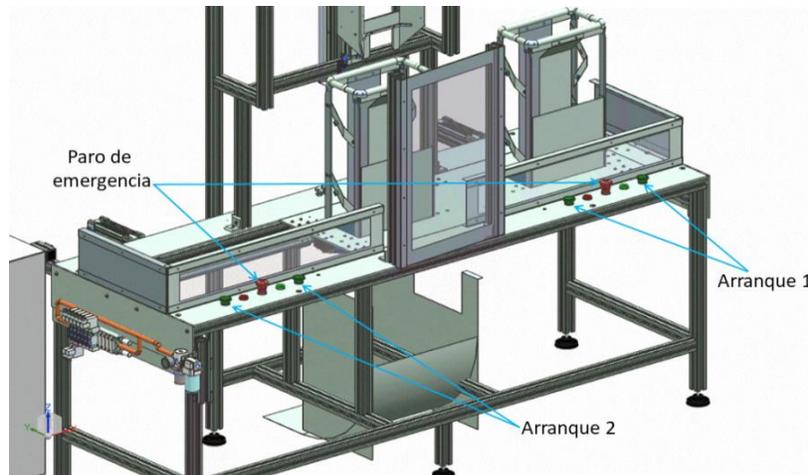


Figura 65. Distribución de botones de arranque y paro de emergencia.

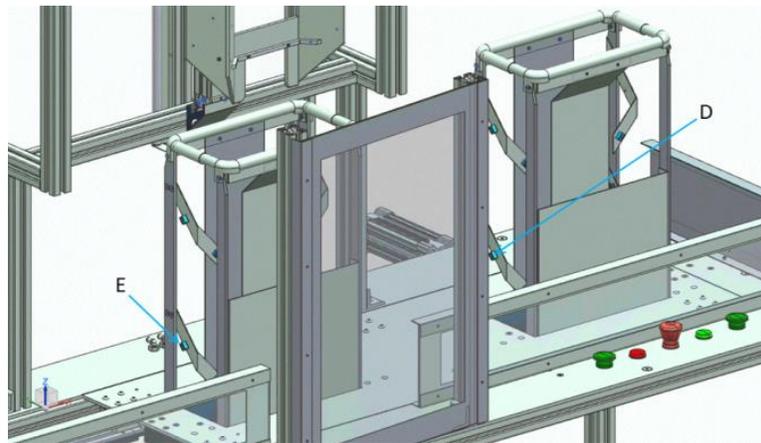


Figura 66. Mangueras de los sistemas de expulsión de bolsa.

A continuación se describen algunos ajustes que se realizaron en las conexiones con la finalidad de poder ahorrar E/S y así poder usar solo un controlador para la máquina completa (dos módulos):

- Como ya se mencionó anteriormente cada módulo consta de 6 botones para ser operada, 4 botones pulsadores y 2 enclavados para el paro de emergencia, a pesar de ello en el controlador solo se usan 3 entradas, ya que los dos pulsadores con los que cuenta cada operador están conectados en serie y los botones de paro están conectados en paralelo.
- Solo se usarán válvulas 5/3 para los pistones sin vástago, los demás pistones serán controlados con válvulas 5/2 monoestables y de igual manera se usarán este tipo de válvulas para los sistemas de expulsión de bolsas.

Al tener la descripción del problema completa y la tabla de distribución de E/S (ver Tabla A2), se realiza el diagrama espacio-fase que ilustra el funcionamiento de la máquina, además es de gran ayuda para elaborar la lógica del controlador (ver Figura 67).

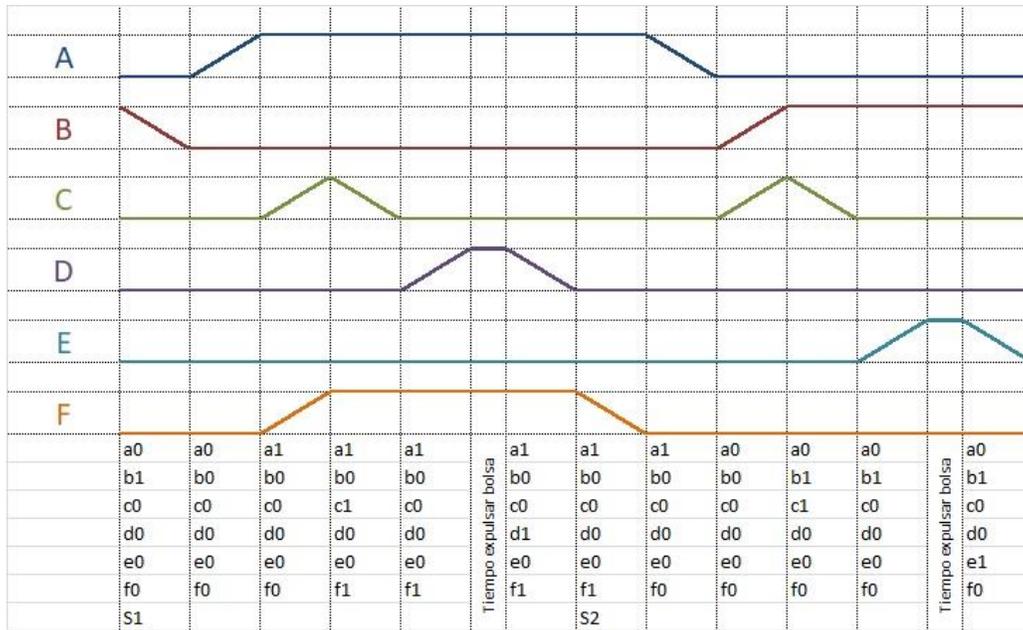


Figura 67. Diagrama Espacio Fase para un módulo de la máquina.

Con la información de la Tabla A2 y haciendo uso del diagrama espacio-fase (Figura 67) es suficiente para realizar la lógica que será programada en el PLC.

### 3.6 Fabricación

Se presenta ahora una de las mejores partes del proceso de diseño, la cual es en la que se ven materializadas las ideas en las que los diseñadores invirtieron tiempo y trabajo mental. Sin embargo, si la fabricación no es adecuadamente monitorizada, es muy probable que cause muchos inconvenientes.

Por cuestiones de privacidad en los diseños, se omiten los planos de fabricación en el documento. En el apartado correspondiente a los anexos, se muestran solamente planos de ensambles y sub ensambles.



Figura 68. Piezas para el Ariete.

Resulta conveniente mantener una relación estrecha con el área de manufactura con el objetivo de lograr que las piezas y sistemas conceptualizados, se hagan de la mejor manera posible y al

final se tenga un funcionamiento lo más cercano al construido virtualmente en la imaginación de los diseñadores. La comunicación debe establecerse de tal manera que las fuerzas e inteligencias del diseño y manufactura sean perfectamente combinadas para lograr el objetivo establecido.

A continuación, se muestran algunas imágenes de piezas y maquinados parciales para la fabricación de la máquina.



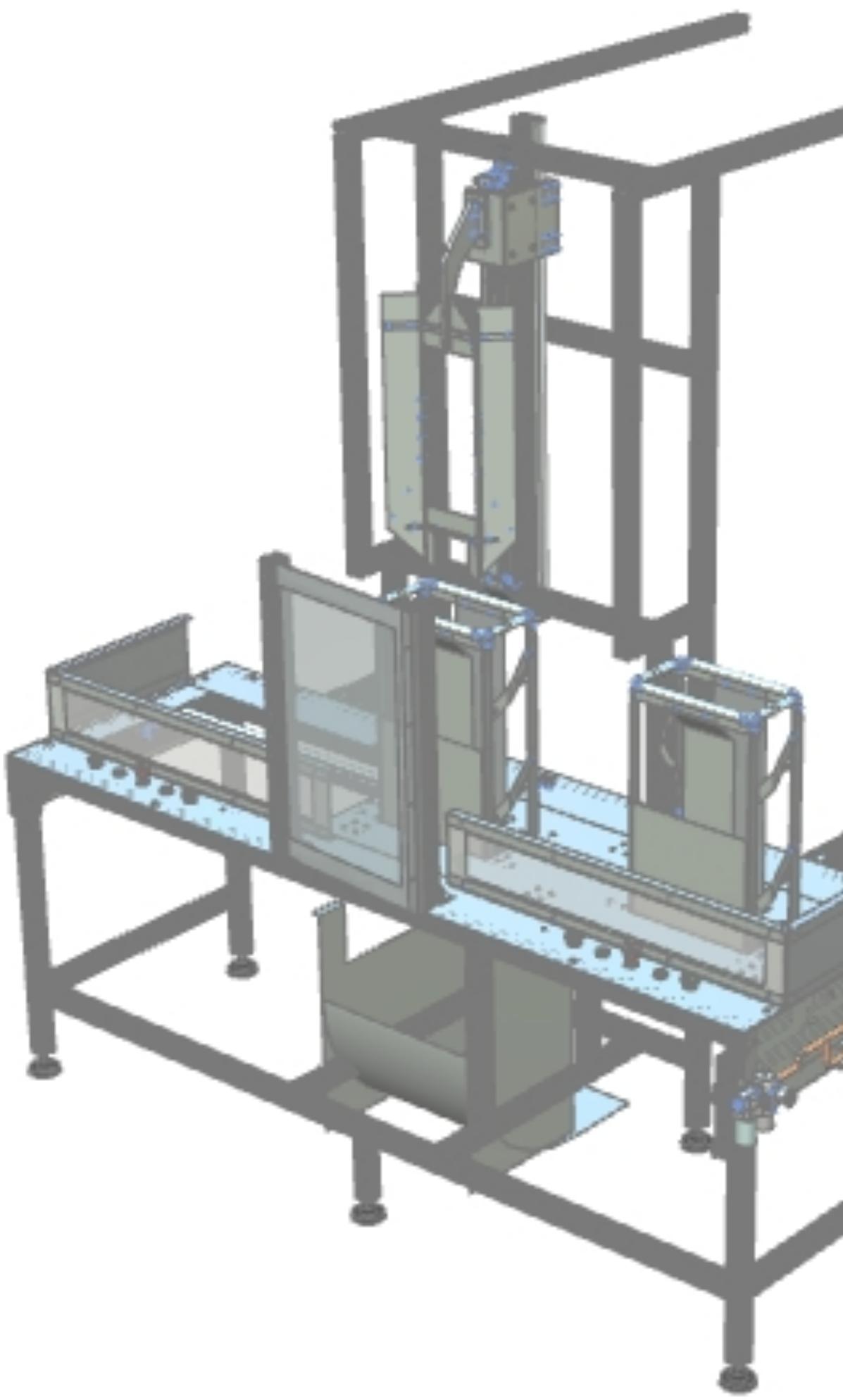
Figura 69. Ariete mediano ensamblado.



Figura 70. Plataforma deslizante.

Como es de esperarse en cualquier diseño, seguramente se buscará continuamente que éste sea perfeccionado hasta obtener el resultado óptimo, sin embargo estas “actualizaciones” deben ser poco frecuentes ya que cada una de ellas implica justo lo que principalmente le interesa al cliente, es decir, recursos económicos y tiempo.

# 4. Resultados y conclusiones





#### 4.1 Resultados

Se logró construir un primer prototipo de máquina cuya tarea principal es realizar el volteo semiautomático de bolsas (cuya designación es MAK – II), realizando de manera manual la alimentación de las mismas. Al tratarse de un prototipo se habla de un primer modelo que sirvió como referencia para probar si era viable o no la solución al problema del volteo de bolsas, y además con el propósito de poder fabricar más de estas piezas.

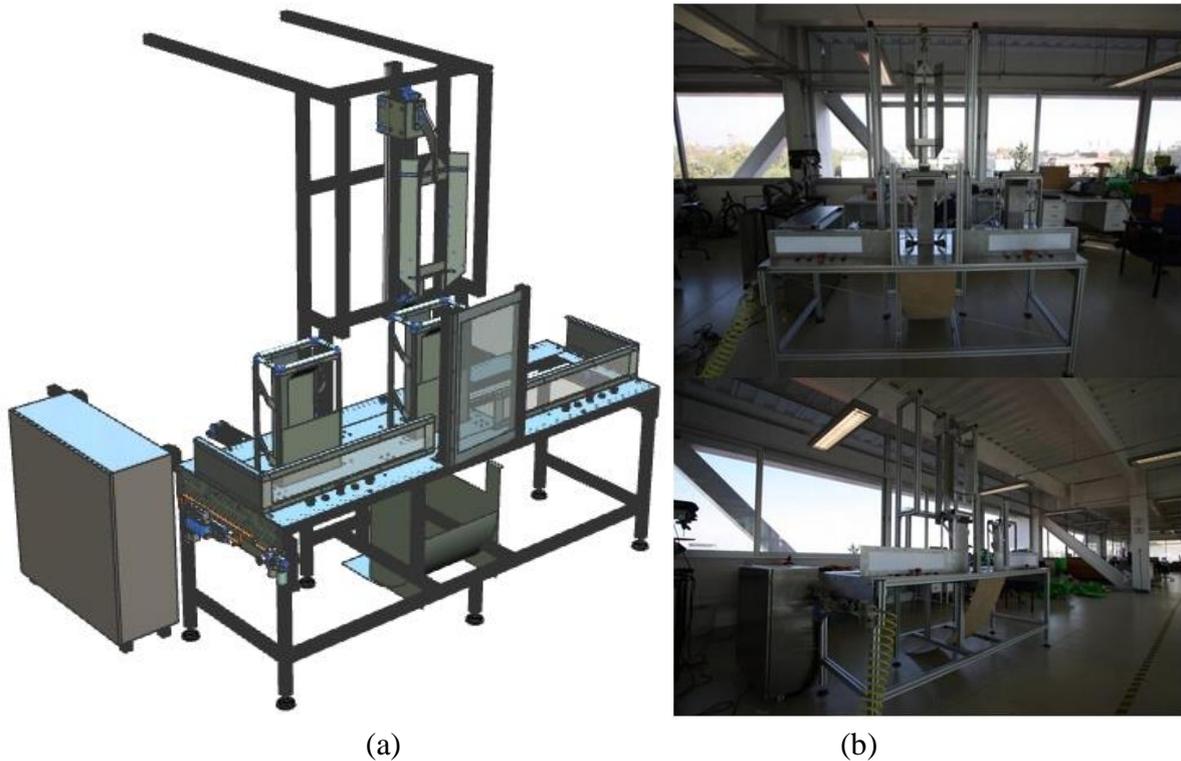


Figura 71. (a) Diseño en CAD (b) Prototipo terminado MAK – II.

Al realizar la etapa de pruebas, se consiguió voltear bolsas con un tiempo inferior en comparación con el tiempo que tardan los empleados en voltearla de forma manual, con esto podemos decir que se obtuvo de manera satisfactoria un primer prototipo funcional, el cual, después de analizar su comportamiento se le identificaron detalles que durante la etapa de diseño, construcción, ensamble o pruebas no fueron detectados, dichos detalles fueron poco a poco corregidos hasta obtener un modelo más completo y que cumpliera con las exigencias de la industria.



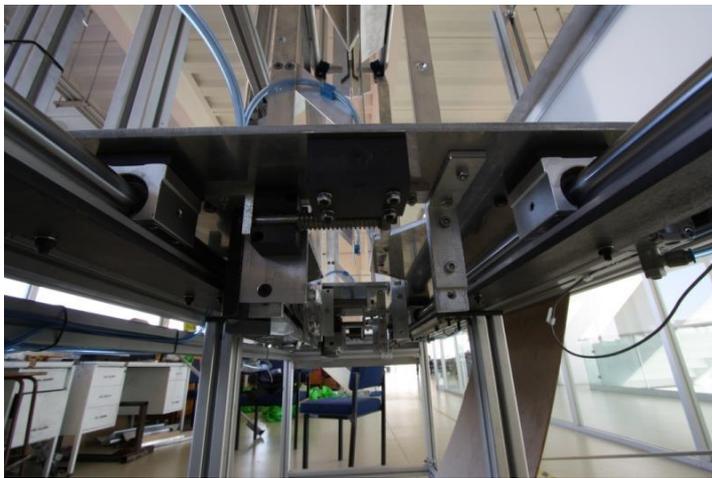
Figura 72. (a) Corrección a los cabezales.



Diseñar el tablero y realizar el cableado de la máquina se llevó a cabo de manera correcta de modo que no afectó su funcionamiento, y el cableado se distribuyó de forma tal que no interviniera en los movimientos realizados por los subsistemas de la máquina. También se le agregaron sus respectivos elementos de protección al tablero.

Se desarrolló la lógica para el controlador y se le hicieron las modificaciones adecuadas para que la máquina realizara sus funciones de acuerdo con la posición en la que se encontrara, permitiendo en ocasiones corregir ligeros detalles de diseño mecánico.

Figura 72. (b) Corrección al ariete.



(a)



(b)

Figura 73. (a) Cableado y colocación de manguera (b) Tablero eléctrico – electrónico.

Finalmente se consiguió desarrollar toda la ingeniería necesaria para poder construir la máquina volteadora de bolsas mediante una metodología de diseño. Los detalles identificados, una vez que se puso en marcha en planta, permitirán realizarle mejoras al producto pensando a futuro, haciéndolo más eficiente, robusto y posiblemente económico.

Este prototipo representa un avance para el desarrollo y automatización del proceso que la empresa maneja para el volteo de sus bolsas ya que es una máquina completamente nueva que llevó todo un proceso de diseño y desarrollo, desde observar como es el proceso manual hasta mejorar el tiempo del proceso a un porcentaje mayor y que represente el menor esfuerzo para los operarios. Esto se pudo realizar ya que se obtuvo un buen funcionamiento tanto de la parte mecánica, eléctrica y de programación.



Figura 74. MAK-II y el equipo de diseño.

### *Colocación e instalación en planta*



Figura 75. Empaquetamiento de MAK – II.



Figura 76. Transporte para MAK – II.



Figura 77. Recepción en planta.



Figura 78. Instalación de MAK – II en planta.

#### 4.2 Conclusiones

Con la finalidad de poder desarrollar un proyecto que en algún momento se pudiera reproducir, se llevó a cabo un proceso de diseño, iniciando por una lluvia de ideas, es decir, hacer distintos bosquejos sobre configuraciones muy generales del cómo podría quedar el sistema final, hasta la construcción, ensamble y pruebas de éste. En este proyecto no se encontró algo similar en el mercado que nos ayudara a resolver por completo el problema de volteo de bolsas, por lo tanto, se propusieron varias ideas, cabe mencionar que dichas ideas no dependen solamente del diseñador (en este caso el o los ingenieros), éstas pueden generarse por cualquier persona que esté participando en el proyecto, los cuales pueden ser los profesores, alumnos, personal técnico o inclusive el cliente puede ser partícipe de dicha etapa. Lo importante es generar la mayor cantidad de propuestas que nos permitan elegir la solución que más se adecue a los requerimientos del cliente.

El seguir un proceso de diseño nos permite llevar de manera gradual la elaboración de un producto, y permite que todos los involucrados en dicho producto sean partícipes en su construcción. Sin duda la participación del cliente en todo momento fue de vital importancia para poder lograr los objetivos trazados al inicio del proyecto, pues es él quien nos permitirá saber si el diseño planteado es el adecuado para sus exigencias o bien hay que cambiar determinadas partes del sistema o en su defecto cambiar la configuración.

Un punto muy importante en la elaboración de este proyecto fue el trabajo en equipo, es indispensable organizarse en distintos grupos de acuerdo con las aptitudes de cada uno de los integrantes, con la finalidad de disminuir el tiempo en la elaboración del producto y poder obtener un resultado más eficaz. La comunicación constante entre los integrantes de cada grupo, o bien, entre los líderes de cada grupo será muy importante, esto va a permitir que la unión de los subsistemas que conforman al producto sea la adecuada y no se tengan que hacer modificaciones más allá de las necesarias.

La habilidad de diseñar de cada ingeniero se verá reflejada en el resultado final, pues al hablar de una habilidad indica que no todos la desarrollamos de la misma manera, es por ello que en ocasiones se designan líderes en los grupos de trabajo. El diseñador o diseñadores a cargo del proyecto en cuestión serán los encargados de darle detalle a cada una de las partes que conforman los diversos subsistemas de la configuración elegida por el equipo; sin embargo, no es que sean los únicos responsables del buen o mal funcionamiento del producto, pues dependerá también del equipo de manufactura, del de ensamble y pruebas, que los resultados sean los mejores para todas las partes que conforman el proyecto. El equipo de manufactura deberá respetar los ajustes y tolerancias propuestas por el diseñador, pero en dado caso que alguna pieza sea complicada de fabricar o bien él tenga una mejor solución deberá hacérselo saber, por lo que el diseñador deberá realizar las modificaciones correspondientes. O si el de manufactura no respeta dichas tolerancias, al realizar el ensamble, posiblemente las piezas no coincidan y en consecuencia se tengan que hacer modificaciones, lo cual podría afectar en las pruebas de funcionamiento.

# 5. Referencias

## Referencias

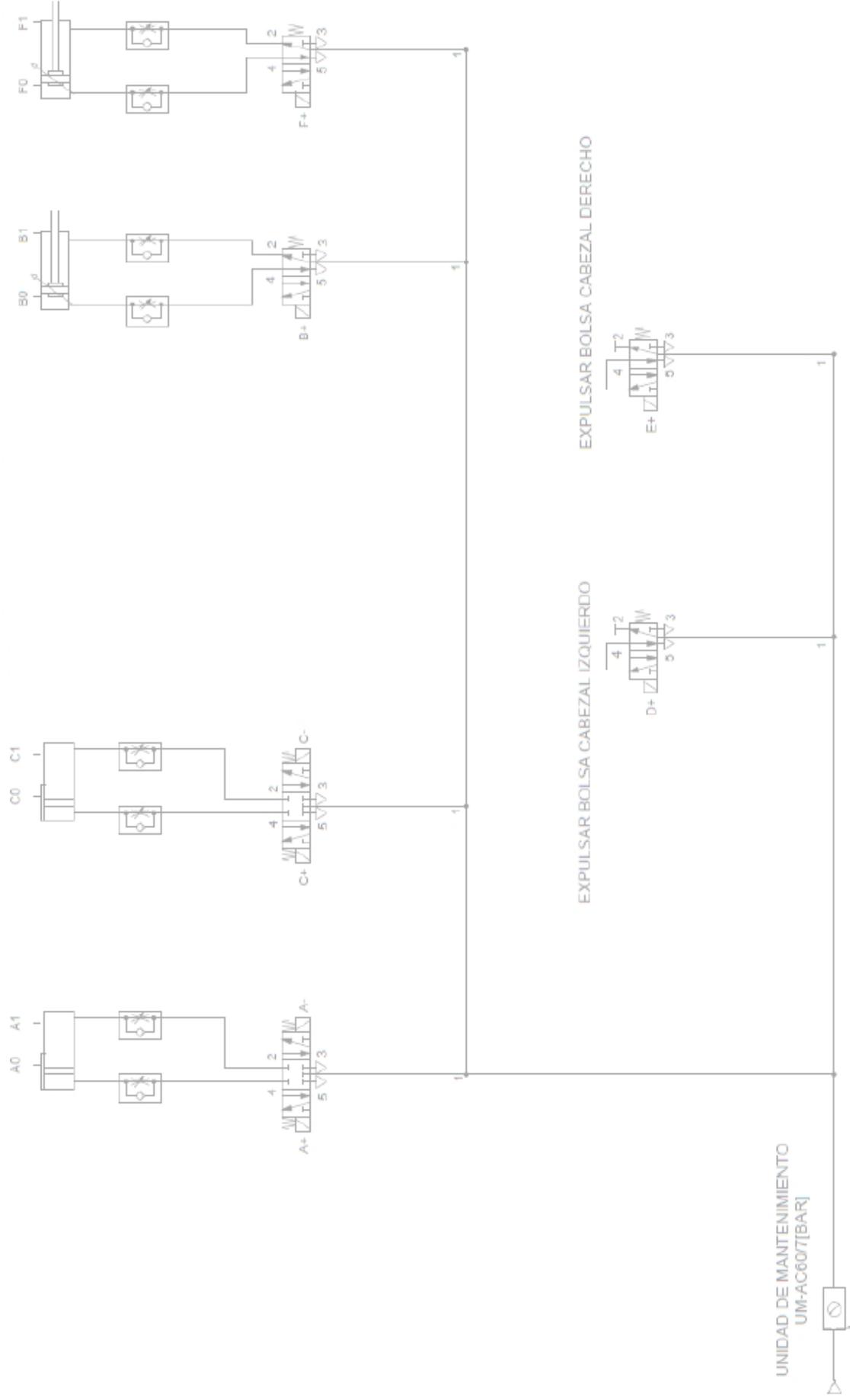
- [1] Imágenes tomadas del video consultado el día 3 de enero de 2018 en:  
<https://www.youtube.com/watch?v=ffpeWGPhiPo>.
- [2] Imágenes tomadas del video consultado el día 3 de enero de 2018 en:  
<https://www.youtube.com/watch?v=Px7KhwY>
- [3] Imágenes tomadas del video consultado el día 3 de enero de 2018 en:  
<https://www.youtube.com/watch?v=ffpeWGPhiPo>.
- [4] Imágenes tomadas del video consultado el día 3 de enero de 2018 en:  
<https://www.youtube.com/watch?v=Px7KhwY dTm4>. Consultado.
- [5] Catálogo Actuadores lineales DGC-K de Festo®.
- [6] Catálogo Cilindro ISO Serie CP96 de SMC®.
- [7] Catálogo Electroválvula de 5 vías Serie SY de SMC®.
- [8] Catálogo Unidades F.R.L de SMC®.
- [9] Corona, L. (2014): Sensores y actuadores: Aplicaciones con Arduino. México: Grupo Editorial Patria S.A de C.V. pp.169.
- [10] Catálogo Reed auto switches de SMC®.
- [11] Catálogo Botones Pulsadores 800F de 22mm de Allen-Bradley®.
- [12] Manual de instalación Controladores lógicos programables de 48 puntos Micro850 de Allen-Bradley®.
- [13] Application note 1606-XLPJOE de Allen-Bradley®.
- [14] Gula de selección para protección de circuitos, mando y potencia de Allen-Bradley®.
- [15] Hoffman Enclosures Inc. (2009): Normas globales para gabinetes en la industria eléctrica. 2018, de Hoffman Enclosures Inc.
- [16] Wall-mount enclosures médium GL66 series de Hoffman®.

## Bibliografía

- Bolton, W. (2006): Programmable Logic Controllers. Oxford, UK.: Elsevier Newnes. pp.3.
- Creus, A. (2007): Neumática e Hidráulica. España: Marcombo S.A. pp.51-52.
- Mancilla, A. Humberto (2010): Máquina rotatoria llenadora y selladora de ampollitas plásticas. Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Faires, V.M. (1977): Diseño de elementos de máquinas, 4ª. Edición, Montaner y Simón, S. A., Barcelona.
- Ayala, A. (2003): Normas de dibujo. Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistido por Computadora, México, Facultad de Ingeniería, UNAM.



# 6. Anexos





NEMA		Calificación del gabinete	
Sólidos	Líquidos		
INTERIORES	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y contra el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae)	Sin protección	<b>Tipo 1</b>
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y contra el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso de agua (goteo y salpicaduras ligeras)	<b>Tipo 2</b>
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y contra el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y asentamiento de polvo, pelusa, fibras y contaminantes aéreos)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso de agua (goteo y salpicaduras ligeras)	<b>Tipo 5</b>
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y polvo, pelusa, fibras y contaminantes circulantes)	Proporciona protección contra el ingreso de agua (goteo y salpicaduras ligeras) y salpicaduras ligeras o filtración de aceite y refrigerantes no corrosivos	<b>Tipo 12</b>
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y polvo, pelusa, fibras y contaminantes circulantes)	Proporciona protección contra el ingreso de agua (goteo o salpicaduras ligeras) y rocío, salpicaduras y filtración de aceite y refrigerantes no corrosivos	<b>Tipo 13</b>
INTERIORES O AL AIRE LIBRE	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y polvo soplado por el viento)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso de agua (lluvia, aguanieve o nieve llevada por el viento)	<b>Tipo 3</b>
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso de agua (caída de lluvia, aguanieve o nieve)	<b>Tipo 3R</b>
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y polvo soplado por el viento)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso de agua (lluvia, aguanieve, salpicadura de agua y agua dirigida con manguera)	<b>Tipo 4</b>
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y polvo soplado por el viento)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso de agua (lluvia, aguanieve, nieve, salpicadura de agua, y agua dirigida con manguera) y proporciona un mayor nivel de protección contra la corrosión	<b>Tipo 4X</b>
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso del agua (dirigido con manguera y la inmersión temporal esporádica a profundidad limitada)	<b>Tipo 6</b>
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso del agua (dirigido con manguera y la inmersión prolongada a una profundidad limitada)	<b>Tipo 6P</b>

Tabla A1 Grados de protección NEMA 250 para gabinetes

## PLC Allen Bradley 2080-LC50-48QWB Asignación de terminales

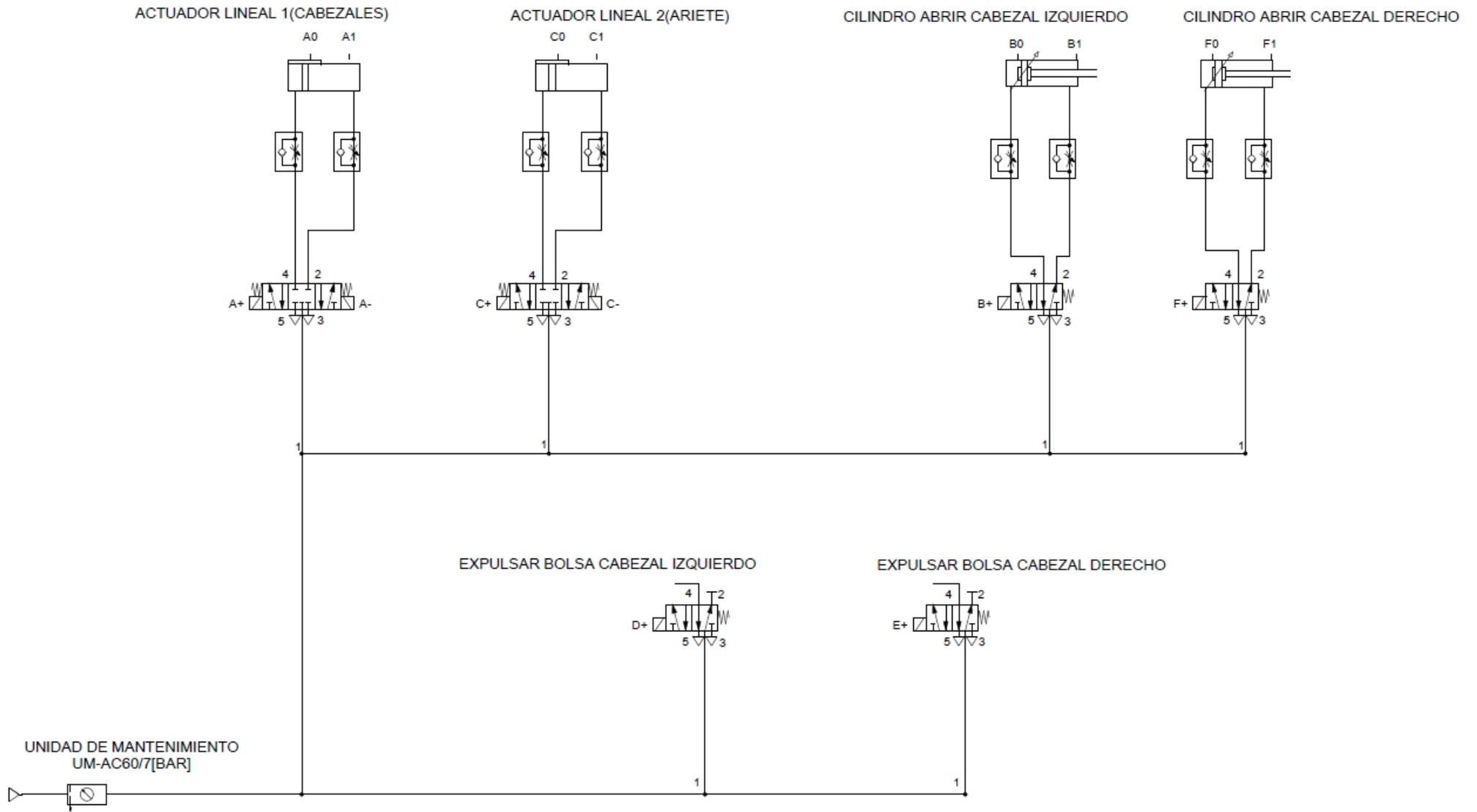
<b>MAKSCHEB</b>									
No. de Clema	Descripción	Asignación	Entrada	Terminal	Terminal	Salida	Asignación	Descripción	No. de Clema
21	Botón arranque 1	S1	I-00	2	4	O-00	P+	Actuador lineal 1 cabezales expulsados	1
22	Botón arranque 2	S2	I-00	3	6	O-01	P-	Actuador lineal 1 cabezales retraídos	2
23	Botón Paro 1	R1	I-02	4	8	O-02	P+	Cilindros cerrar cabezal 1	3
24	Sensor cabezales retraídos	R0	I-03	5	10	O-03	P+	Actuador lineal 1 ariete adentro bolsa	4
25	Sensor cabezales expulsados	R1	I-04	6	12	O-04	P-	Actuador lineal 1 ariete afuera bolsa	5
26	Sensor cabezal 1 cerrado	P0	I-05	7	14	O-05	P-	Aire expulsar bolsa cabezal 2	6
27	Sensor cabezal 1 abierto	P1	I-06	9	16	O-06	P+	Aire expulsar bolsa cabezal 1	7
28	Sensor ariete afuera bolsa	P0	I-07	10	2	O-07	P+	Cilindros cerrar cabezal 2	8
29	Sensor ariete adentro bolsa	P1	I-08	11	3	O-08	LM1	Lámpara proceso marcha M1	9
30							LM1	Lámpara proceso paro M1	10
31							LM2	Lámpara proceso paro M2	11
32	Sensor cabezal 2 cerrado	P0	I-10	13	5	O-10	P+	Actuador lineal 2 cabezales expulsados	12
33	Sensor cabezal 2 abierto	P1	I-11	14	6	O-11	P-	Actuador lineal 2 cabezales retraídos	13
34	Botón arranque 3	S3	I-12	16	8	O-12	P+	Cilindros cerrar cabezal 3	14
35	Botón arranque 4	S4	I-13	2	10	O-14	P-	Actuador lineal 2 ariete adentro bolsa	15
36	Botón Paro 2	R2	I-15	3	11	O-15	K	Aire expulsar bolsa cabezal 1	16
37	Sensor cabezales retraídos	R0	I-16	4	13	O-16	M	Aire expulsar bolsa cabezal 2	17
38	Sensor cabezales expulsados	R1	I-17	5	14	O-17	P+	Cilindros cerrar cabezal 4	18
39	Sensor cabezal 3 cerrado	P0	I-18	6	15	O-18	LM2	Lámpara proceso marcha M2	19
40	Sensor cabezal 3 abierto	P1	I-19	7	16	O-19	LM2	Lámpara proceso paro M2	20
41	Sensor ariete afuera bolsa	J0	I-20	9					
42	Sensor ariete adentro bolsa	J1	I-21	10					
43			I-22	11					
44			I-23	12					
45	Sensor cabezal 4 cerrado	P0	I-24	13					
46	Sensor cabezal 4 abierto	P1	I-25	14					
			I-26	15					
			I-27	16					

Primer Módulo (2 personas)

Segundo Módulo (2 personas)

Tabla A2 Asignación de entradas y salidas del PLC

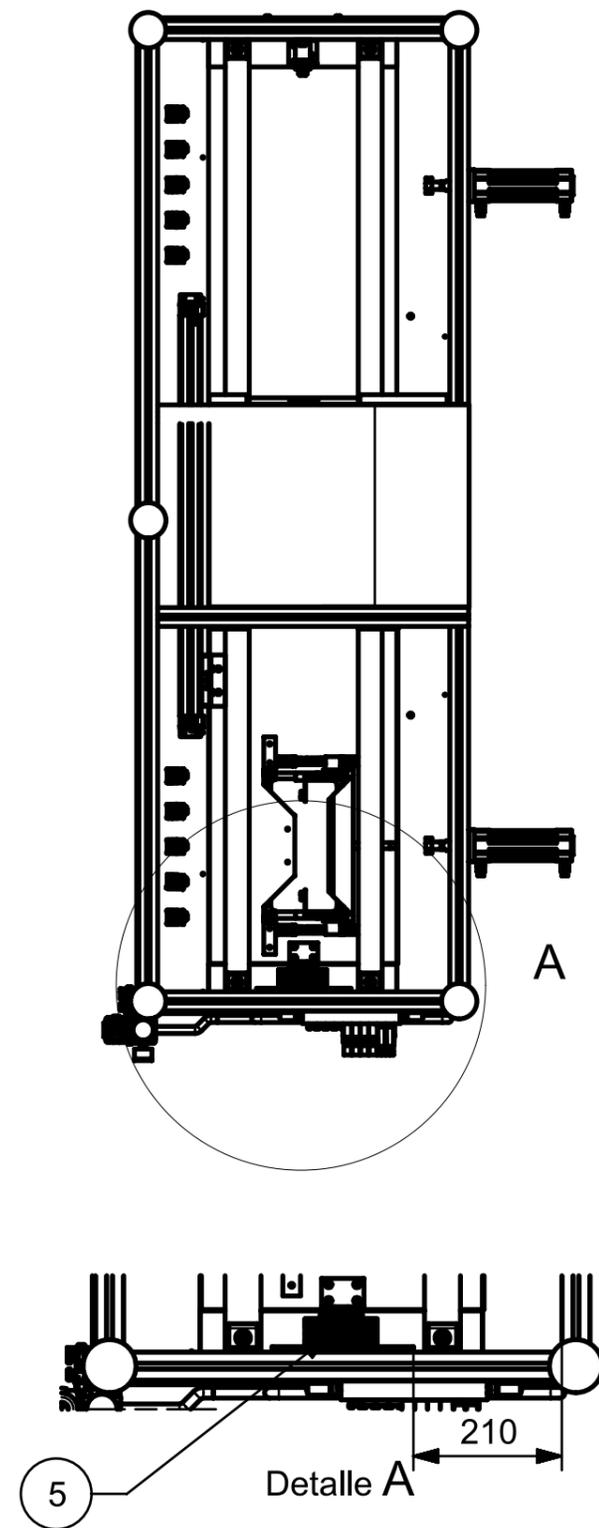
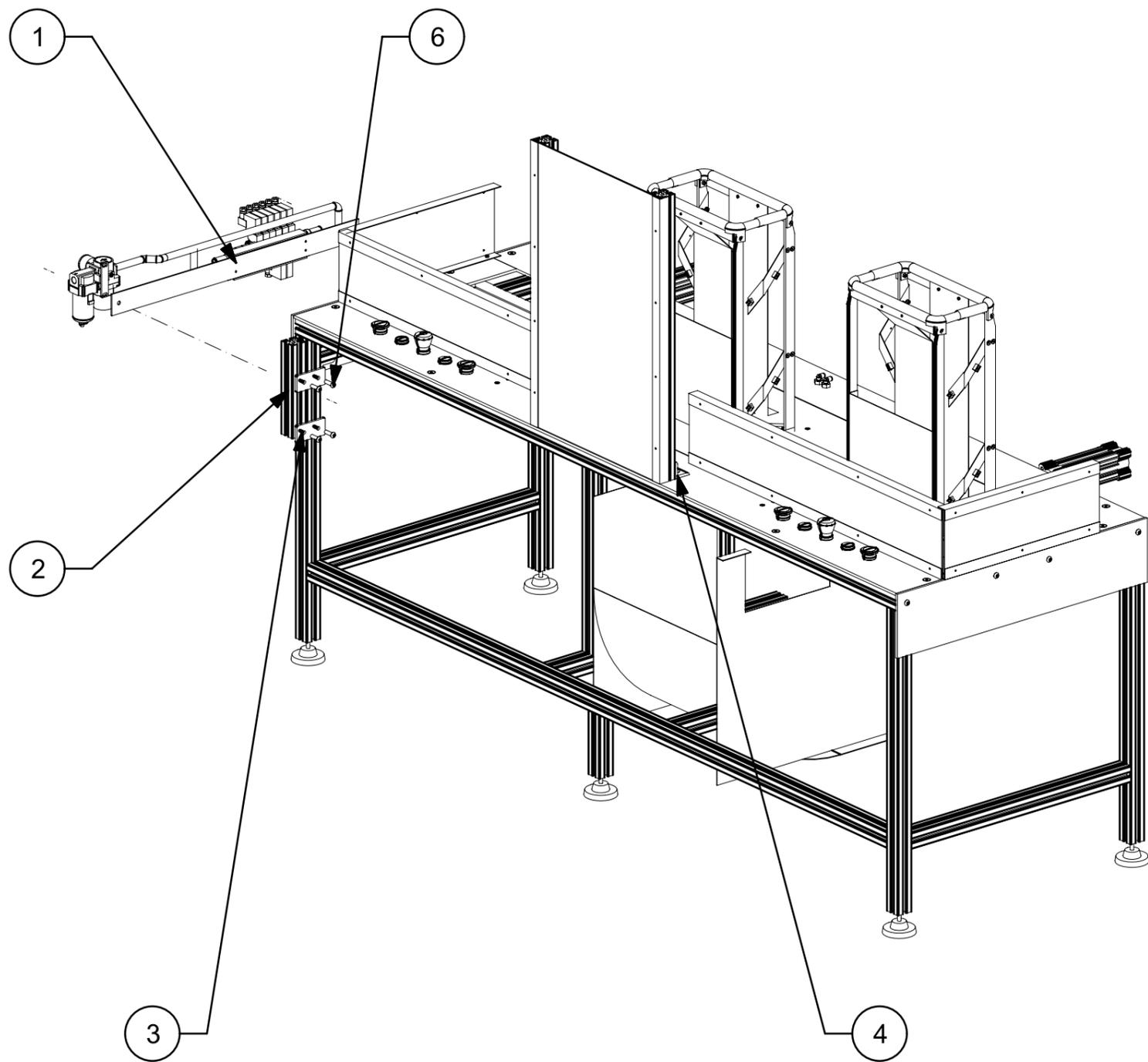
# DISTRIBUCIÓN DE LOS COMPONENTES NEUMÁTICOS



Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

**Título:**  
Diagrama neumático general

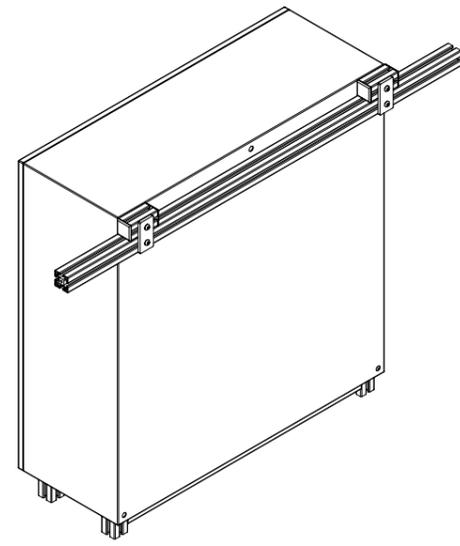
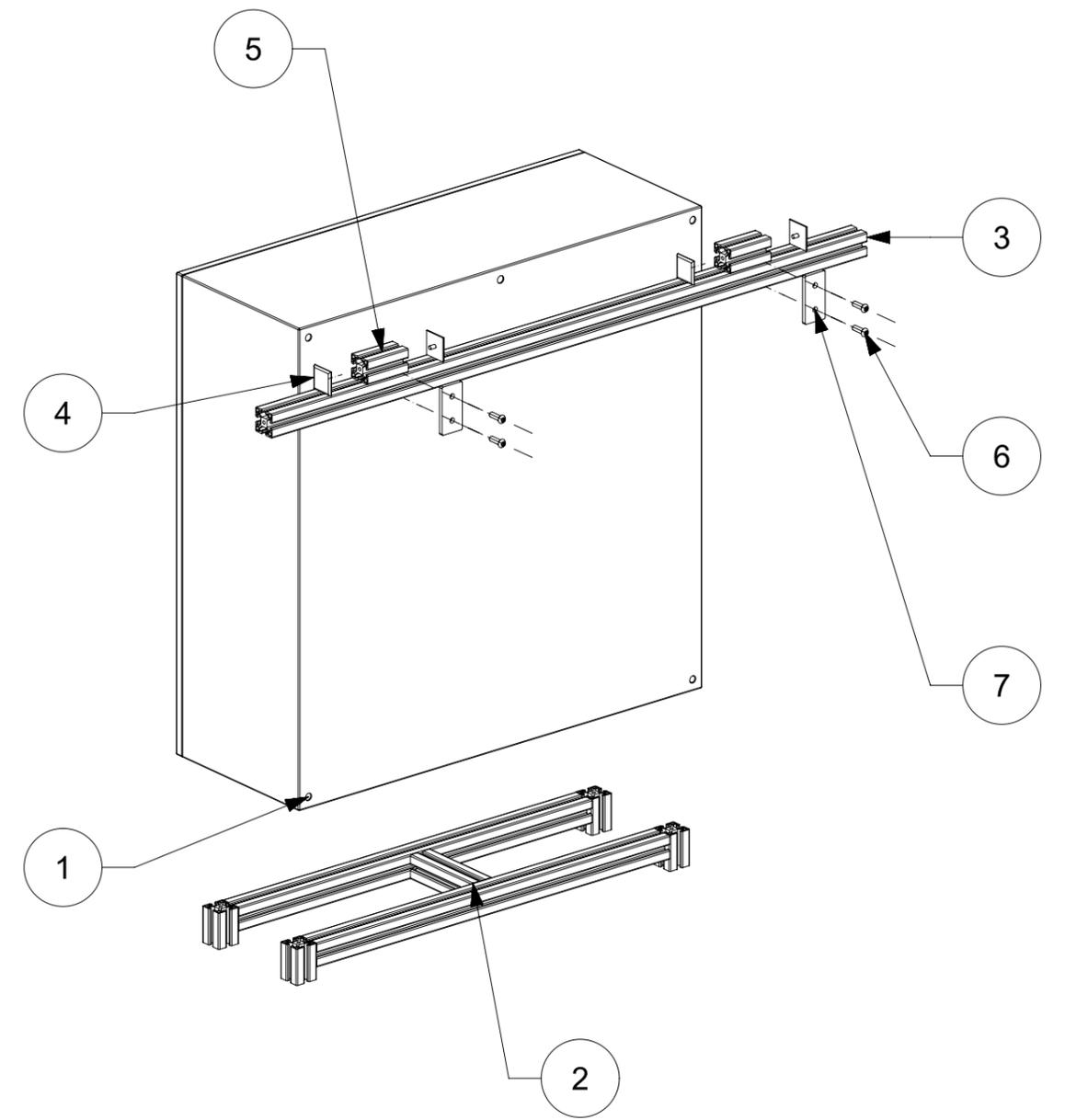
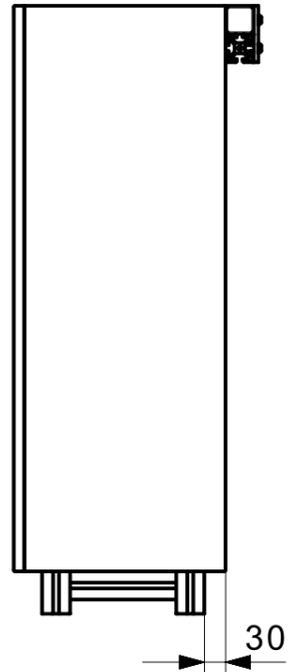
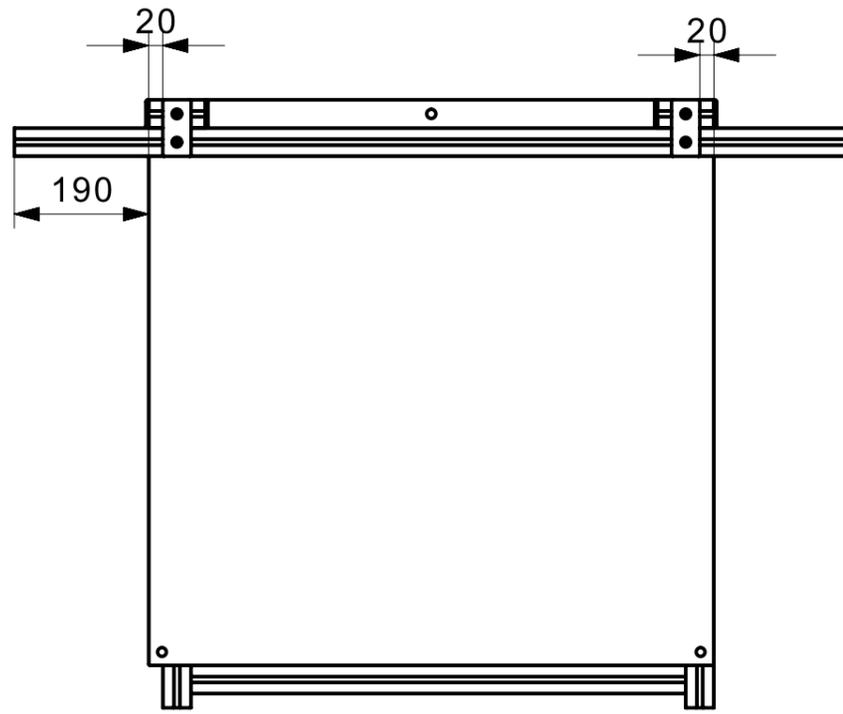
Rev:	Escala:
Fecha: Octubre 2017	Acot.:
Dibujó: AORR	Cantidad:
Revisó: ASB	Material: Varios
Aprobó: SCC	
Dib. No.: BYVA-SVB-300	



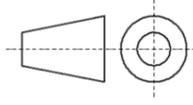
6	Tornillo Allen Cabeza de Gota	M8 x 25	8
5	Clemas	BYVA-SVB1-526	1
4	Mesa General	BYVA-SVB1-505	1
3	Placa de Unión de Transmetal	PU-40-80	2
2	Perfil estructural	40 x 40 x 220	1
1	Control Neumático I	BYVA-SVB1-527	1
Número	Título	Documento	Cantidad

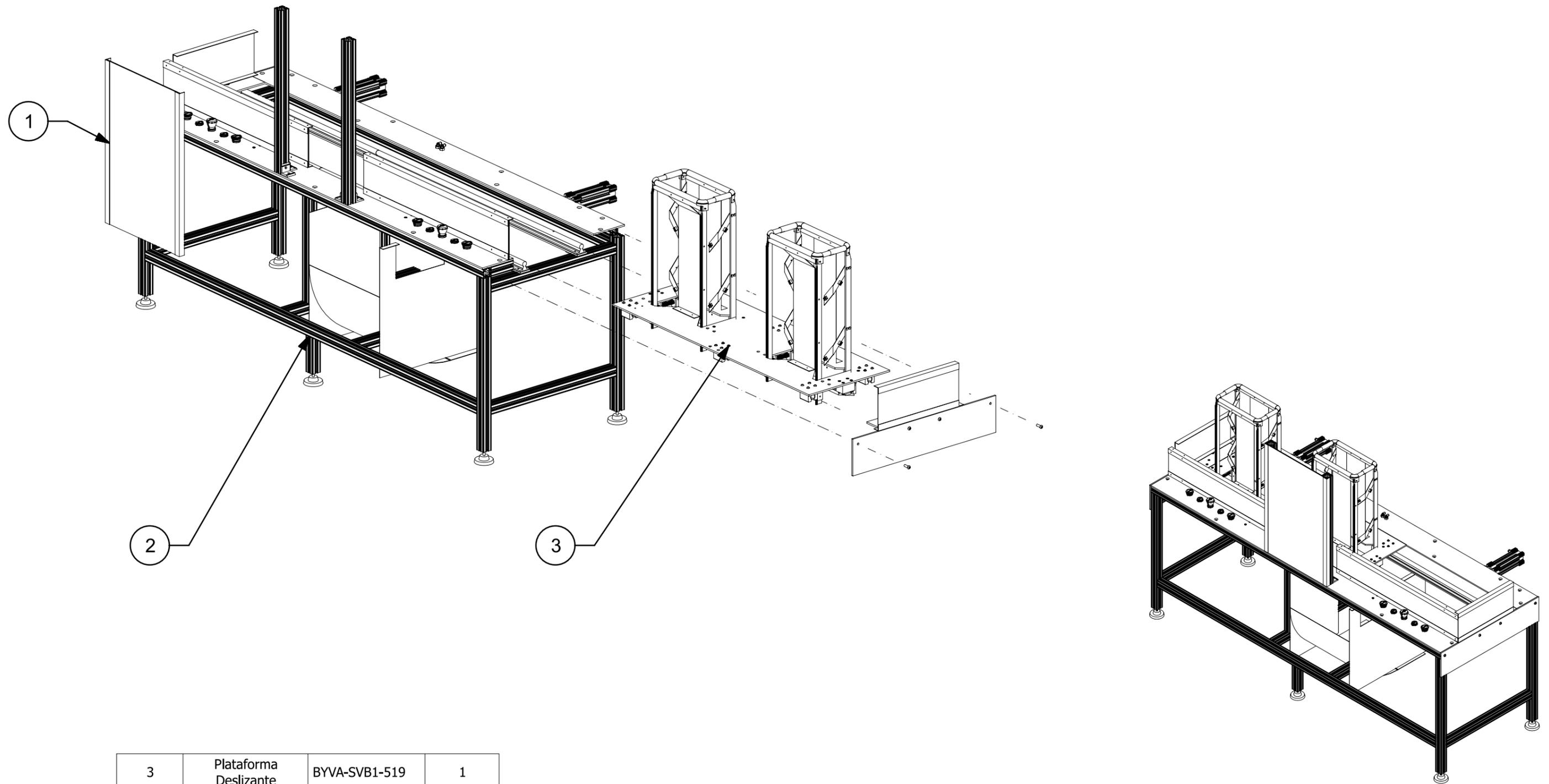


Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Mecatrónica		Rev: A	Escala:
Título: <b>Mesa 1 Completa</b>		Fecha: Noviembre-2017	Acot.: mm
		Dibujó: IRF	Cantidad: 1
		Revisó: SCC	Material: Varios
		Aprobó: SCC	
		Dib. No.: BYVA-SVB1-502	



7	Placa de unión de Transmetal	PU-40-80	2
6	Tornillo Allen Cabeza de Gota	M8 x 25	4
5	Perfil Estructural	40 x 40 x 80	2
4	Tapa de Transmetal	TM T40	4
3	Perfil Estructural	40 x40 x 1180	1
2	Base del Gabinete	BYVA-EST-503	1
1	Gabinete	M800800300GSS	1
Número	Título	Documento	Cantidad

	Facultad de Ingeniería		Rev: A	Escala: 1:10
	Departamento de Ingeniería Mecatrónica		Fecha: Noviemre-2017	Acot.: mm
	Título: <b>Gabinete con Base</b>		Dibujó: IRF	Cantidad: 1
			Revisó: SCC	Material: Varios
			Aprobó: SCC	
			Dib. No.: BYVA-SVB2-504	

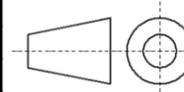


3	Plataforma Deslizante	BYVA-SVB1-519	1
2	Mesa	BYVA-SVB1-506	1
1	Guarda Central	BYVA-SVB1-507	1
Número	Título	Documento	Cantidad



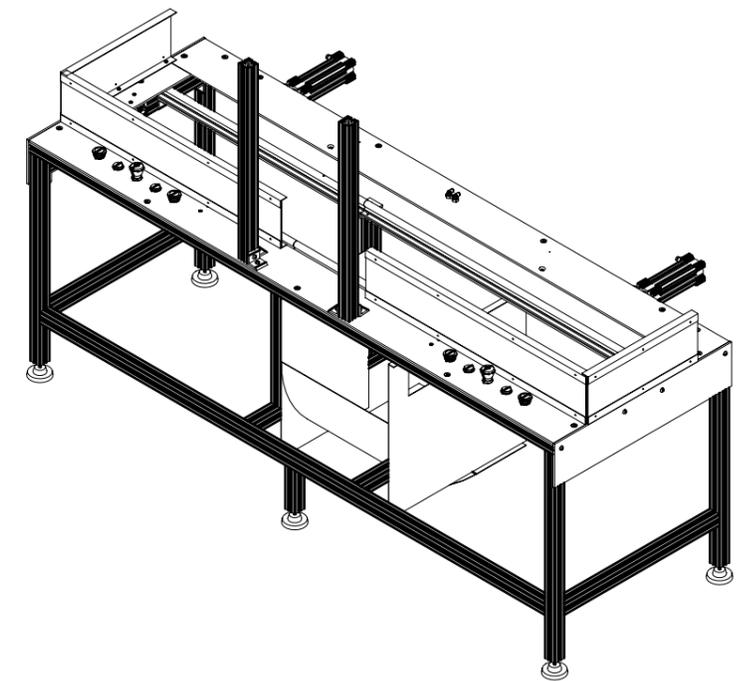
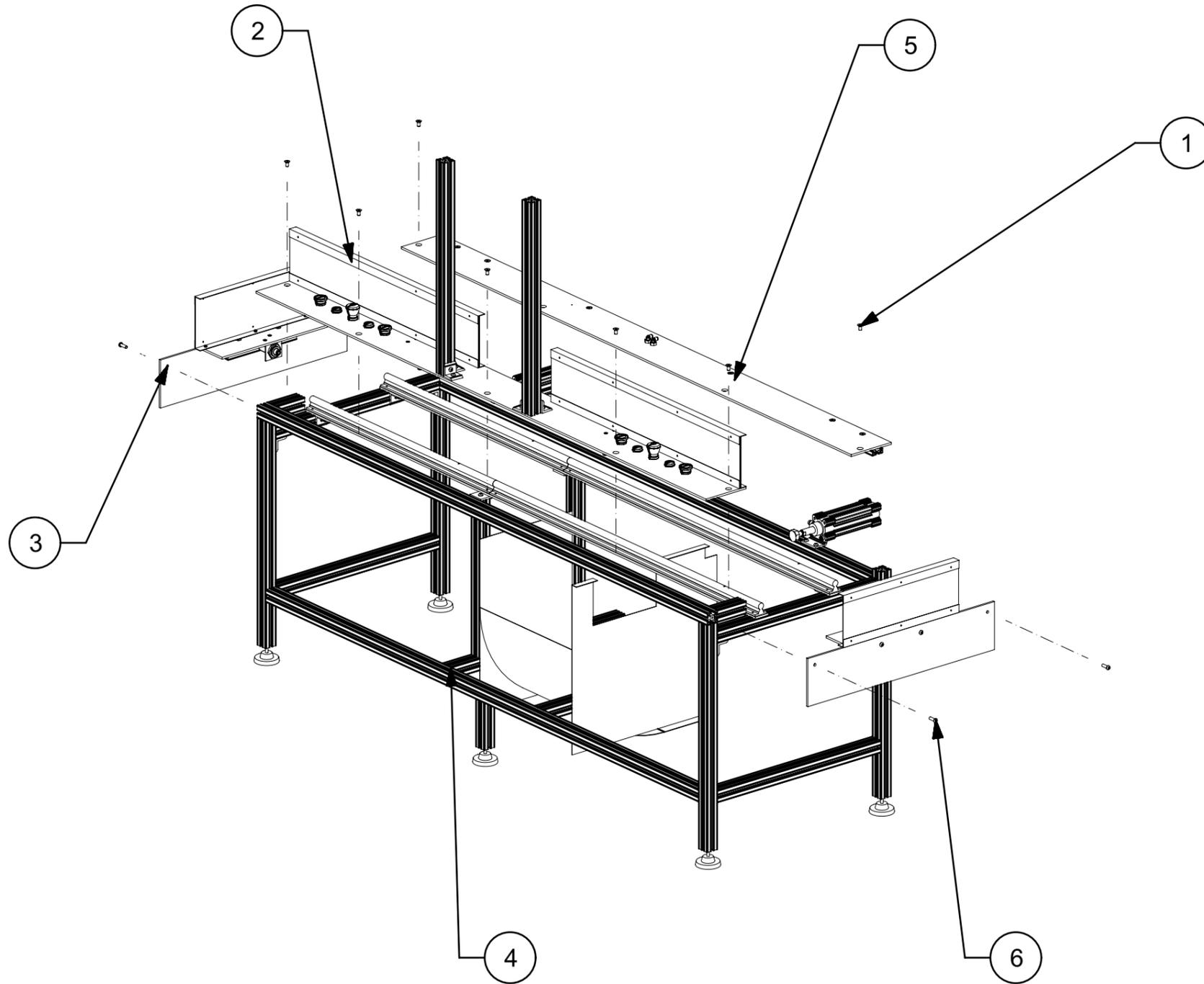
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:  
**Mesa  
General**



Rev: A  
Fecha: Noviembre-2017  
Dibujó: IRF  
Revisó: SCC  
Aprobó: SCC  
Dib. No.: BYVA-SVB1-505

Escala:  
Acot.:  
Cantidad: 2  
Material: Varios



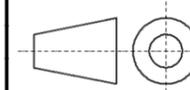
6	Tornillo Allen Cabeza de Gota	M8 x 20	4
5	Opuesta de Botonera	BYVA-SVB1-515	1
4	Mesa con Guías y Pistones	BYVA-SVB1-516	1
3	Compuerta con Guarda	BYVA-SVB1-508	2
2	Botonera con Guardas	BYVA-SVB1-511	1
1	Tornillo Allen Cabeza Plana	M8 x 20	7
Número	Título	Documento	Cantidad



Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:

Mesa



Rev: A

Fecha: Noviembre-2017

Dibujó: IRF

Revisó: SCC

Aprobó: SCC

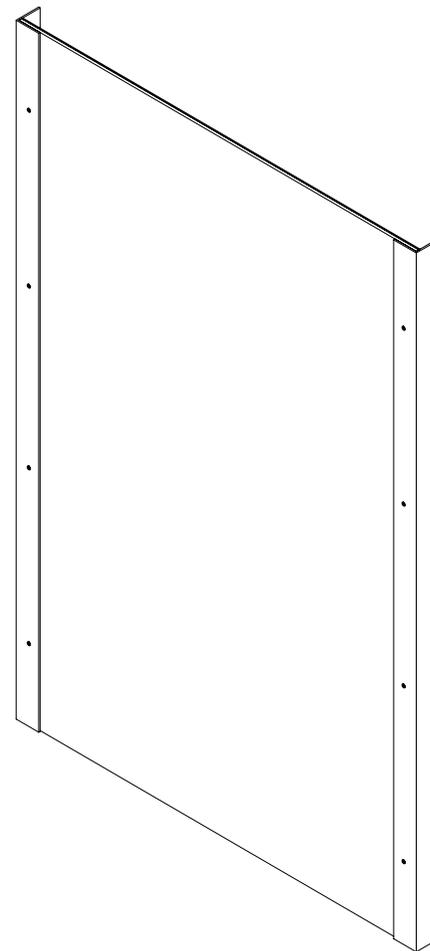
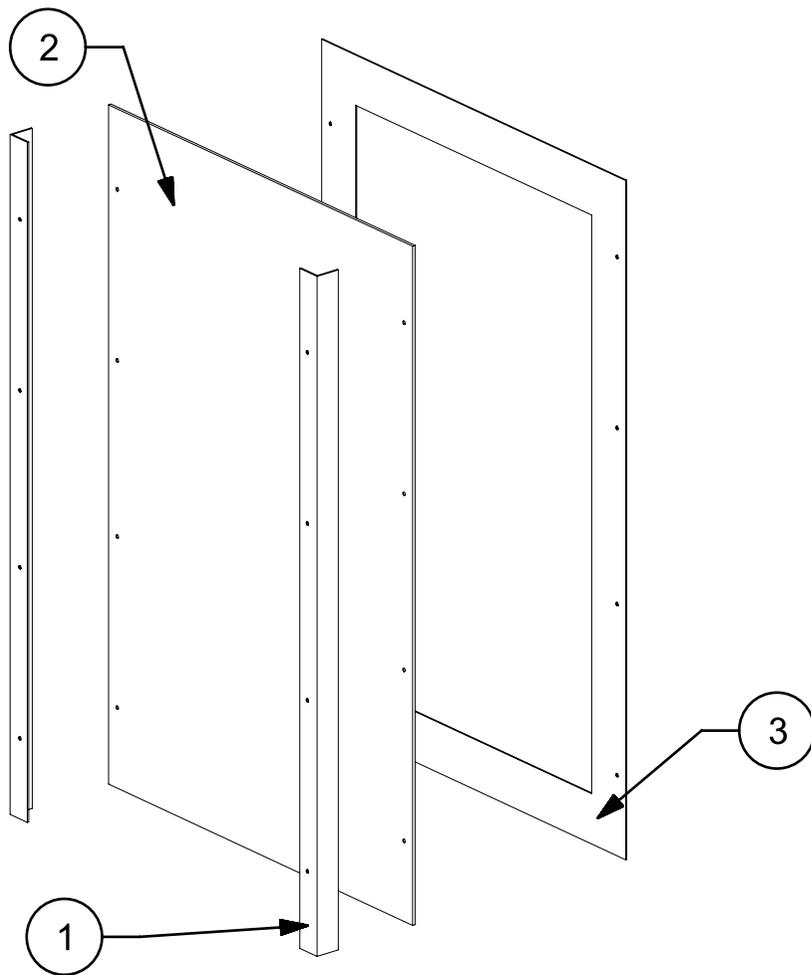
Dib. No.: BYVA-SVB1-506

Escala:

Acot.:

Cantidad: 2

Material: Varios



3	Marco Guarda Frontal	BYVA-SVB1-554	1
2	Acrílico Guarda Frontal	BYVA-SVB1-555	1
1	Refuerzo Guarda Central	BYVA-SVB1-571	2
Número	Título	Documento	Cantidad

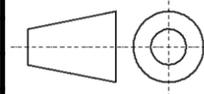
La unión entre 1 y 2 es con silicón y éstas con la pieza 3 con remaches de 1/8"



Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:

Guarda  
Frontal



Rev: A

Fecha: Noviembre-2107

Dibujó: ALLF

Revisó: SCC

Aprobó: SCC

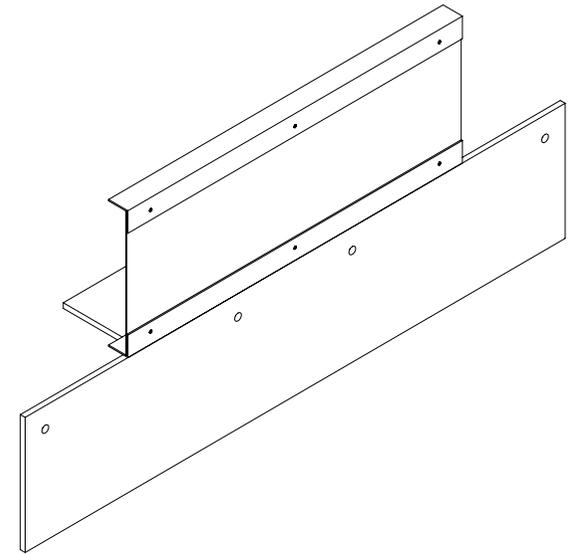
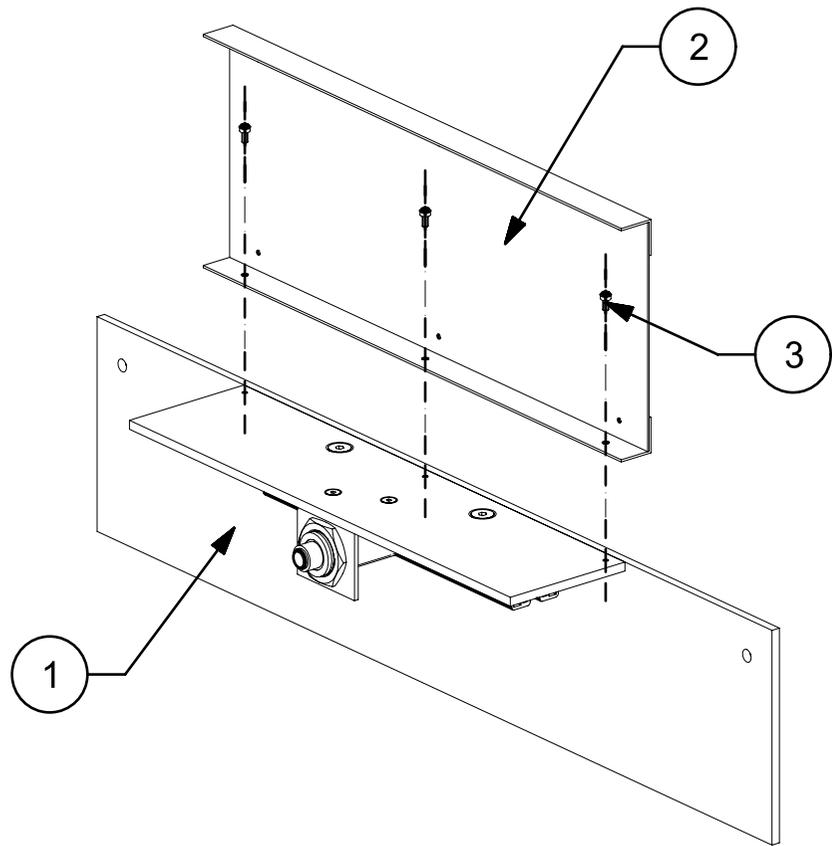
Dib. No.: BYVA-SVB1-507

Escala:

Acot.:

Cantidad: 2

Material: Varios

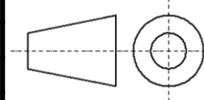


3	Tornillo Allen	M4x8	3
2	Compuerta Lateral Completa	BYVA-SVB1-510	1
1	Compuerta	BYVA-SVB1-509	1
Número	Título	Documento	Cantidad



Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:  
Compuerta con Guarda



Rev: A

Fecha: Noviembre-2017

Dibujó: ALLF

Revisó: SCC

Aprobó: SCC

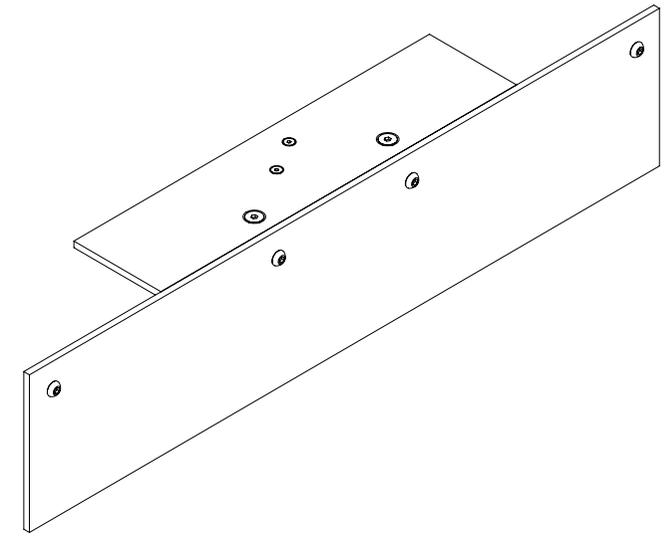
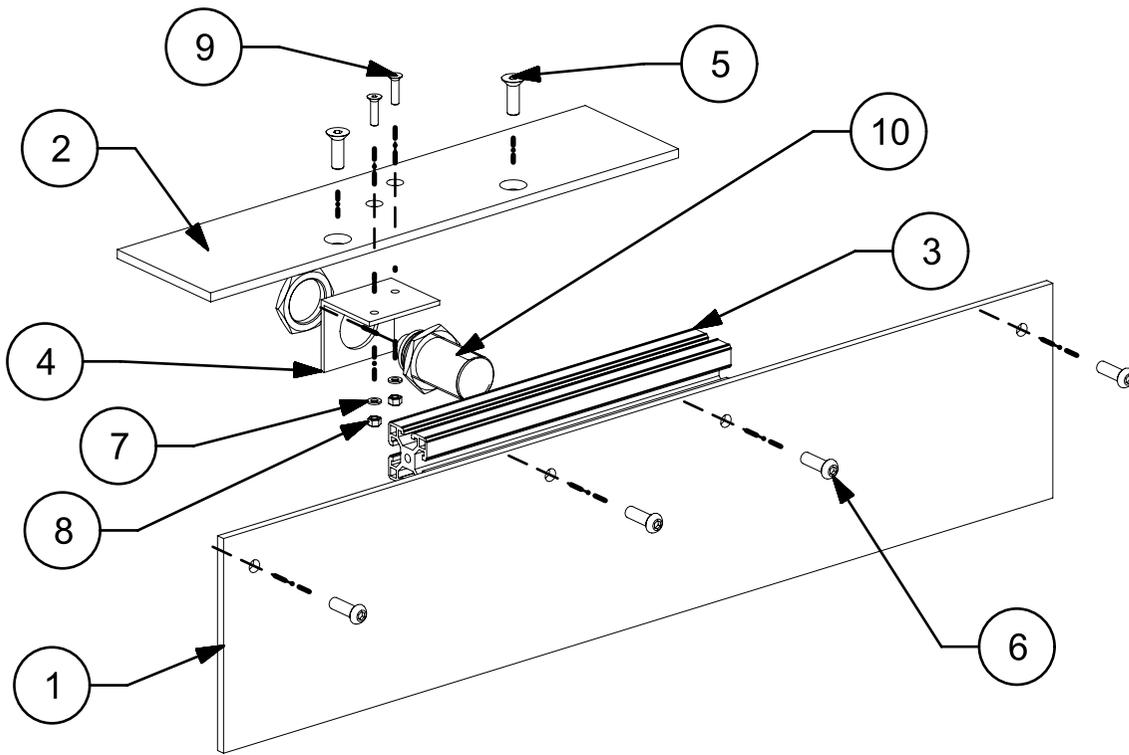
Dib. No.: BYVA-SVB1-508

Escala:

Acot.:

Cantidad: 4

Material: Varios



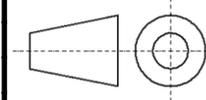
10	Amortiguador SMC	RBQC3213	1
9	Tornillo Allen Cabeza Plana	M5 x 20	2
8	Tuerca Hexagonal	M5	2
7	Rondana	M5	2
6	Tornillo de Gota	M8X25	4
5	Tornillo Allen Cbza. Plana	M8 x 25	2
4	Ángulo del Amortiguador	BYVA-SVB1-568	1
3	Perfil Estructural	40 x 40 x 260	1
2	Compuerta Parte A	BYVA-SVB1-560	1
1	Compuerta Parte D	BYVA-SVB1-561	1
Número	Título	Documento	Cantidad



Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:

Compuerta



Rev: A

Fecha: Noviembre-2017

Dibujó: ALLF

Revisó: SCC

Aprobó: SCC

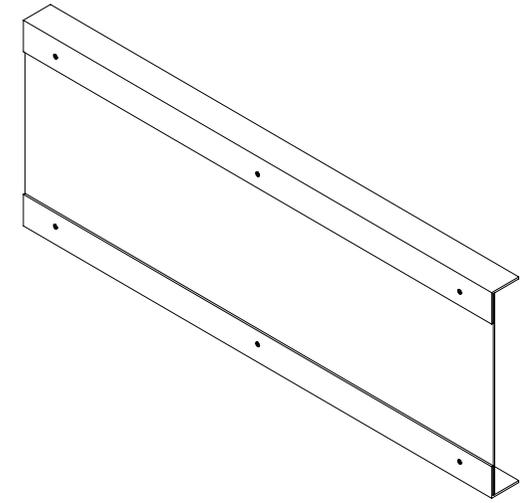
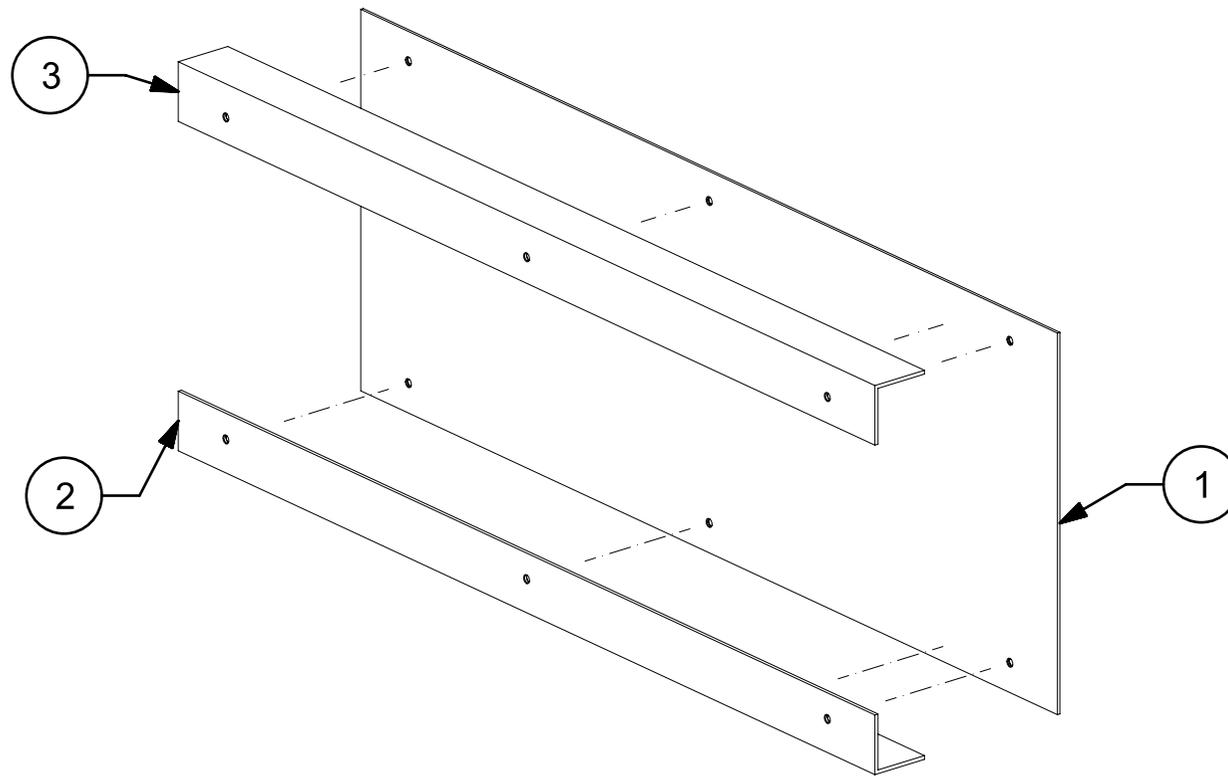
Dib. No.: BYVA-SVB1-509

Escala:

Acot.:

Cantidad: 4

Material: Varios

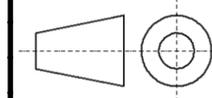


3	Refuerzo Superior Guarda Lateral	BYVA-SVB1-569	1
2	Refuerzo Inferior Guarda Lateral	BYVA-SVB1-570	1
1	Lámina Guarda Lateral	BYVA-SVB1-573	1
Número	Título	Documento	Cantidad



Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:  
Guarda Lateral  
Completa



Rev: A

Fecha: Noviembre-2017

Dibujó: ALLF

Revisó: SCC

Aprobó: SCC

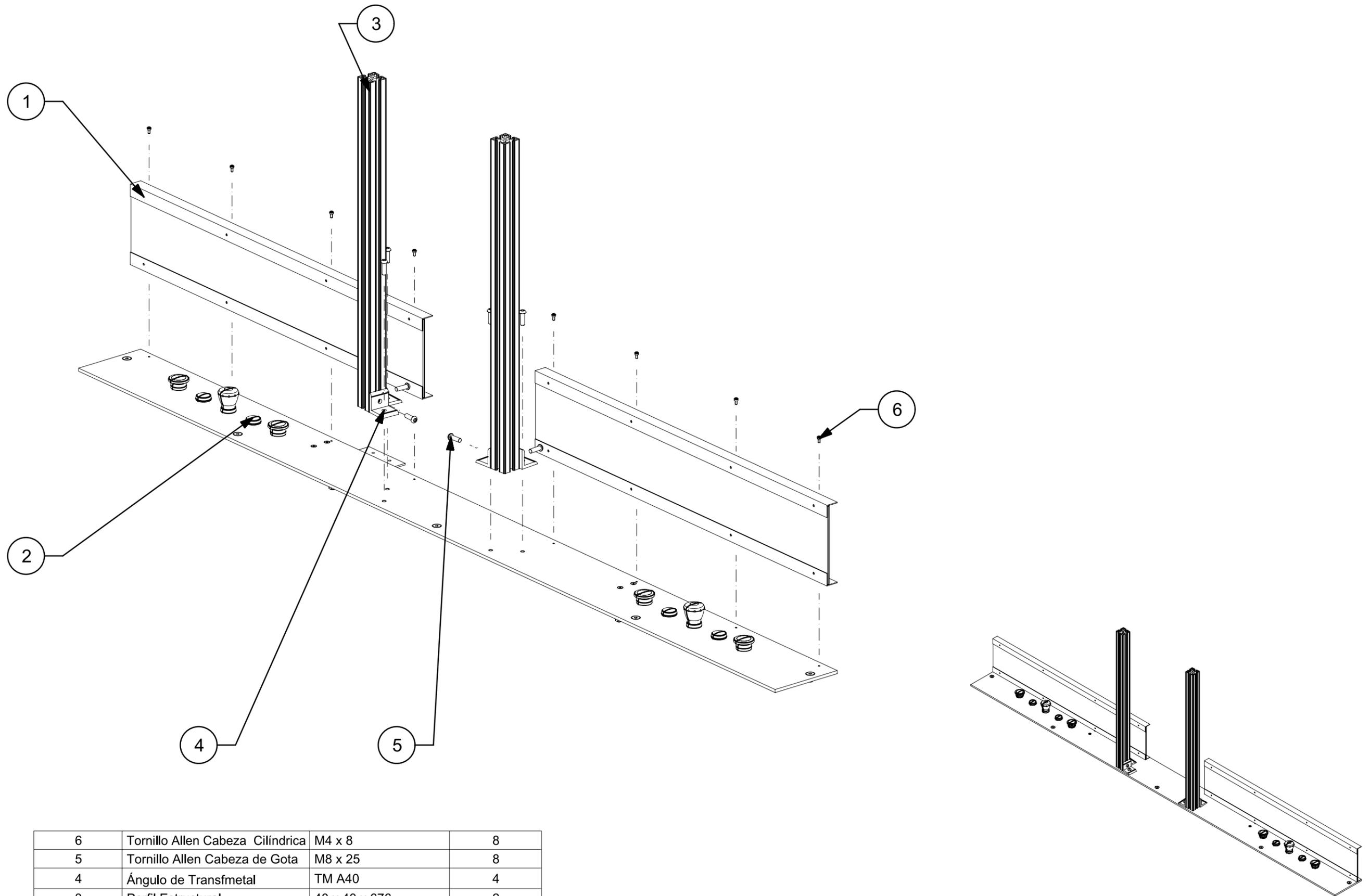
Dib. No.: BYVA-SVB1-510

Escala:

Acot.:

Cantidad: 4

Material: Varios

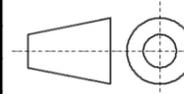


6	Tornillo Allen Cabeza Cilíndrica	M4 x 8	8
5	Tornillo Allen Cabeza de Gota	M8 x 25	8
4	Ángulo de Transmetal	TM A40	4
3	Perfil Estructural	40 x 40 x 676	2
2	Botonera	BYVA-SVB1-512	1
1	Guarda para Botonera	BYVA-SVB1-513	2
Número	Título	Documento	Cantidad



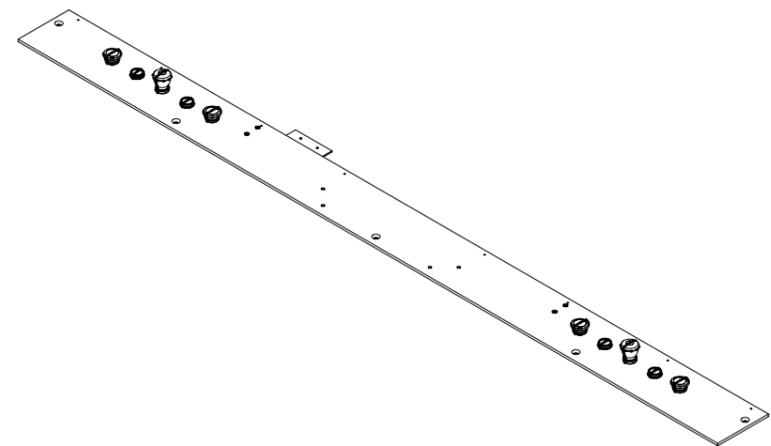
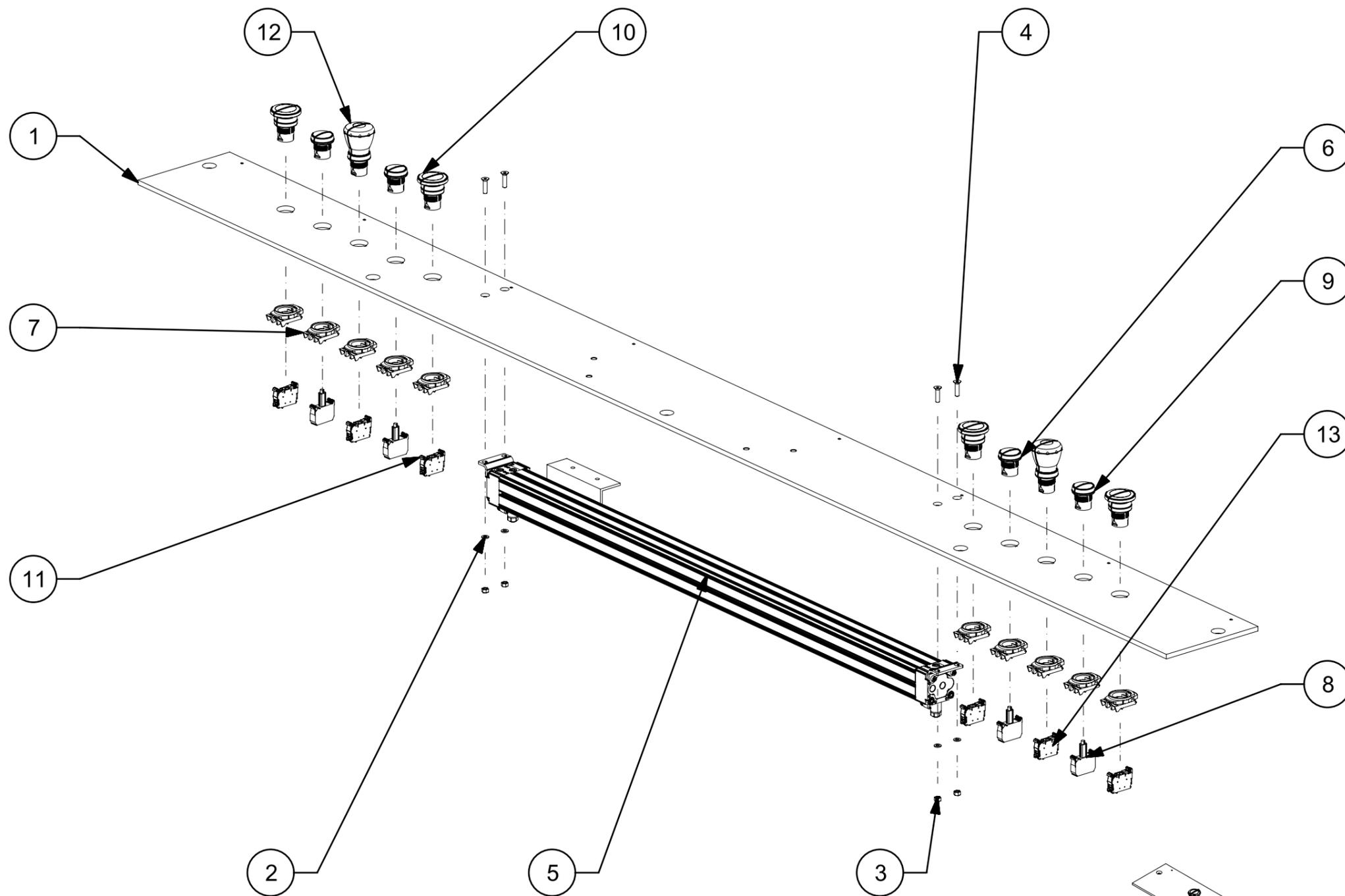
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:  
Botonera con  
Guardas



Rev: A  
Fecha: Noviembre-2017  
Dibujó: IRF  
Revisó: SCC  
Aprobó: SCC  
Dib. No.: BYVA-SVB1-511

Escala:  
Acot.:  
Cantidad: 2  
Material: Varios

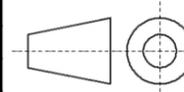


14	Tornillo Allen cabeza Plana	M8 x 16	5
13	Block de Contacto N.C.	800F-X01	2
12	Pulsador tipo Hongo (rojo)	800FP-MT44	2
11	Block de Contacto N.O.	800F-X10	4
10	Pulsador tipo Hongo (verde)	800FM-MM3	4
9	Operador para Luz piloto (verde)	800FP-P3	2
8	Módulo Integrado de Indicador LED	800F-N3W	4
7	Soporte Pástico p/Contactos	800F-ALP	10
6	Operador para Luz piloto (rojo)	800FP-P4	2
5	Pistón de Cabezales completo	BYVA-SVB1-514	1
4	Tornillo Allen cabeza Plana	M5 x 20	6
3	Tuerca Hexagonal	M5	6
2	Rondana de expansión	M5	8
1	Placa de Botonera	BYVA-SVB1-565	1
Número	Título	Documento	Cantidad



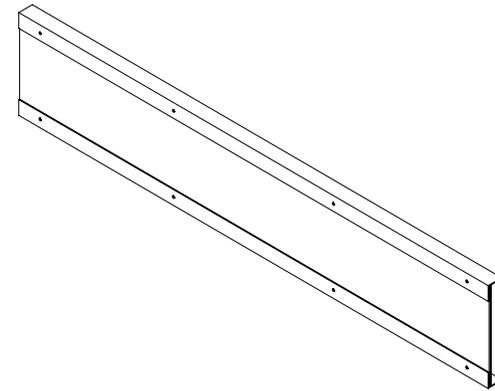
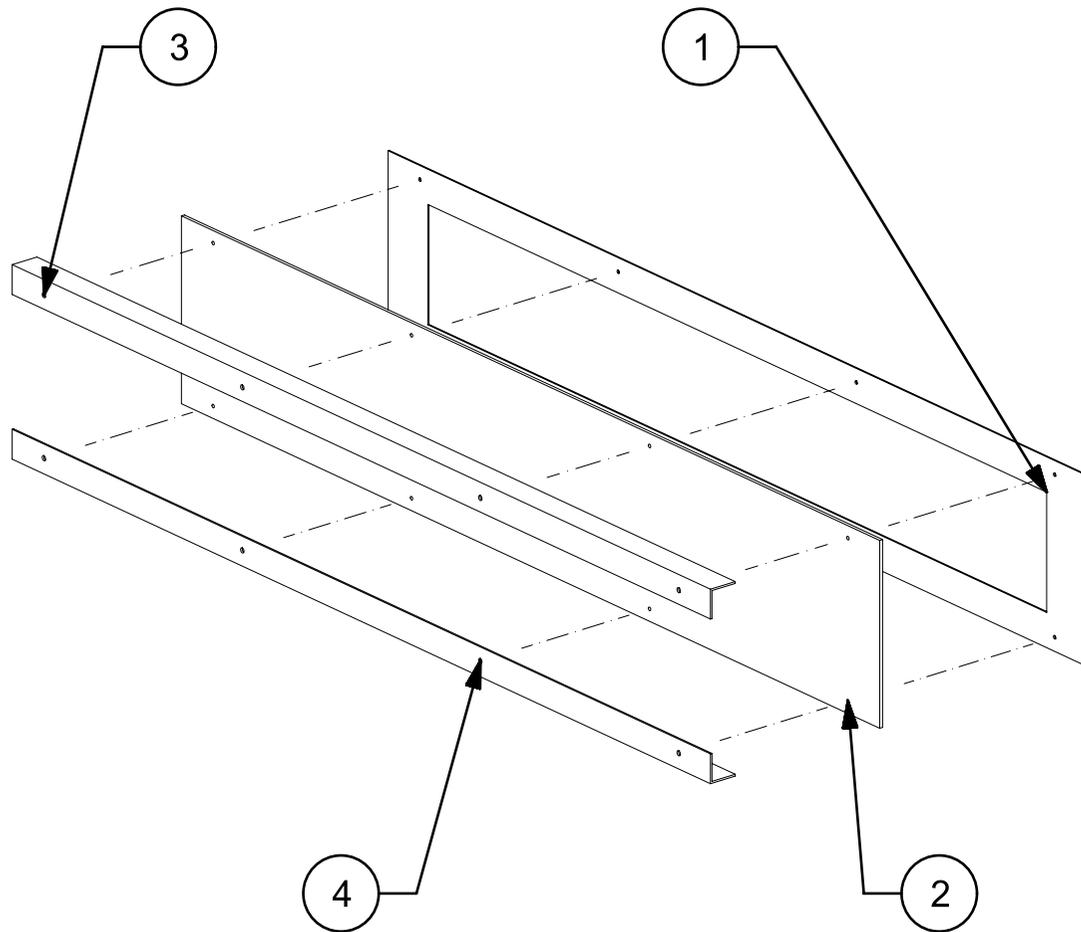
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:  
Botonera



Rev: A  
Fecha: Noviembre-2017  
Dibujó: IRF  
Revisó: SCC  
Aprobó: SCC  
Dib. No.: BYVA-SVB1-512

Escala:  
Acot.:  
Cantidad: 2  
Material: Varios

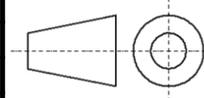


4	Ángulo Inferior Guarda Botonera	BYVA-SVB1-558	1
3	Ángulo Superior Guarda Botonera	BYVA-SVB1-557	1
2	Acrílico Guarda Botonera	BYVA-SVB1-556	1
1	Lámina Guarda Botonera	BYVA-SVB1-562	1
Número	Título	Documento	Cantidad



Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:  
Guarda para  
Botonera



Rev: A

Fecha: Noviembre-2017

Dibujó: IRF

Revisó: SCC

Aprobó: SCC

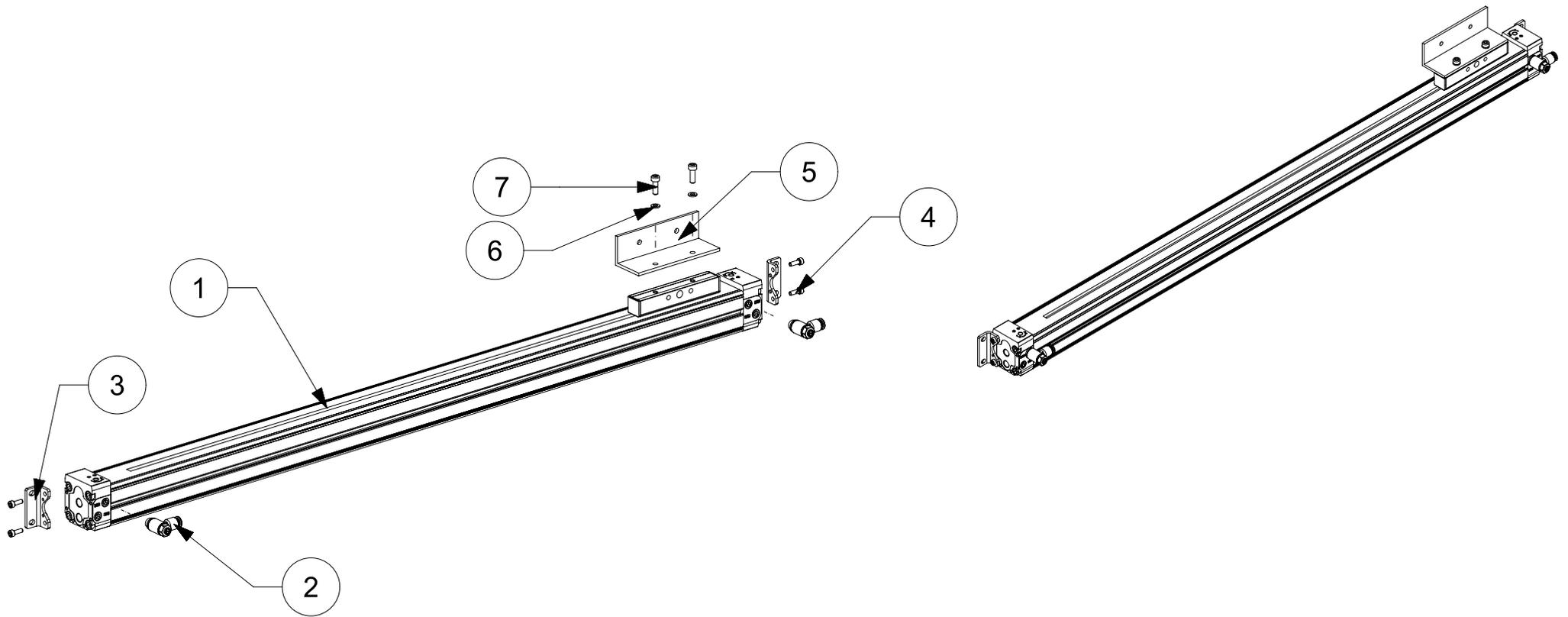
Dib. No.: BYVA-SVB1-513

Escala:

Acot.:

Cantidad: 4

Material: Varios

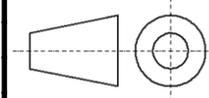


7	Tornillo Allen	M5X15	2
6	Rondana	M5	2
5	Ángulo Pistón Deslizamiento	BYVA-SVB1-559	1
4	Tornillo Allen	M4X12	4
3	Escuadra de Festo	HP-25	2
2	Conector Neumático de Festo	GRLA-1/8-QS-6-D	2
1	Pistón sin Vástago Festo	DGC-K-25-700-PPV-A-GK-D2	1
Número	Título	Documento	Cantidad



Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:  
Pistón de Cabezales  
Completo



Rev: A

Fecha: Noviembre-2017

Dibujó: ALLF

Revisó: SCC

Aprobó: SCC

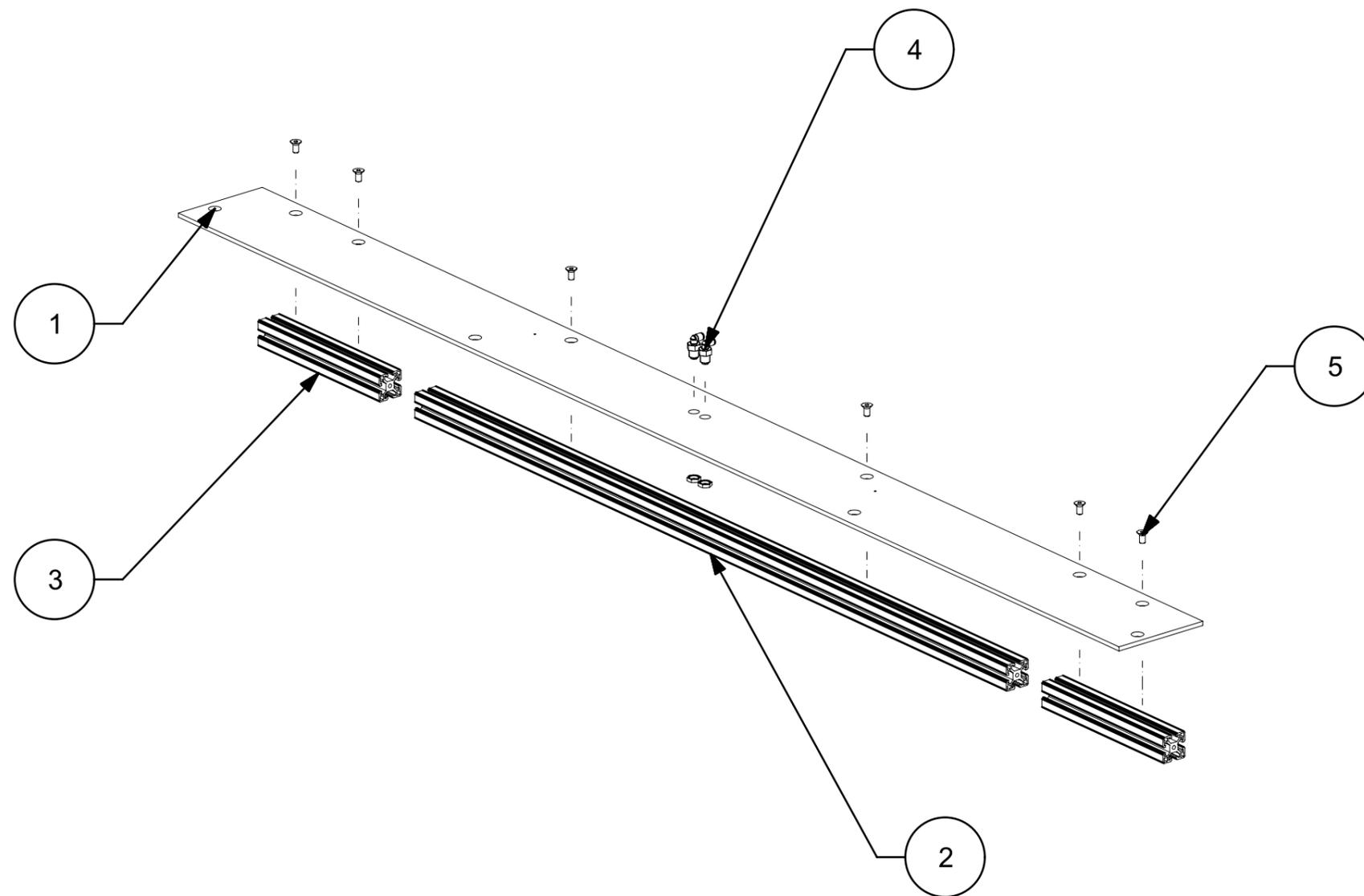
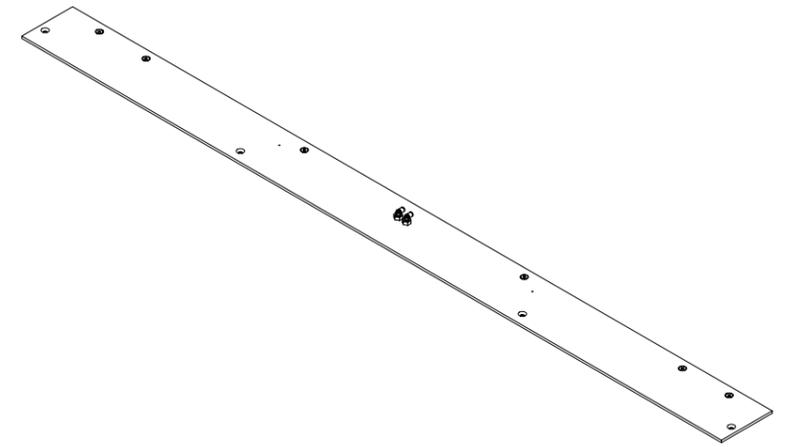
Dib. No.: BYVA-SVB1-514

Escala:

Acot.:

Cantidad: 2

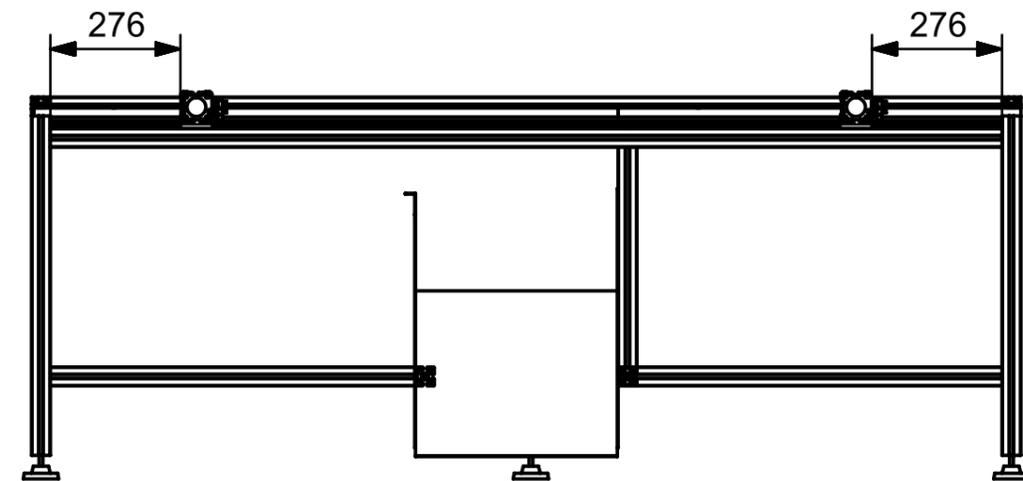
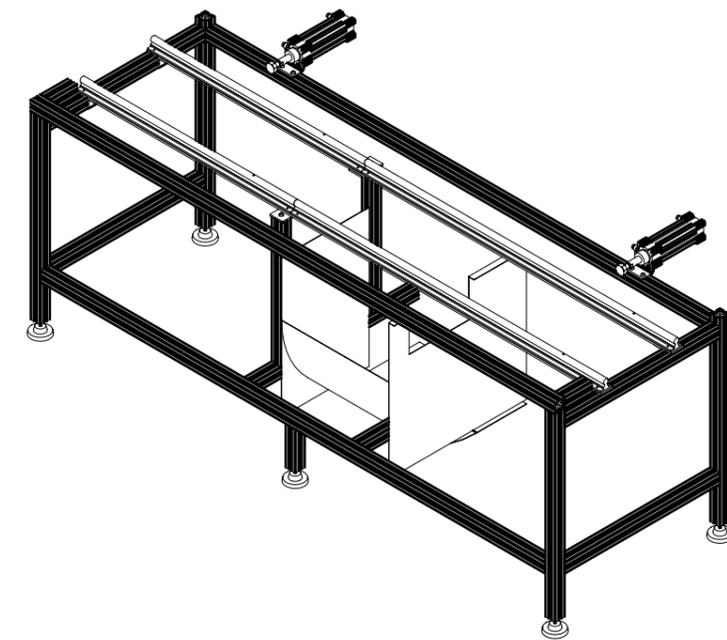
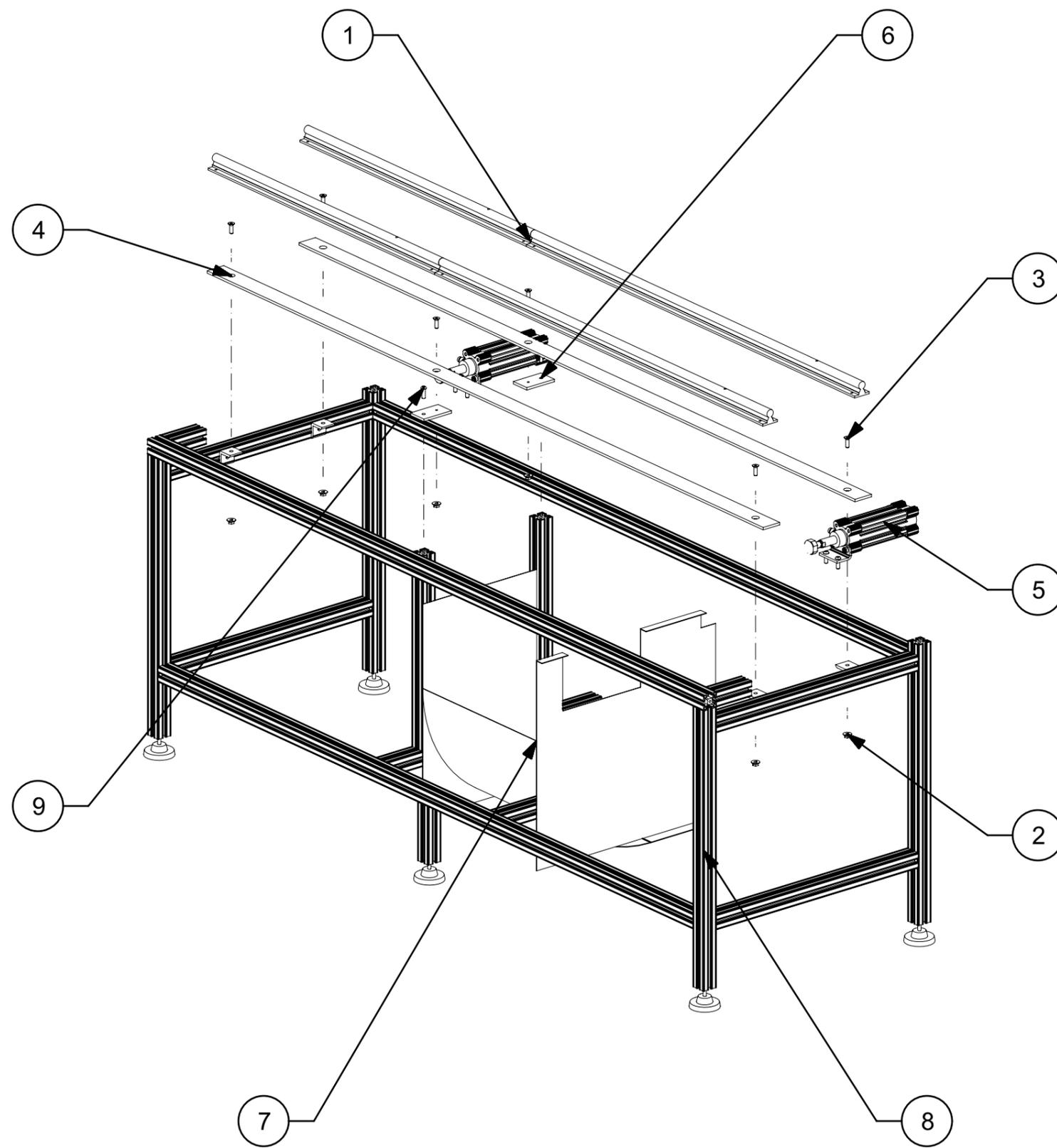
Material: Varios



5	Tornillo Allen Cabeza plana	M8 x 16	6
4	Conector Pasamuros "L" de SMC	KQ2LE06	2
3	Perfil Estructural	40 x 40 x 270	2
2	Perfil Estructural	40 x 40 x 1320	1
1	Opuesta a Placa de Botonera	BYVA-SVB1-564	1
Número	Título	Documento	Cantidad



Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Mecatrónica		Rev: A	Escala:
Título:  Opuesta de Botonera		Fecha: Noviembre-2017	Acot.: mm
		Dibujó: IRF	Cantidad: 2
		Revisó: SCC	Material: Varios
		Aprobó: SCC	
		Dib. No.: BYVA-SVB1-515	

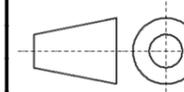


9	Tornillo Allen cabeza de Gota	M8 x 25	6
8	Estructura para Mesa	BYVA-EST-502	1
7	Resbaladilla	BYVA-SVB1-517	1
6	Solera chica para Riel	BYVA-SVB1-563	2
5	Pistón de Apertura Completo	BYVA-SVB1-518	2
4	Solera para los Rieles	BYVA-SVB1-566	2
3	Tornillo Allen Cabeza Plana	M8 x 25	6
2	Tuerca Hexagonal con collar	M8	6
1	Guía Endurecida de NEWMAK	SBR20 (long. 2095)	2
Número	Título	Documento	Cantidad



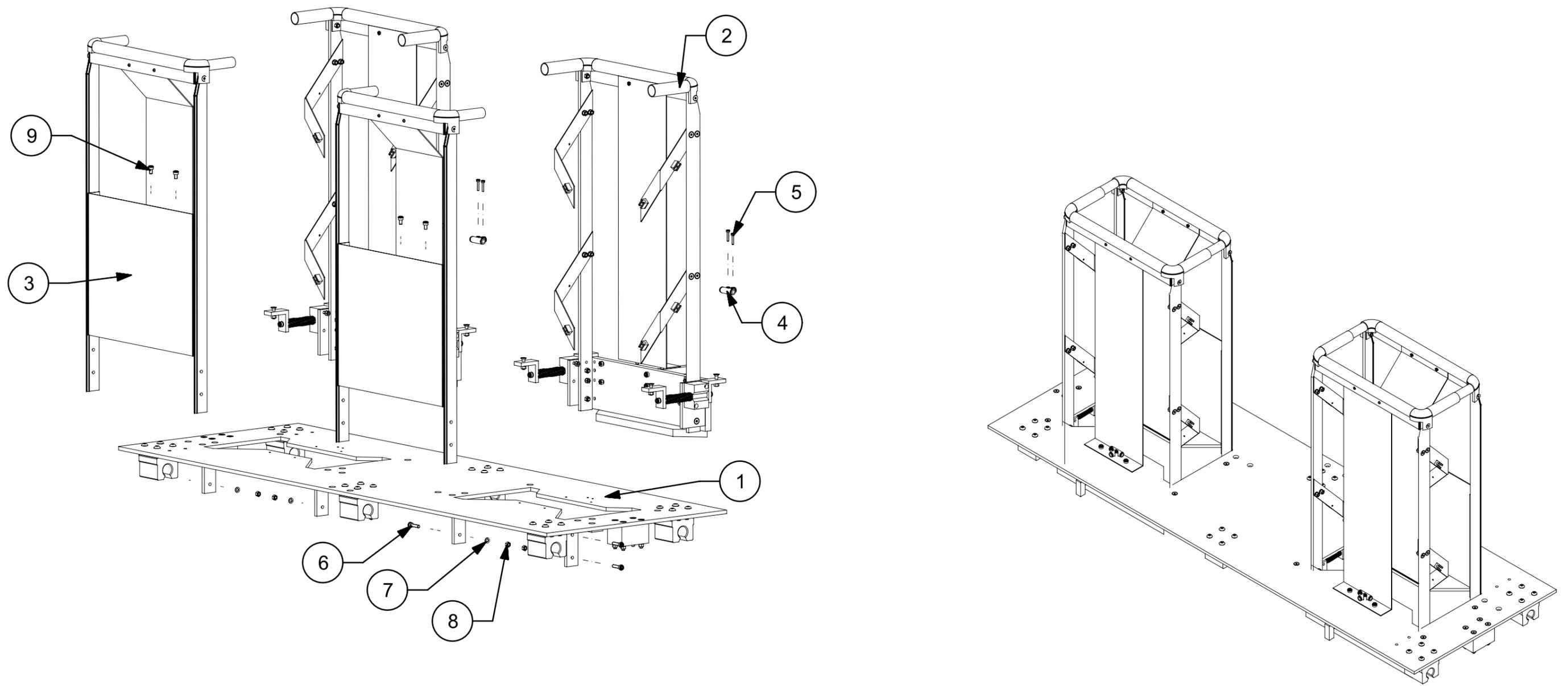
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:  
Mesa con Guías  
y Pistones



Rev: A  
Fecha: Noviembre-2017  
Dibujó: IRF  
Revisó: SCC  
Aprobó: SCC  
Dib. No.: BYVA-SVB1-516

Escala:  
Acot.: mm  
Cantidad: 2  
Material: Varios

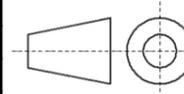


9	Tornillo Cilíndrico	M5X8	4
8	Tuerca Hexagonal	M5	8
7	Rondana de Expansión	M5	8
6	Tornillo Cbza. Cilíndrica	M5X20	8
5	Tornillo Cabeza Cilíndrica	M3X16	4
4	Conector "T" de SMC	KQ2T06-00A	2
3	Cabezal Parte Fija	BYVA-SVB1-524	2
2	Cabezal Parte Móvil	BYVA-SVB1-521	2
1	Placa Deslizante con Accesorios	BYVA-SVB1-520	1
Número	Título	Documento	Cantidad

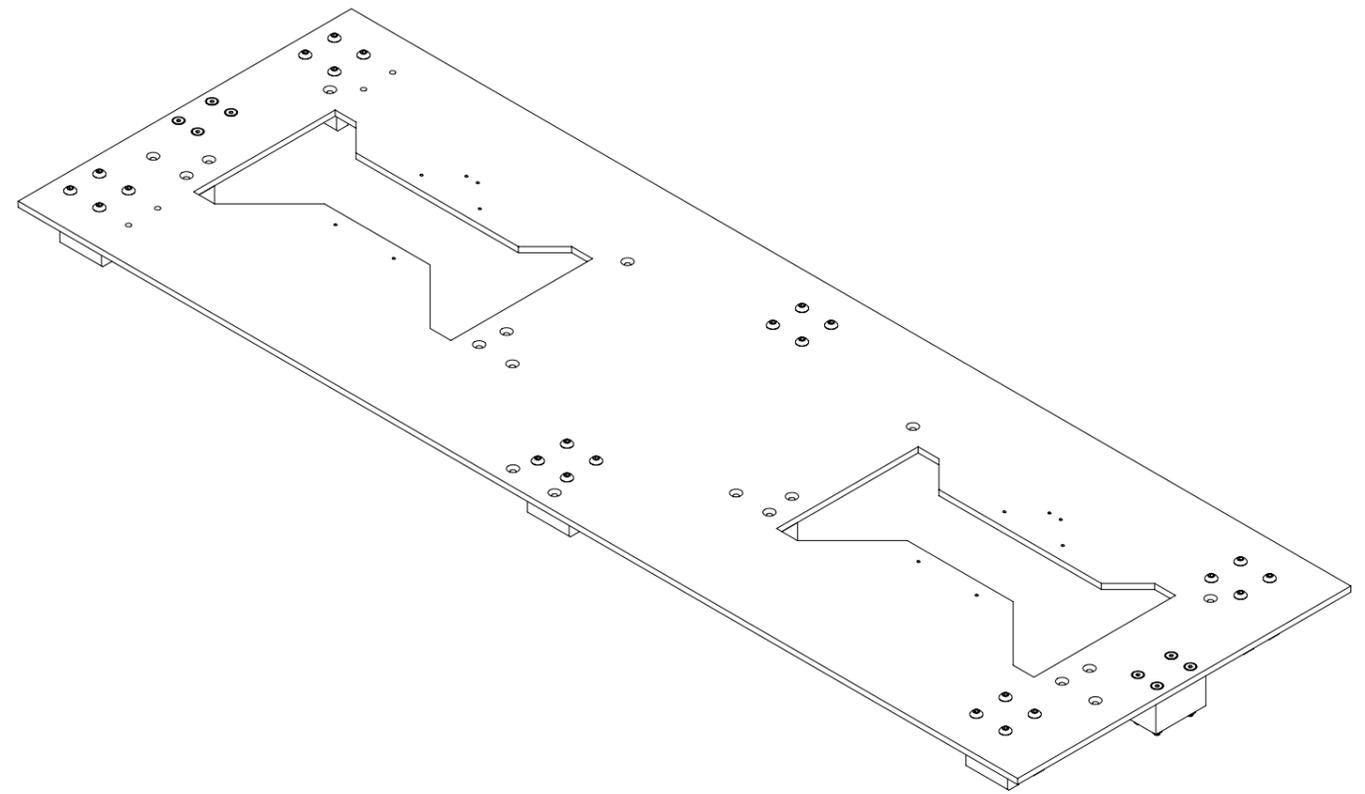
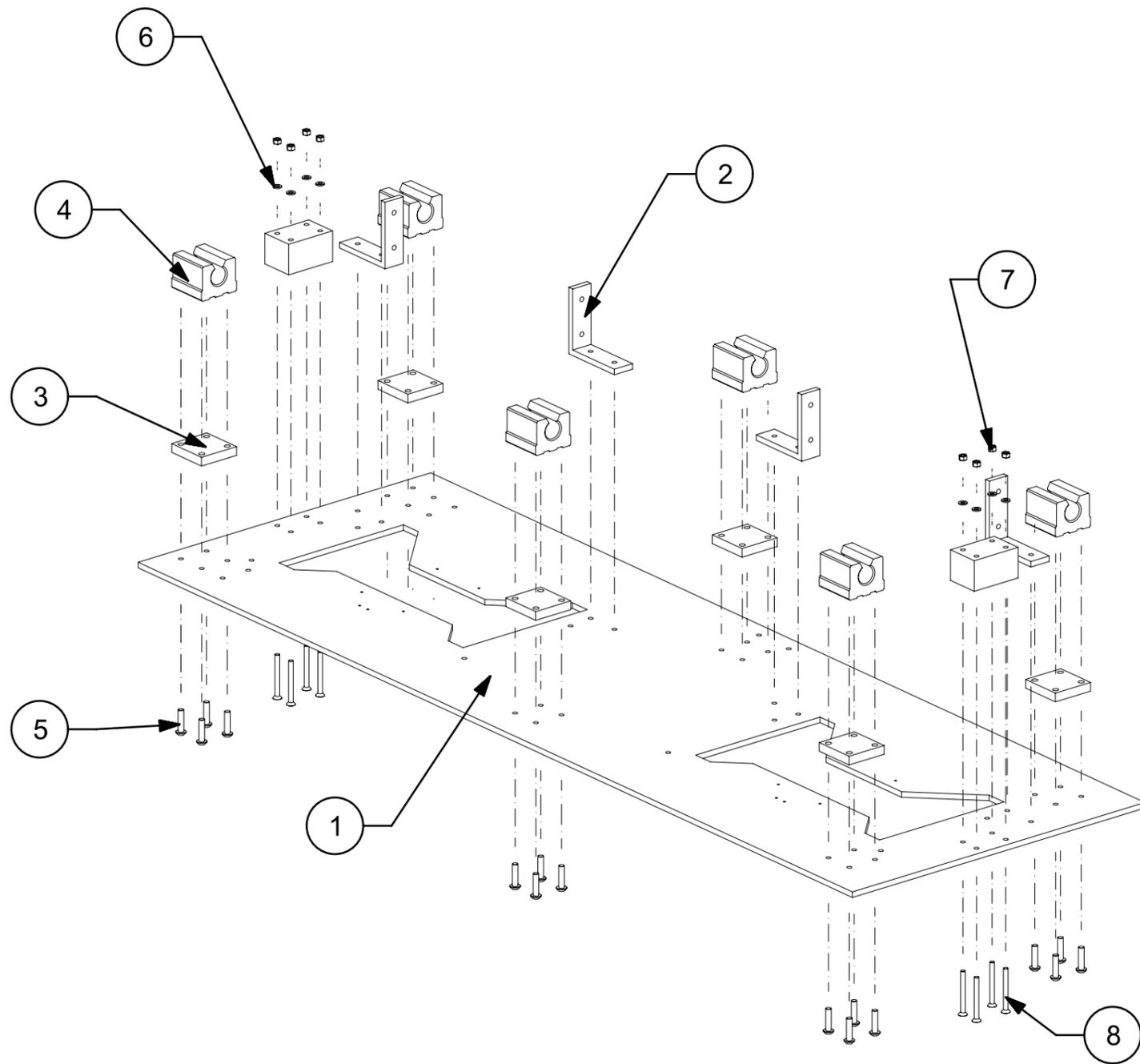


Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:  
Plataforma  
Deslizante



Rev: A	Escala:
Fecha: Noviembre-2017	Acot.:
Dibujó: ALLF	Cantidad: 2
Revisó: SCC	Material: Varios
Aprobó: SCC	
Dib. No.: BYVA-SVB1-519	

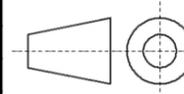


8	Tornillo Allen Cabeza Plana	M5X40	8
7	Tuerca Hexagonal	M5	8
6	Rondana	M5	8
5	Tornillo de Gota	M6X25	24
4	Rodamiento Lineal NEWMAK	SBR20-UU	6
3	Aumento del Buje	BYVA-SVB1-531	6
2	Escuadra Cabezal Parte A	BYVA-SVB1-536	4
1	Placa Deslizante	BYVA-SVB1-543	1
Número	Título	Documento	Cantidad



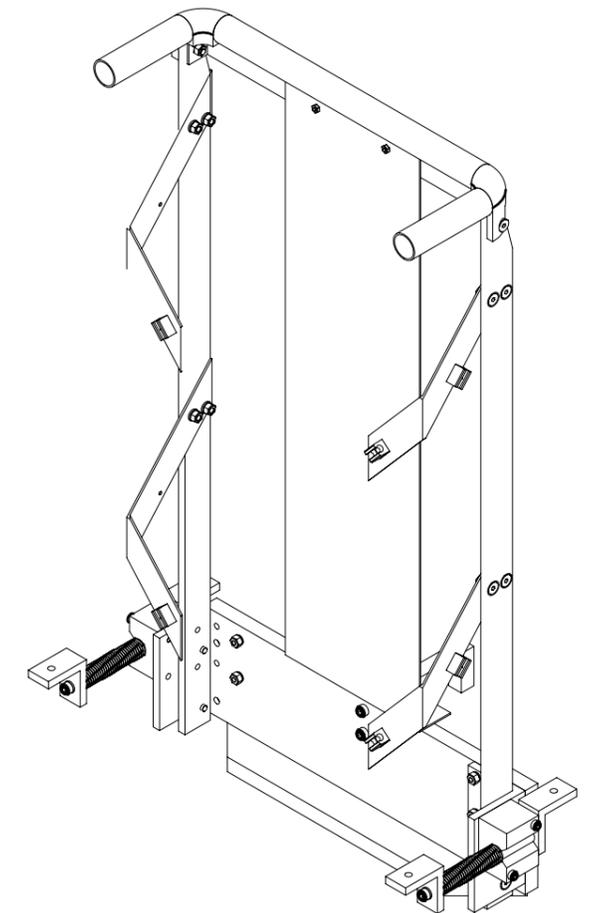
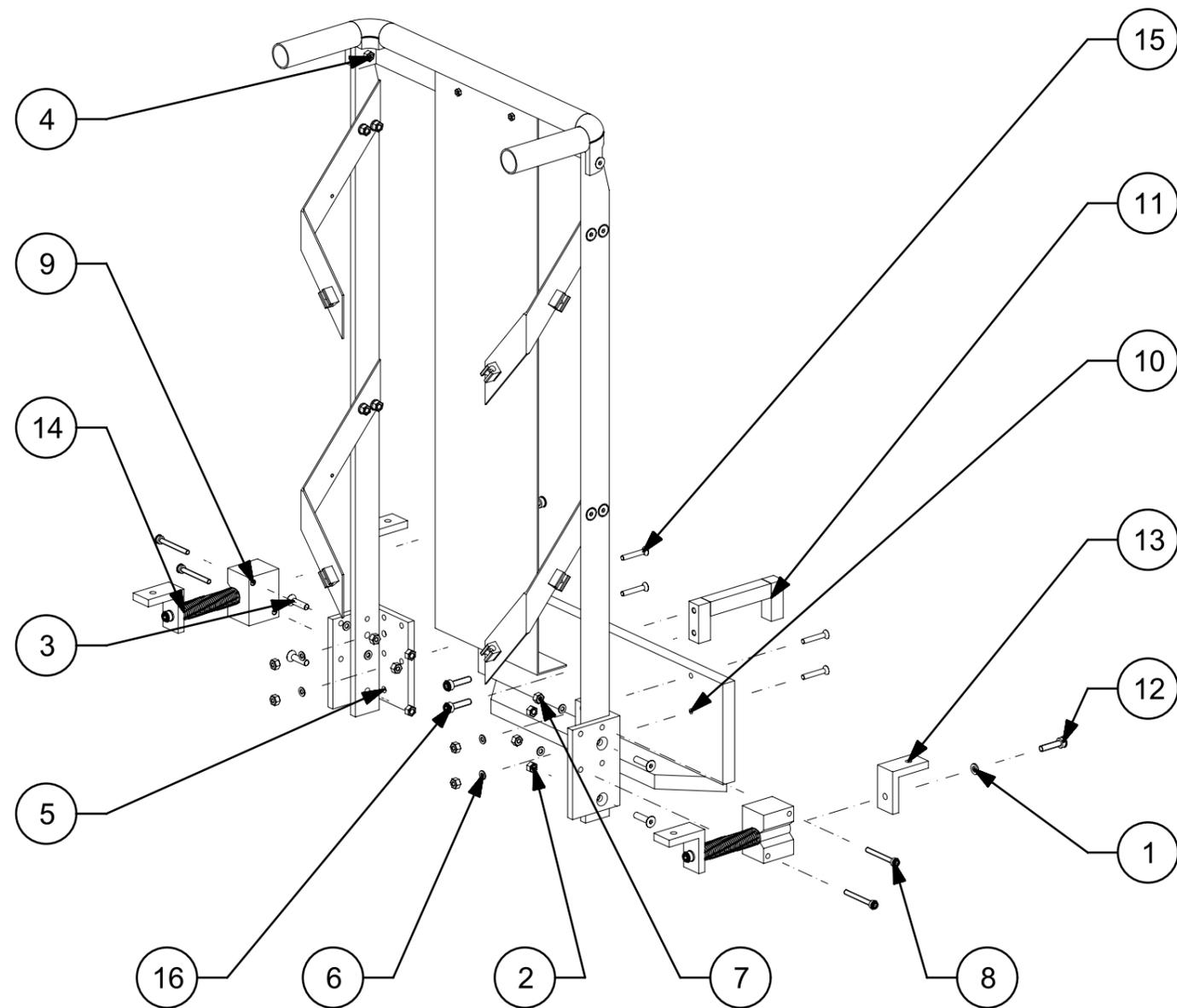
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:  
Placa Deslizante  
con Accesorios



Rev: A  
Fecha: Noviembre-2017  
Dibujó: ALLF  
Revisó: SCC  
Aprobó: SCC  
Dib. No.: BYVA-SVB1-520

Escala:  
Acot.: mm  
Cantidad: 2  
Material: Varios

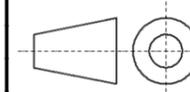


16	Tornillo Allen Cabeza Cilíndrica	M5 x 25	2
15	Tornillo Allen Cabeza Plana	M4 x 25	4
14	Riel Apertura Cabezal	BYVA-SVB1-523	2
13	Ángulo del Riel Apertura	BYVA-SVB1-530	4
12	Tornillo Allen Cabeza Cilíndrica	M5 x 20	2
11	Poste para Golpe	BYVA-SVB1-545	1
10	Placa de Apertura	BYVA-SVB1-544	1
9	Réplica del Rodamiento KGSNO12-PP-AS	BYVA-SVB1-553	2
8	Tornillo Allen Cabeza Cilíndrica	M4 x 35	4
7	Tuerca Hexagonal	M4	8
6	Rondana de expansión	M4	8
5	Ángulo del Buje	BYVA-SVB1-529	2
4	Sub-cabezal Móvil	BYVA-SVB1-522	1
3	Tornillo Allen Cabeza Plana	M5 x 20	4
2	Tuerca Hexagonal	M5	4
1	Rondana de Expansión	M5	8
Número	Título	Documento	Cantidad

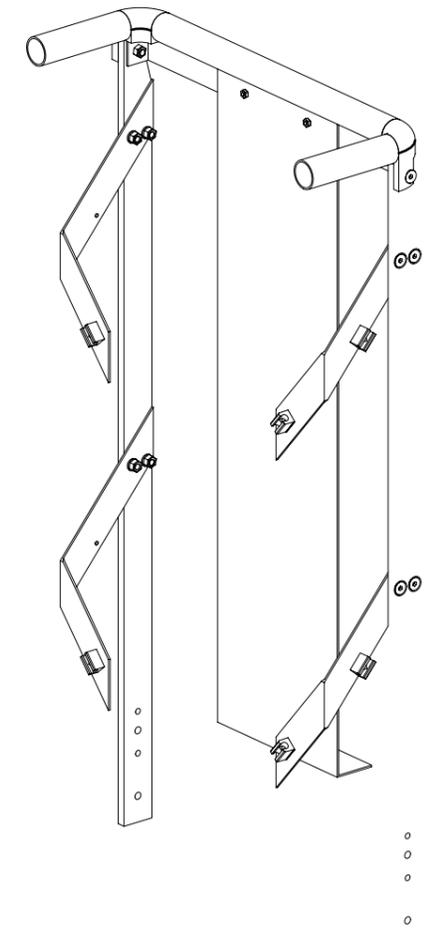
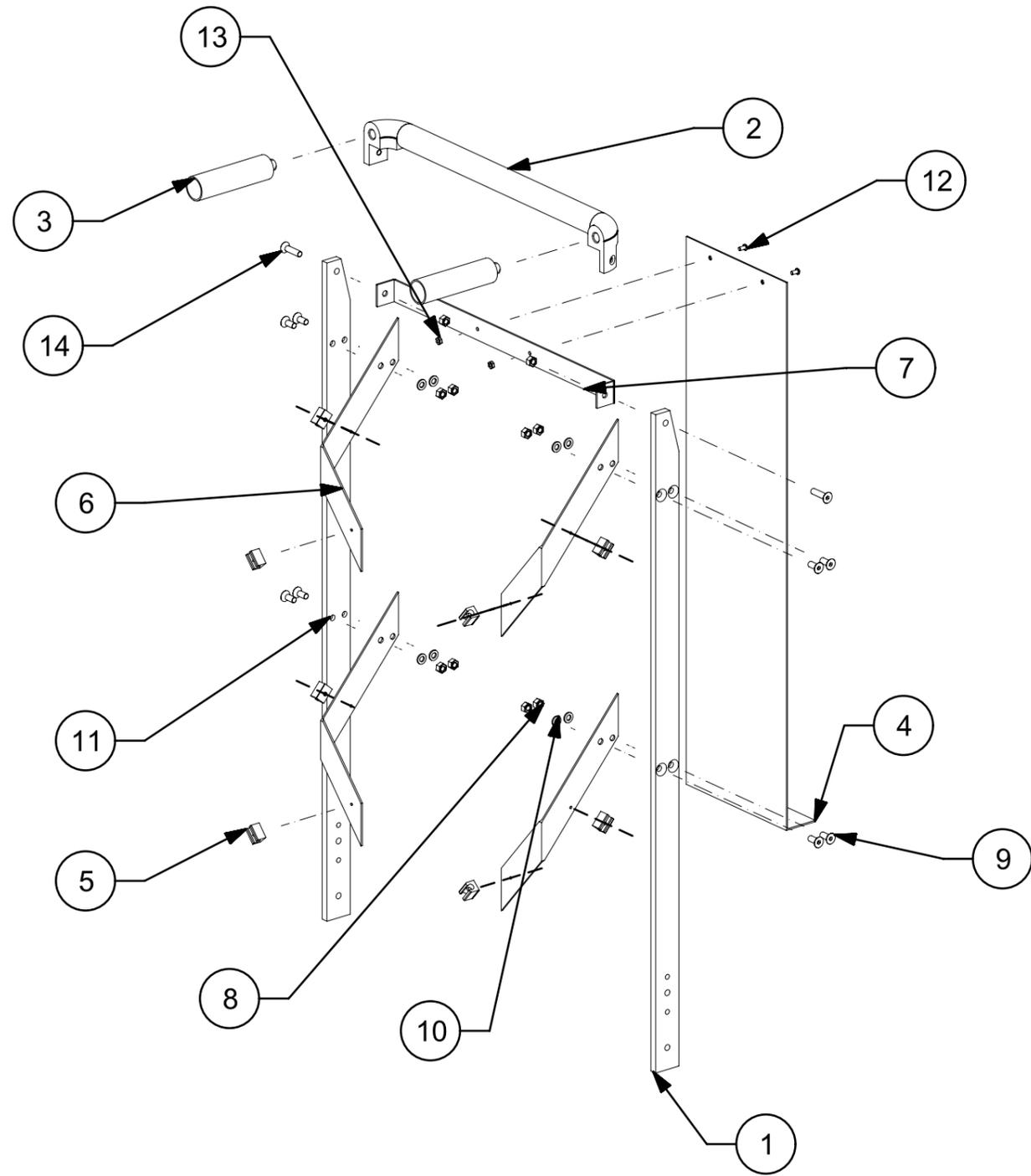


Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:  
Cabezal Parte  
Móvil



Rev: A	Escala:
Fecha: Noviembre-2017	Acot.: mm
Dibujó: IRF	Cantidad: 4
Revisó: SCC	Material: Varios
Aprobó: SCC	
Dib. No.: BYVA-SVB1-521	

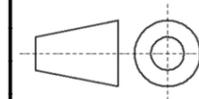


14	Tornillo Cbza. Plana	M5 x 15	2
13	Tuerca	M3	2
12	Tornillo de Gota	M3 x 6	2
11	Solera Cabezal Parte Móvil Parte B	BYVA-SVB1-534	1
10	Rondana	M5	8
9	Tornillo Allen	M5 x 12	8
8	Tuerca Hexagonal	M5	10
7	Lámina Travezaño	BYVA-SVB1-542	1
6	Costillas A y B	BYVA-SVB1-535	4
5	Sujetador de Manguera	KK-4	8
4	Lámina Cabezal Parte Móvil	BYVA-SVB1-539	1
3	Tubular Telescópico Parte Móvil	BYVA-SVB1-552	2
2	Tubular parte B	BYVA-SVB1-550	1
1	Solera Cabezal Parte Móvil Parte A	BYVA-SVB1-533	1
Número	Título	Documento	Cantidad

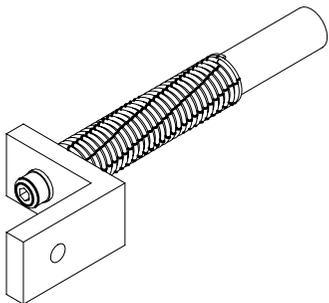
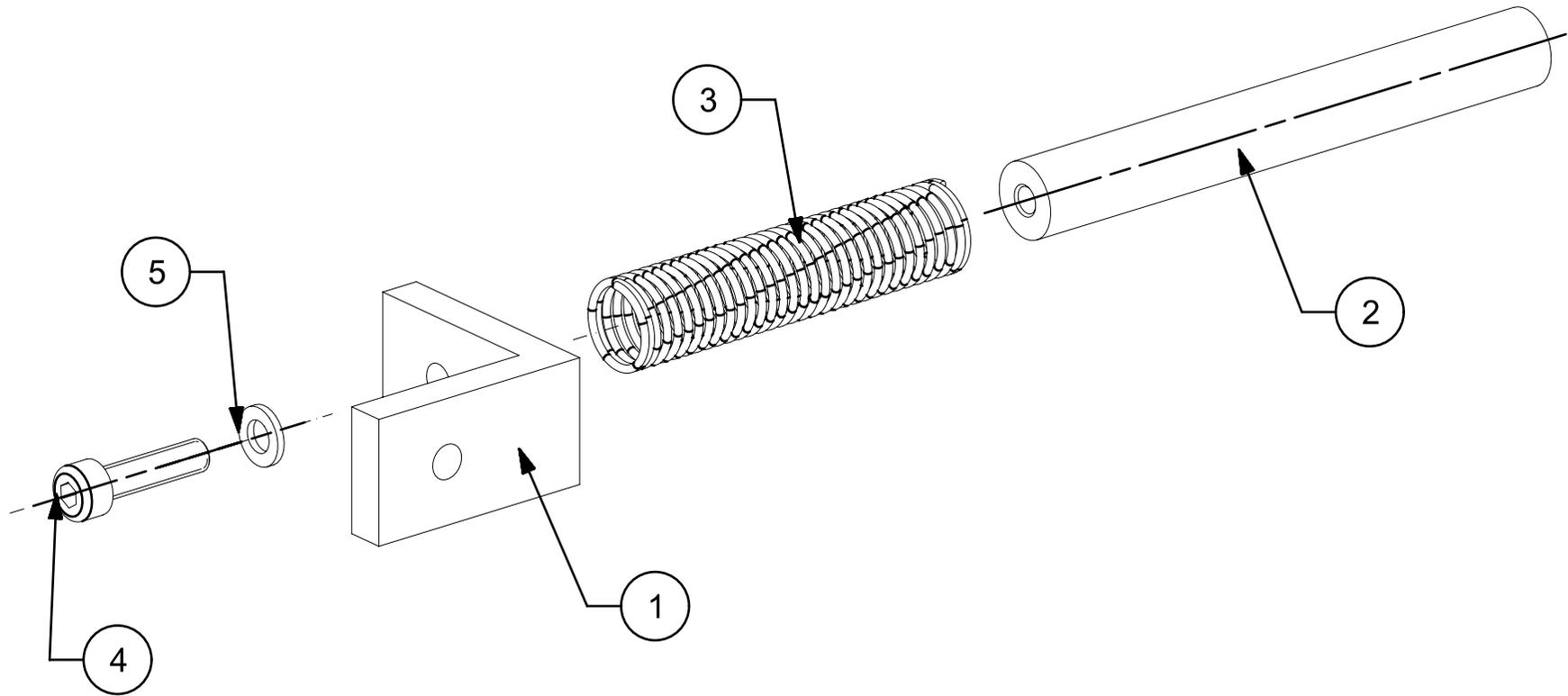


Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:  
Sub-Cabezal Móvil



Rev: A	Escala:
Fecha: Noviembre-2017	Acot.:
Dibujó: ALLF	Cantidad: 4
Revisó: SCC	Material: Varios
Aprobó: SCC	
Dib. No.: BYVA-SVB-522	

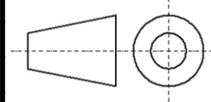


5	Rondana de expansión	M5	4
4	Tornillo Allen Cabeza Cilíndrica	M5 x 20	2
3	Resorte de Apertura	BYVA-SVB1-546	1
2	Rieles Apertura	BYVA-SVB1-548	1
1	Ángulo del Riel Apertura	BYVA-SVB1-530	2
Número	Título	Documento	Cantidad



Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:  
Riel Apertura  
Cabezal



Rev: A

Fecha: Noviembre-2017

Dibujó: ALLF

Revisó: SCC

Aprobó: SCC

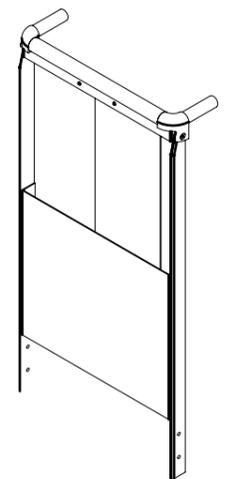
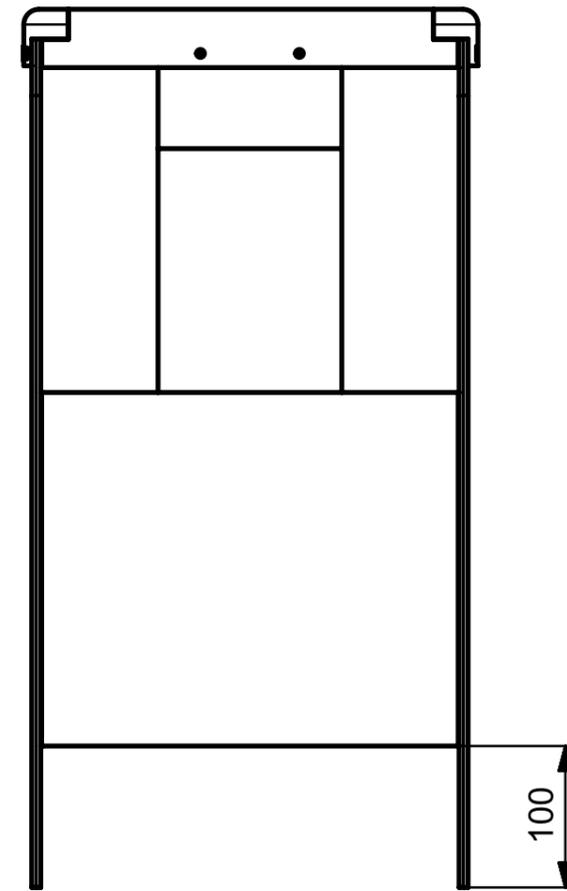
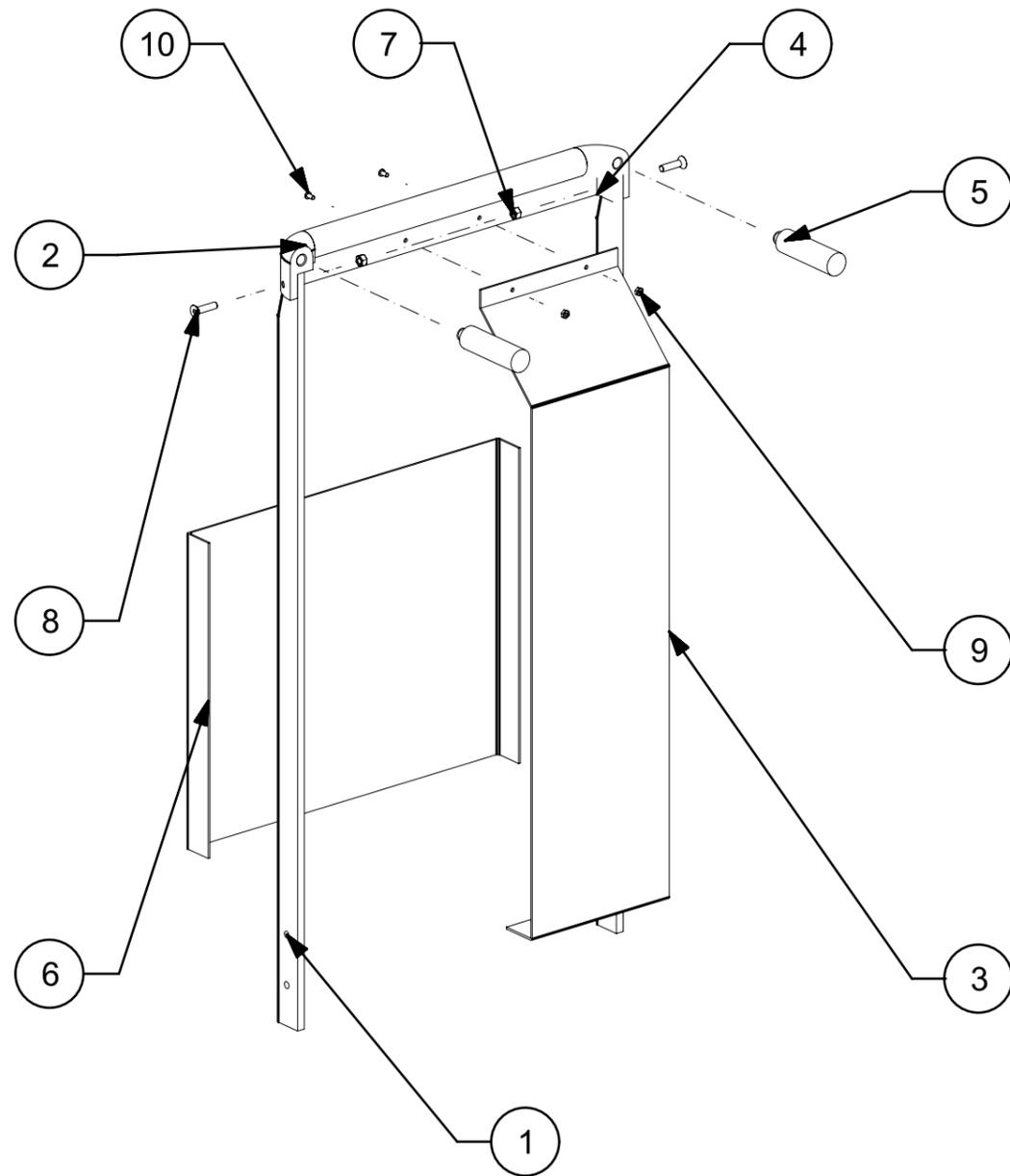
Dib. No.: BYVA-SVB1-523

Escala:

Acot.: mm

Cantidad: 8

Material: Varios



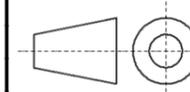
10	Tornillo Allen Cabeza de Gota	M3 x 6	2
9	Tuerca Hexagonal	M3	2
8	Tornillo Allen Cabeza Plana	M5 x 20	2
7	Tuerca Hexagonal	M5	2
6	Lámina Externa	BYVA-SVB1-540	1
5	Tubular Telescópico Parte Fija	BYVA-SVB1-551	2
4	Lámina Travesaño	BYVA-SVB1-542	1
3	Lámina a 45	BYVA-SVB1-541	1
2	Corona de Cabezales	BYVA-SVB1-525	1
1	Solera Cabezal Parte Fija	BYVA-SVB1-532	2
Número	Título	Documento	Cantidad

La unión entre las piezas 1 y 6 es por medio de cinta doble cara



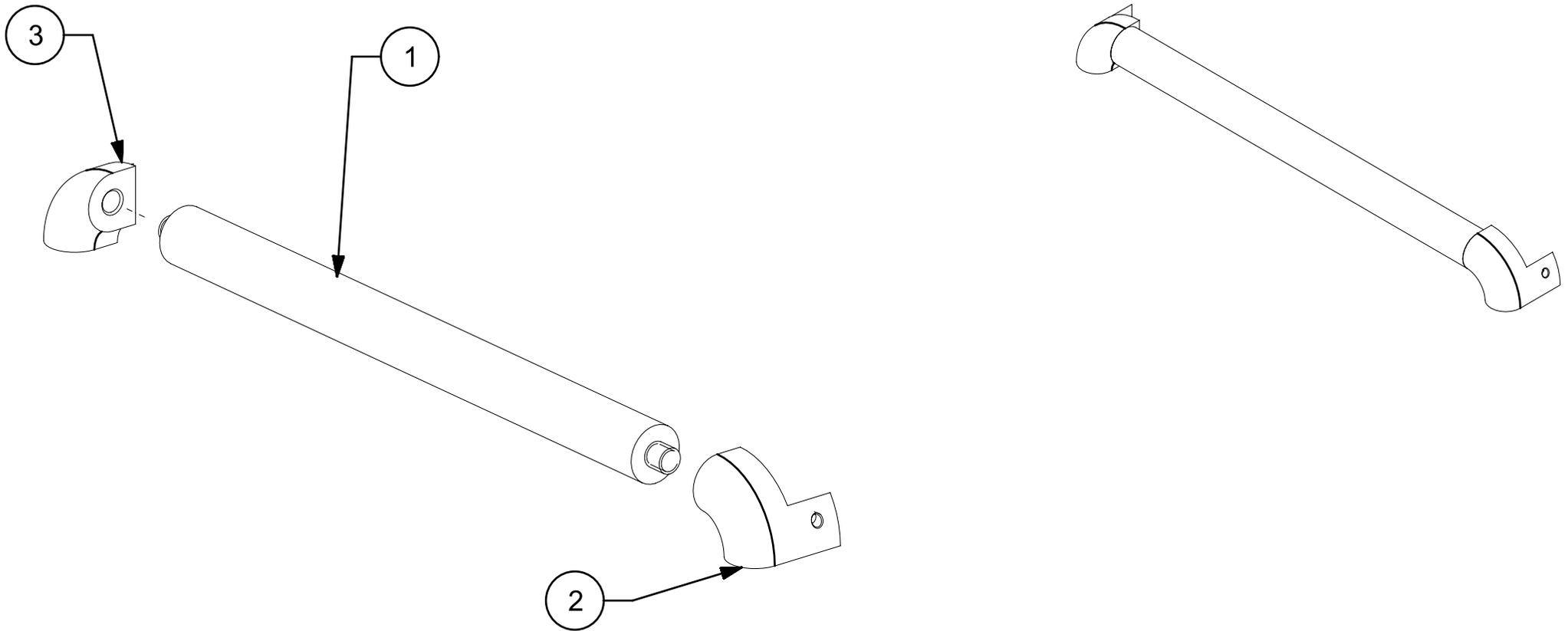
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:  
Cabezal Parte  
Fija



Rev: A  
Fecha: Noviembre-2017  
Dibujó: IRF  
Revisó: SCC  
Aprobó: SCC  
Dib. No.: BYVA-SVB1-524

Escala:  
Acot.: mm  
Cantidad: 4  
Material: Varios



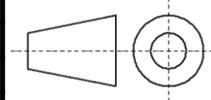
3	Esquina Cabezale Parte B	BYVA-SVB1-538	1
2	Esquina Cabezales Parte A	BYVA-SVB1-537	1
1	Tubular Parte B	BYVA-SVB1-550	1
Número	Título	Documento	Cantidad



Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:

Corona de  
Cabezales



Rev: A

Fecha: Noviembre-2017

Dibujó: ALLF

Revisó: SCC

Aprobó: SCC

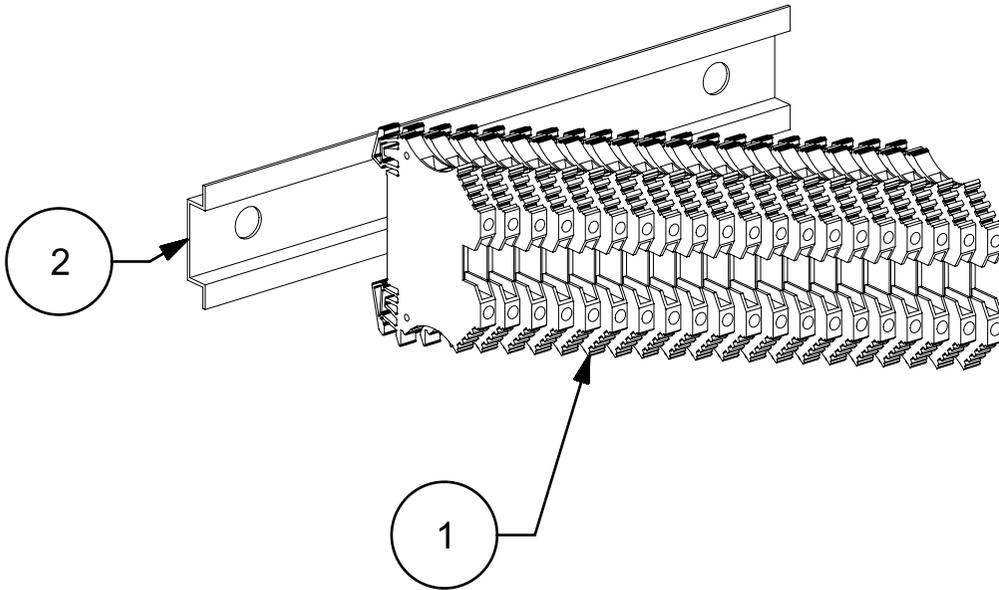
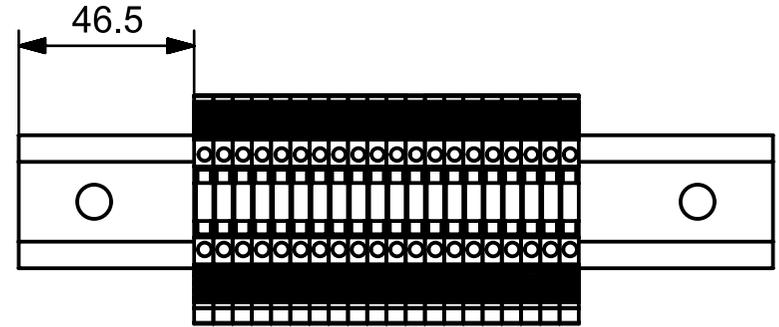
Dib. No.: BYVA-SVB1-525

Escala:

Acot.:

Cantidad: 8

Material: Aluminio



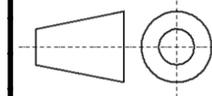
2	Riel Din (200mm) de Allen Bradley	199-DR1	1
1	Tablilla Terminal de Allen Bradley (Gris)	1492-J3	20
Número	Título	Documento	Cantidad



Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:

Clemas



Rev: A

Fecha: Noviembre-2017

Dibujó: IRF

Revisó: SCC

Aprobó: SCC

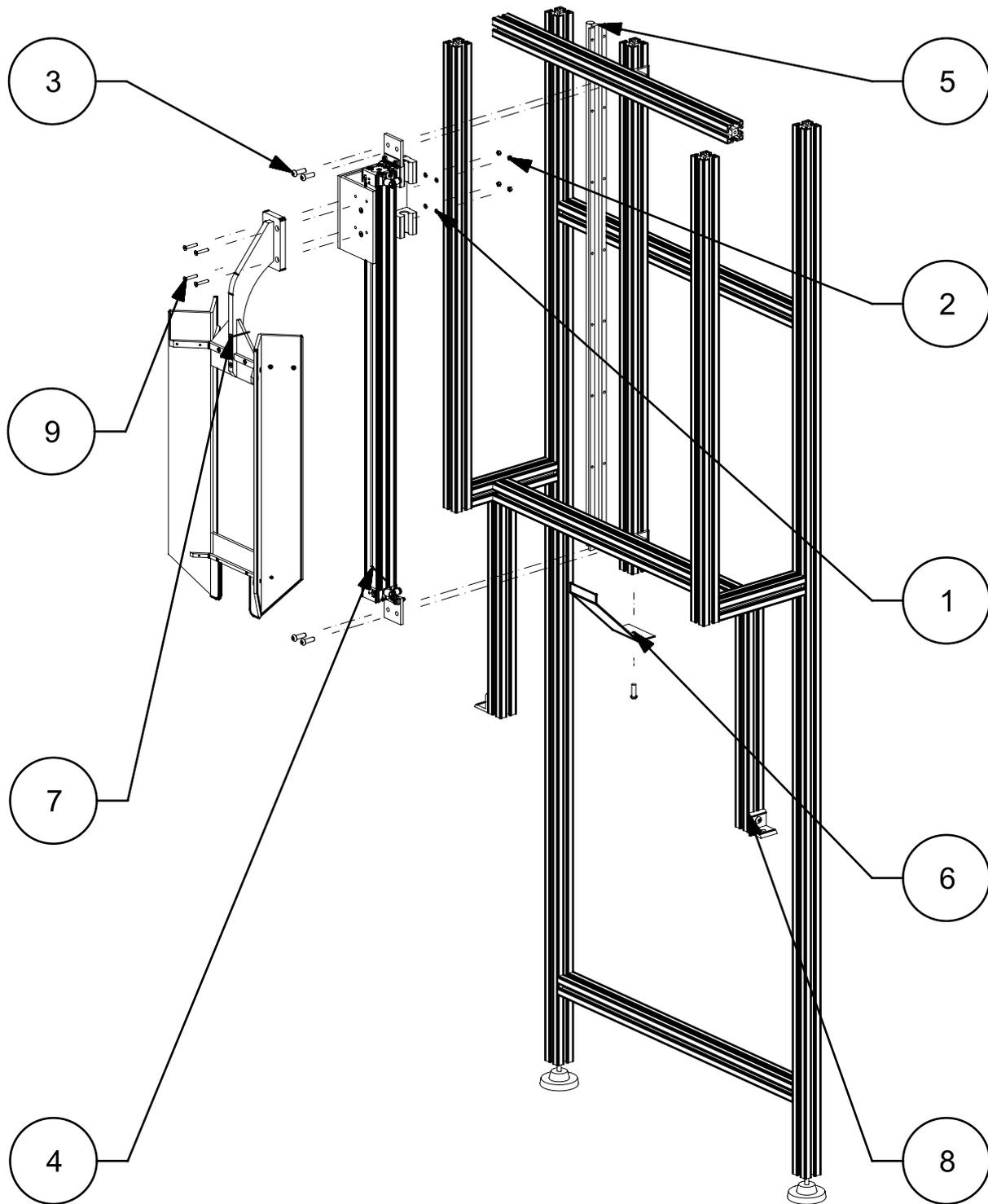
Dib. No.: BYVA-SVB1-526

Escala: 1:2

Acot.: mm

Cantidad: 2

Material: Varios

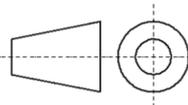


9	Tornillo Allen Cabeza Plana	M5 x 30	4
8	Estructura para Ariete	BYVA-EST-501	1
7	Ariete Mediano con Base	BYVA-SVB2-504	1
6	Cubierta del Pistón de Ariete	BYVA-SVB2-510	1
5	Guía Rectificada	SBR16	1
4	Pistón del Ariete	BYVA-SVB2-502	1
3	Tornillo Allen Cabeza de Gota	M8 x 25	5
2	Tuerca Hexagonal	M5	4
1	Rondana de Expansión	M5	4
Número	Título	Documento	Cantidad



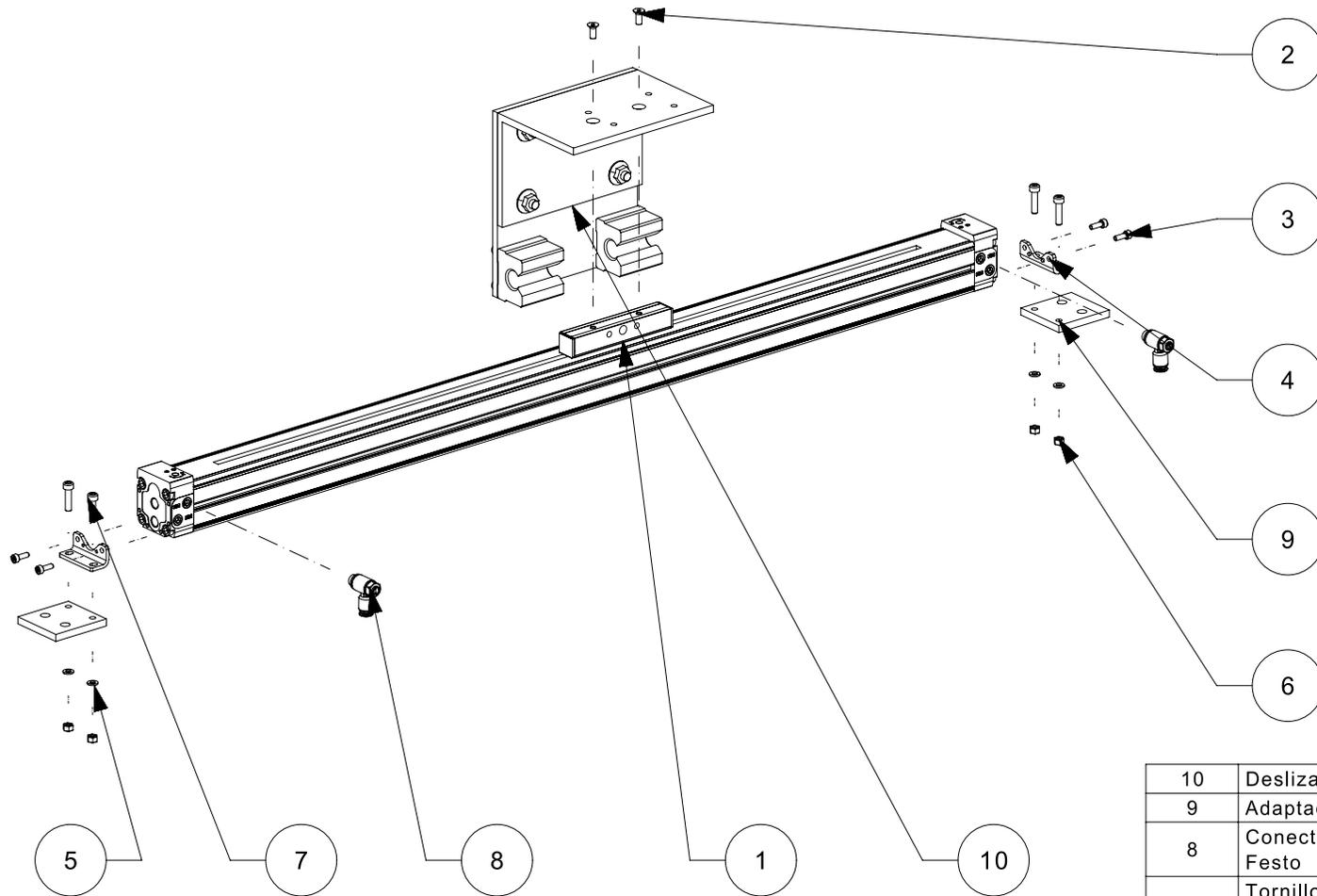
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:  
Ariete Mediano  
con Estructura



Rev: A  
Fecha: Septiembre-2017  
Dibujó: IRF  
Revisó: SCC  
Aprobó: SCC  
Dib. No.: BYVA-SVB2-501

Escala:  
Acot.: mm  
Cantidad: 2  
Material: Varios

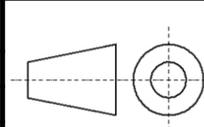


10	Deslizamiento del Ariete	BYVA-SVB2-503	1
9	Adaptación Pistón de Ariete	BYVA-SVB2-511	1
8	Conector Neumático de Festo	GRLA-1/8-QS-6-D	2
7	Tornillo Allen Cabeza Cilíndrica	M5 x 20	4
6	Tuerca Hexagonal	M5	4
5	Rondana de Expansión	M5	12
4	Escuadra de Festo	HP-25	2
3	Tornillo Allen Cabeza Cilíndrica	M4 x 12	4
2	Tornillo Allen Cabeza Plana	M5 x 12	2
1	Pistón sin Vástago de Festo	DGC-K-25-700-PPV-A-GK-D2	1
Número	Título	Documento	Cantidad



Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:  
Pistón  
del Ariete



Rev: A

Fecha: Septiembre-2017

Dibujó: IRF

Revisó: SCC

Aprobó: SCC

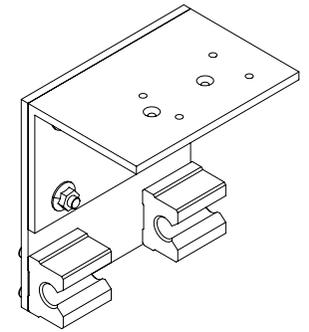
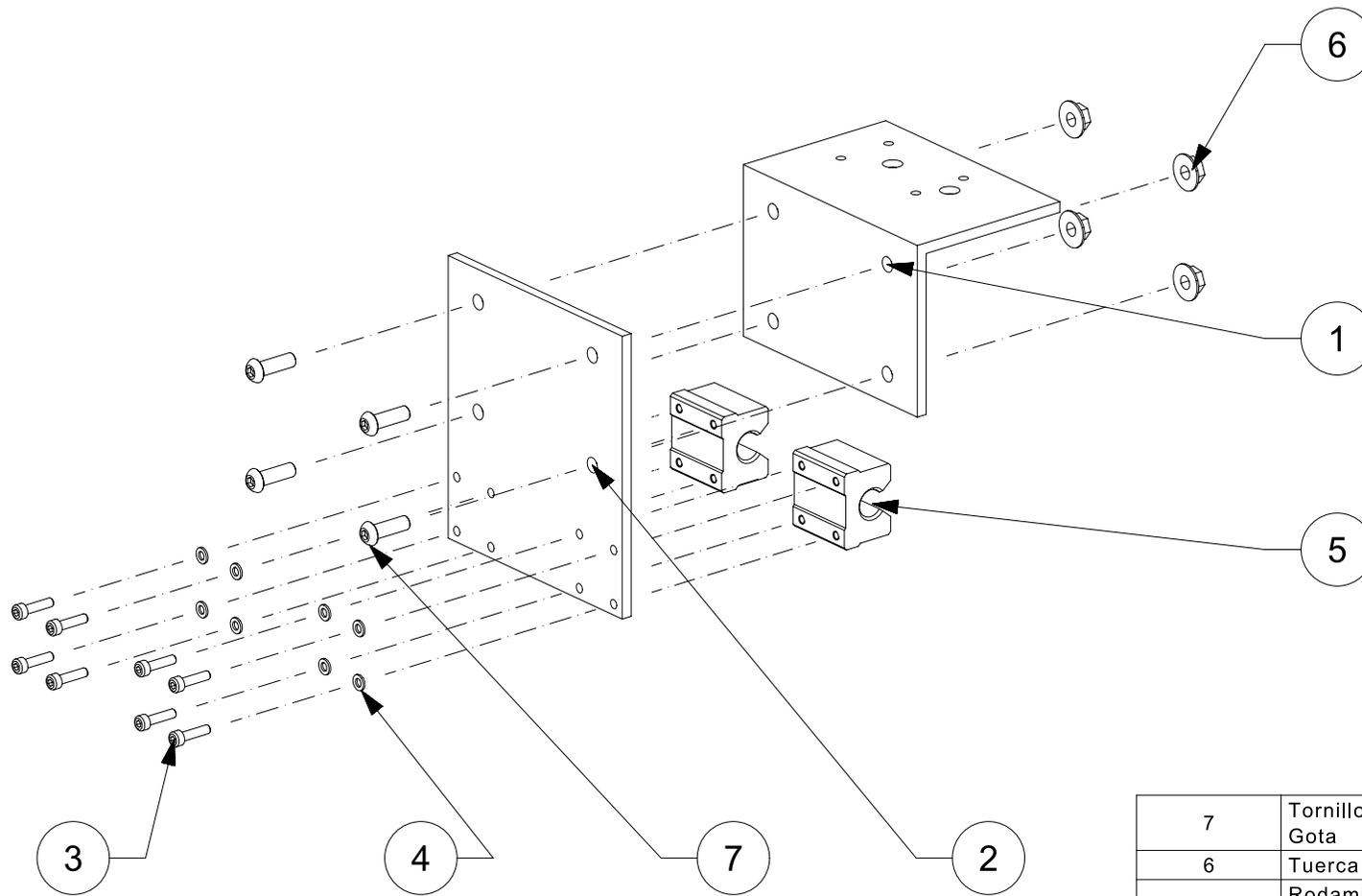
Dib. No.: BYVA-SVB2-502

Escala:

Acot.:

Cantidad: 2

Material: Varios

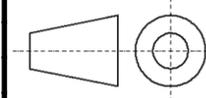


7	Tornillo Allen Cabeza de Gota	M8 x 25	4
6	Tuerca con collar	M8	4
5	Rodamiento Lineal de Newmak	SBR16-UU	2
4	Rondana de expansión	M5	8
3	Tornillo Allen Cabeza Cilíndrica	M5 x 20	8
2	Solera Para Rodamientos	BYVA-SVB2-517	1
1	Ángulo de los Rodamientos	BYVA-SVB2-508	1
Número	Título	Documento	Cantidad



Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:  
Deslizamiento  
del Ariete



Rev: A

Fecha: Septiembre-2017

Dibujó: IRF

Revisó: SCC

Aprobó: SCC

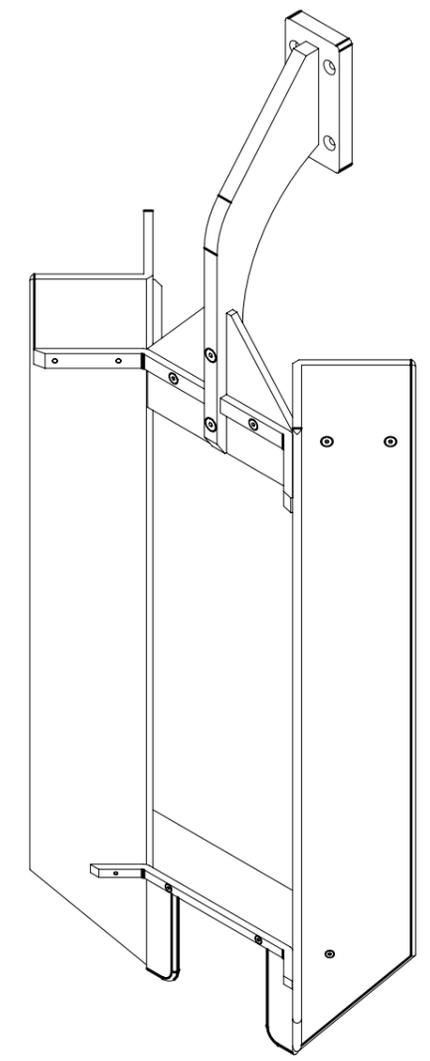
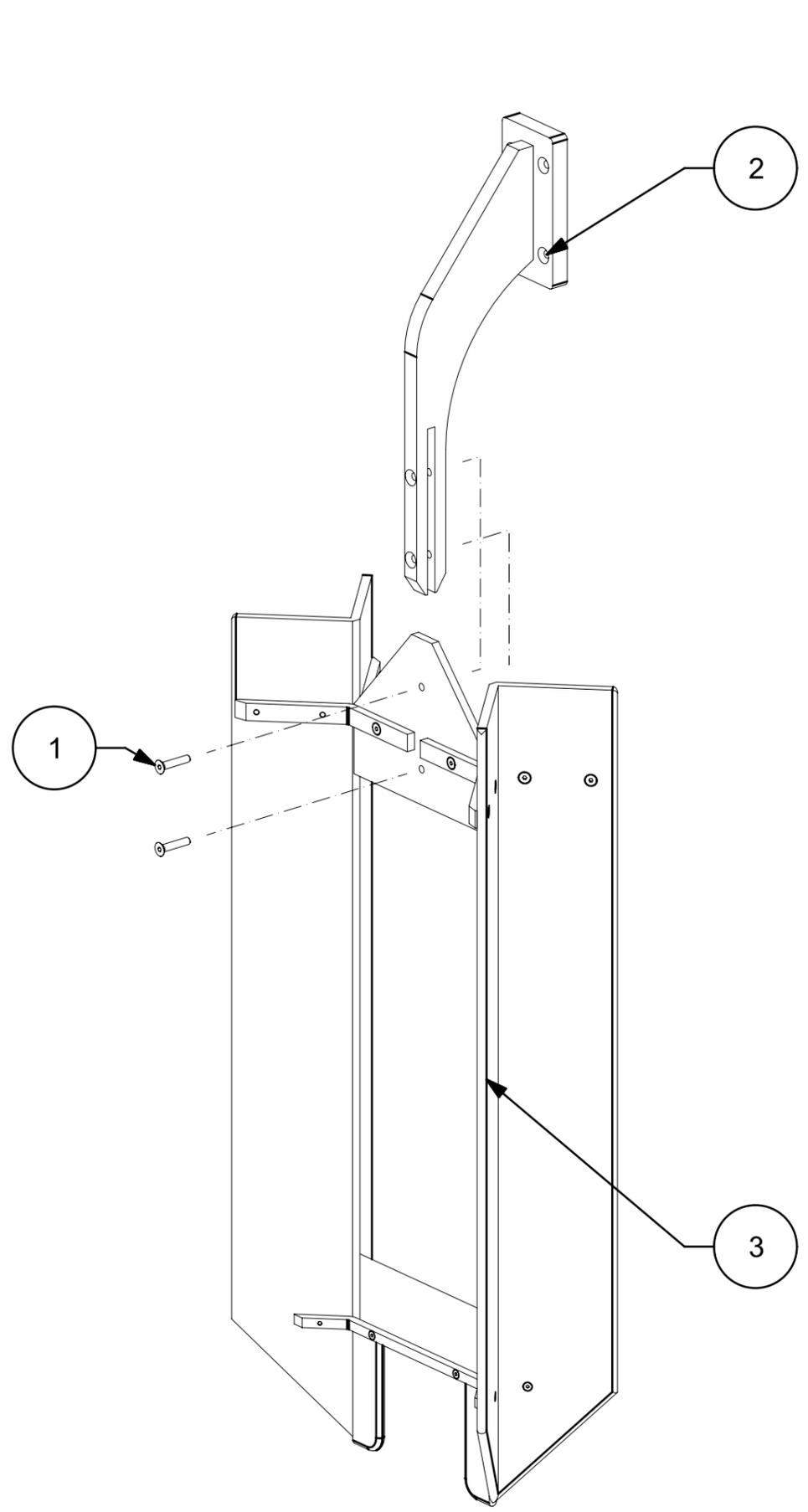
Dib. No.: BYVA-SVB2-503

Escala:

Acot.:

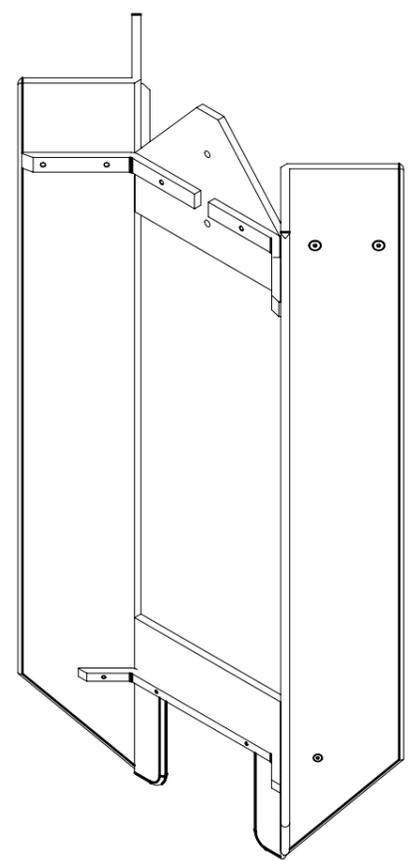
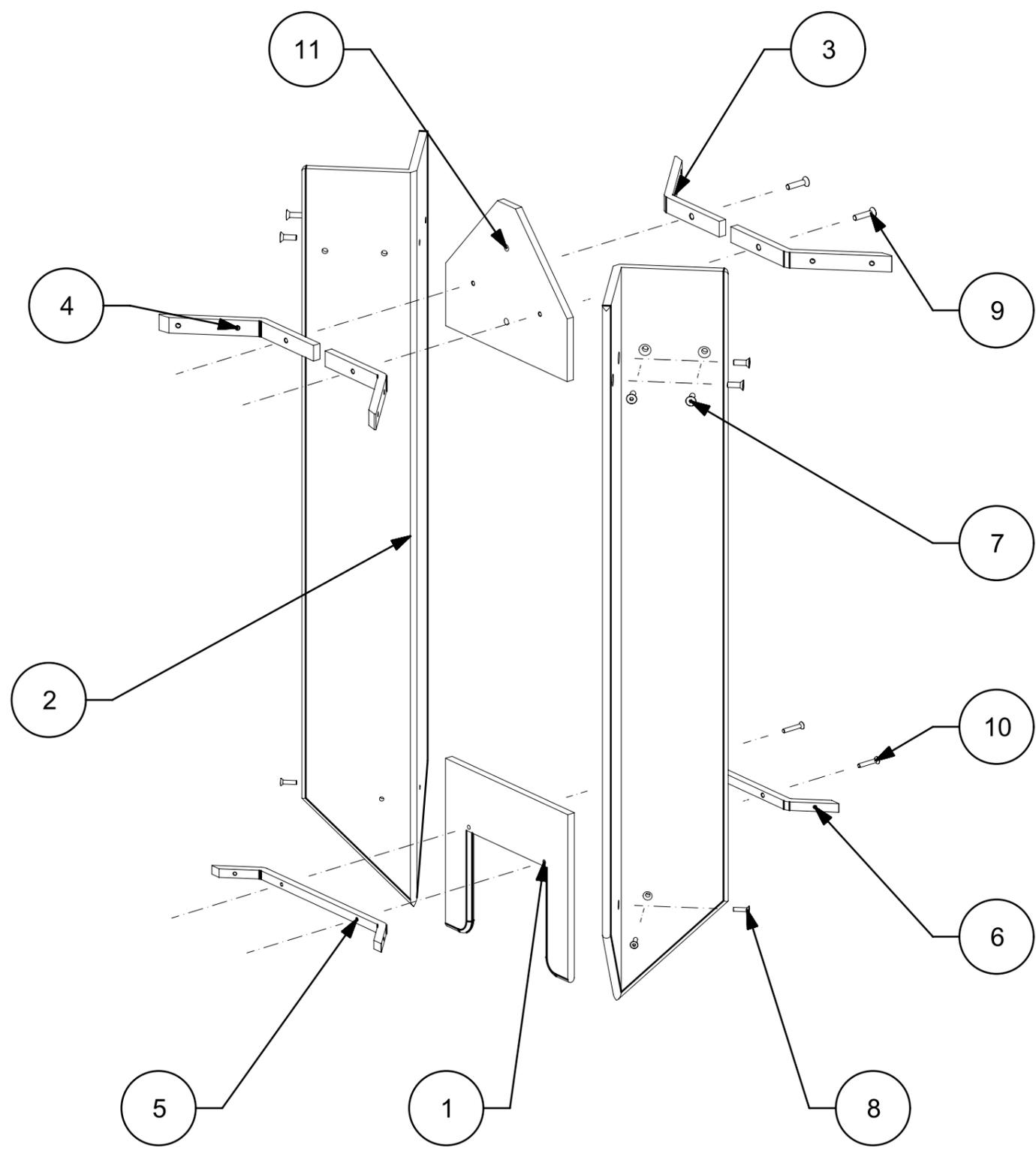
Cantidad: 2

Material: Varios



3	Ariete Mediano	BYVA-SVB2-505	1
2	Base Arietes	BYVA-SVB2-506	1
1	Tornillo Allen Cabeza Plana	M5 x 25	2
Número	Título	Documento	Cantidad

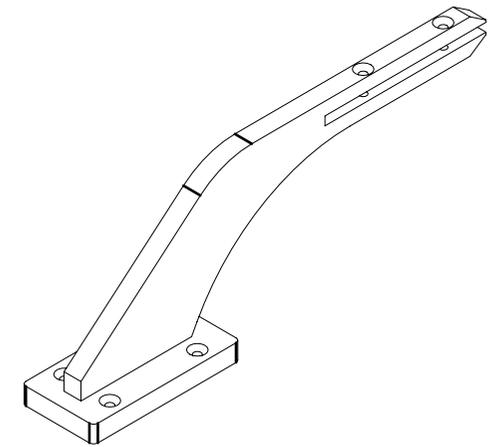
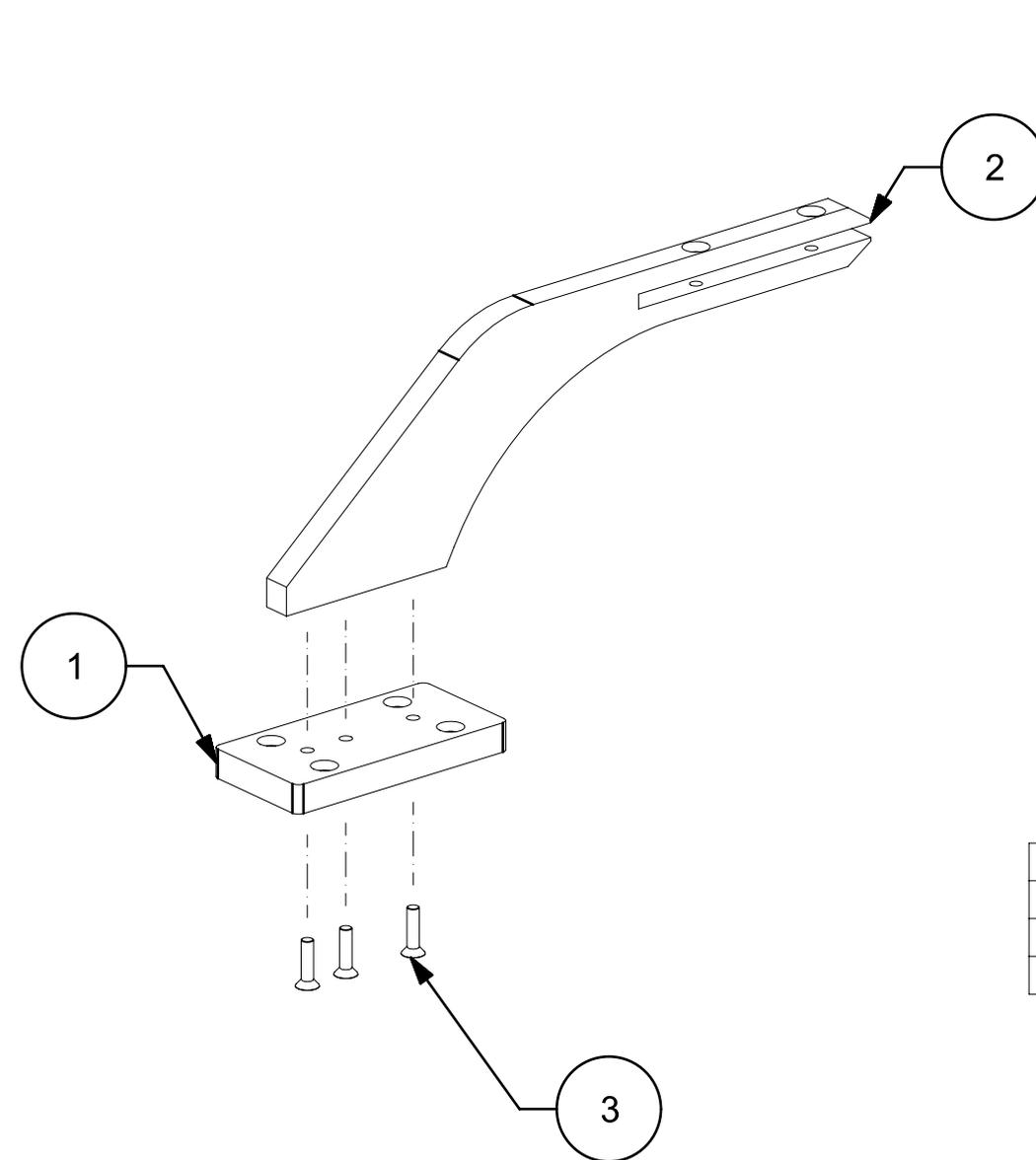
	Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Mecatrónica		Rev: A	Escala:
			Fecha: Abril-2017	Acot.:
	<b>Título:</b> Ariete Mediano con Base		Dibujó: IRF	Cantidad: 2
			Revisó: SCC	Material: Varios
			Aprobó: SCC	
		Dib. No.: BYVA-SVB2-504		



11	Ariete Mediano Parte Trasera	BYVA-SVB2-509	1
10	Tornillo Allen Cabeza Plana	M3 x 18	2
9	Tornillo Allen Cabeza Plana	M4 x 18	2
8	Tornillo Allen Cabeza Plana	M3 x 12	4
7	Tornillo Allen Cabeza Plana	M4 x 12	8
6	Refuerzo "A1" Ariete Mediano	BYVA-SVB2-514	1
5	Refuerzo "A" Ariete Mediano	BYVA-SVB2-513	1
4	Refuerzo "B" Ariete Mediano	BYVA-SVB2-515	2
3	Refuerzo "B1" Ariete Mediano	BYVA-SVB2-516	2
2	Aletas Medianas	BYVA-SVB2-507	2
1	Punta Ariete Mediano	BYVA-SVB2-512	1
Número	Título	Documento	Cantidad



Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Mecatrónica		Rev: A	Escala:
		Fecha: Abril-2017	Acot.:
Título:  Ariete Mediano		Dibujó: IRF	Cantidad: 2
		Revisó: SCC	Material: Varios
		Aprobó: SCC	
		Dib. No.: BYVA-SVB2-505	

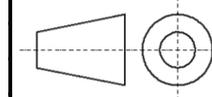


3	Tornillo allen cabeza plana	M5 x 20	3
2	Base Arietes "B"	BYVA-SVB-519	1
1	Base Arietes "A"	BYVA-SVB-518	1
Número	Título	Documento	Cantidad



Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Título:  
Base Arietes



Rev: A

Fecha: Noviembre-2017

Dibujó: IRF

Revisó: SCC

Aprobó: SCC

Dib. No.: BYVA-SVB2-506

Escala:

Acot.: mm

Cantidad: 2

Material: Varios