

Sistema de ensamble magnético para componentes en cabezas de cilindro.

Colugnatti, Valentín – Driuzzi, Lucía

Universidad Nacional de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Escuela de Ingeniería Mecánica

Rosario, Argentina

Año 2026

Sistema de ensamble magnético para componentes en cabezas de cilindro.

Colugnatti, Valentín – Driuzzi, Lucía

Proyecto Final de Ingeniería Mecánica presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero/a Mecánico/a

Director: Ing. Pedro Sismondi

Cátedra de Profesores: Ing. Guillermo Rodríguez – Ing. Juan Sismondi

Universidad Nacional de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Escuela de Ingeniería Mecánica

Rosario, Argentina

Año 2026

El primer paso es establecer que algo es posible, entonces es probable que ocurra.

Elon Musk.

Agradecimientos

En primer lugar, agradecemos, a nuestras familias, por el apoyo incondicional a lo largo de toda la carrera, por la contención en los momentos de mayor exigencia y por brindarnos las herramientas necesarias para poder alcanzar este objetivo.

A nuestros amigos, y especialmente a aquellos que conocimos durante el transcurso de la facultad, con quienes compartimos no solo el recorrido académico, sino también desafíos, aprendizajes y crecimiento personal. El acompañamiento mutuo, el trabajo en equipo y el impulso constante para superarnos fueron fundamentales para sostener el proceso y llegar a esta instancia.

A la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario, por constituir el ámbito de formación académica y personal, brindando las bases necesarias para afrontar los desafíos profesionales.

A los docentes de la Universidad y de la cátedra, por su compromiso con la enseñanza y por la dedicación en la formación de futuros profesionales, transmitiendo no solo conocimientos teóricos, sino también experiencias y criterios fundamentales para el ejercicio de la ingeniería.

A JP, por el apoyo brindado y por compartir sus conocimientos y al personal de planta, por su colaboración, experiencia y aportes en la comprensión del proceso, los cuales resultaron fundamentales para el desarrollo de una solución aplicable en un entorno industrial real.

Resumen

En la industria de fabricación de motores, el correcto armado de cabezas de cilindro es una etapa crítica para asegurar rendimiento y durabilidad. En el montaje manual de trabas de válvula y giradores de una planta, la precisión requerida (±0,1 mm) depende en gran medida de la destreza del operario, lo que puede derivar en fallas poco frecuentes, pero de alta severidad. Estas fallas generan roturas catastróficas y un costo anual estimado de garantía y reparación de USD 270.000. Además, el método actual no garantiza un flujo ordenado ni controlado, con tiempos de ciclo de aproximadamente 4 minutos exclusivos para esta operación y la necesidad de dos operarios por estación.

El objetivo del proyecto es reducir fallas de montaje, disminuir la demanda de mano de obra y aumentar la productividad mediante el desarrollo de un sistema de ensamblaje para montar el subconjunto (dos (2) trabas de válvula y un (1) girador) en cabezas de cilindro de motores 4C y 6C, en configuraciones 2V y 4V. La solución integra un bastidor estructural con prensa suspendida, una prensa en eje Z accionada por husillo a bolas con servomotor, un pórtico XY con doble husillo y motores paso a paso para traslación del portamódulos, módulos de ensamblaje con cabezal magnético y actuador neumático interno, y una mesa transportadora para alimentación y posicionamiento. Se incorporan perfilometría y sensores inductivos para asegurar repetibilidad, control de secuencia y seguridad operativa, manteniendo compatibilidad sin modificar el diseño original de las piezas. El cabezal magnético se dimensionó con seis imanes comerciales, verificando fuerza de sujeción suficiente, y se definió sensado para escuadrado de pórtico y validación de posiciones. Los resultados confirman la factibilidad mecánica y funcional del sistema, permitiendo aumentar la productividad de cabezas por hora y reduciendo la dependencia del montaje manual.

Palabras clave: sistema de ensamblaje; husillo a bolas; pórtico XY; módulos magnéticos; elementos finitos; automatización.

Abstract

In engine manufacturing, the correct assembly of cylinder heads is a critical stage to ensure engine performance and durability. In the manual installation of valve locks and rotators at the plant under study, the required positioning accuracy (±0.1 mm) depends heavily on operator skill, which can lead to low-frequency but high-severity assembly errors. Such failures may cause catastrophic damage and an estimated annual warranty and repair cost of USD 270,000. In addition, the current method does not ensure an orderly and controlled workflow, with an operation-specific cycle time of approximately 4 minutes and the need for two operators per station.

This project aims to reduce assembly failures, decrease labor requirements, and increase productivity by developing an assembly system to install the subassembly—two (2) valve locks and one (1) rotator—on cylinder heads for 4-cylinder and 6-cylinder engines in 2-valve and 4-valve configurations. The proposed solution integrates: (i) a structural frame supporting a suspended press; (ii) a ball-screw-driven Z-axis press powered by a servomotor; (iii) an XY gantry system with dual ball screws and stepper motors for module-carrier translation; (iv) assembly modules featuring a magnetic head and an internal pneumatic actuator; and (v) a conveyor table for cylinder-head feeding and positioning. Profilometry and inductive sensors are incorporated to ensure repeatability, sequence control, and operational safety, while maintaining compatibility without altering the original part designs. The magnetic head was sized using six commercial magnets, verifying sufficient holding force, and sensing was defined for gantry squaring and position validation. The results confirm the mechanical and functional feasibility of the system under normal industrial conditions, enabling higher throughput and reducing reliance on manual assembly.

Keywords: assembly system; ball screw; XY gantry; magnetic modules; finite element analysis; automation.

Contenido

Agradecimientos 4

Resumen 5

Abstract 6

1. Introducción 9

2. Marco teórico 12

3. Contexto actual 13

3.1. Descripción del proceso actual 13

3.2. Problemáticas detectadas en el proceso y aspectos de mejora 15

4. Propósitos 17

5. Diseño 18

5.1. Diseño conceptual 18

5.2. Diseño funcional 19

5.3. Diseño detallado 23

5.3.1. Sistema de transporte y posicionamiento de la cabeza de cilindro 23

5.3.2. Sistema de agarre y montaje 25

5.3.3. Sistema de traslado y posicionamiento de los módulos 28

5.3.4. Sistema de verificación de posicionamiento 33

5.3.5. Sistema de control de correcto posicionamiento de subconjunto 37

6. Memoria de calculo 42

6.1. Objeto y alcance 41

6.2. Propiedades de los materiales 42

6.3. Masa de los subconjuntos 42

6.4. Desarrollo 44

6.4.1. Perfilería soporte (bastidor) 44

6.4.2. Prensa con Husillo de bolas 47

6.4.3. Módulo magnético. 53

6..4.4. Control y configuración de posiciones..... 53

6.4.5 Control correcto posicionamiento girador-traba de válvula. 62

6.4.6. Mesa de transporte..... 64

7. Conclusiones y recomendaciones 69

7.1. Conclusiones 69

7.2. Recomendaciones 70

Bibliografía 71

Anexo A: Planos..... 73

1. Introducción

La fabricación de motores de combustión interna integra una secuencia de operaciones donde cada etapa condiciona la confiabilidad del producto final. Dentro de esta cadena, el armado de la cabeza de cilindro cumple un rol estructural y funcional central: integra los componentes del sistema de válvulas, define geometrías críticas y, ante cualquier desviación de montaje, pueden aparecer fallas de funcionamiento, pérdida de prestaciones o daños severos en servicio. En un contexto industrial, además, el armado no se evalúa únicamente por “que funcione”, sino por su capacidad de repetirse de manera estable en el tiempo, con variaciones controladas y sin depender de condiciones particulares del operador o de la estación. Como se observa en la **Figura 1-1**, esta operación se ejecuta en estaciones de ensamblaje donde la repetibilidad del montaje y el control de la secuencia son condiciones necesarias para minimizar la variabilidad y prevenir errores.



Figura 1-1: Ensamblaje de componentes en cabezas de cilindros (Autoría personal)

En este marco, el montaje del subconjunto asociado a válvulas —trabas de válvula y giradores— exige precisión geométrica y una secuencia consistente. En el método actual, el asentado se realiza por compresión manual con una regla/útil, lo que introduce variabilidad por diferencias entre operarios, fatiga y estado de herramientas, además de las variaciones entre modelos. Por eso, las fallas tienden a ser esporádicas, pero de alta severidad (“baja frecuencia / alta severidad”), concentrando riesgo técnico y económico. En los últimos años se han registrado no conformidades asociadas a esta etapa, tales como ausencia o exceso de trabas de válvula y posicionamientos incorrectos del subconjunto, que en algunos casos derivaron en daños en componentes del motor y reclamos de garantía. La **Figura 1-2** resume la secuencia típica del montaje actual y los puntos donde se concentra dicha variabilidad.

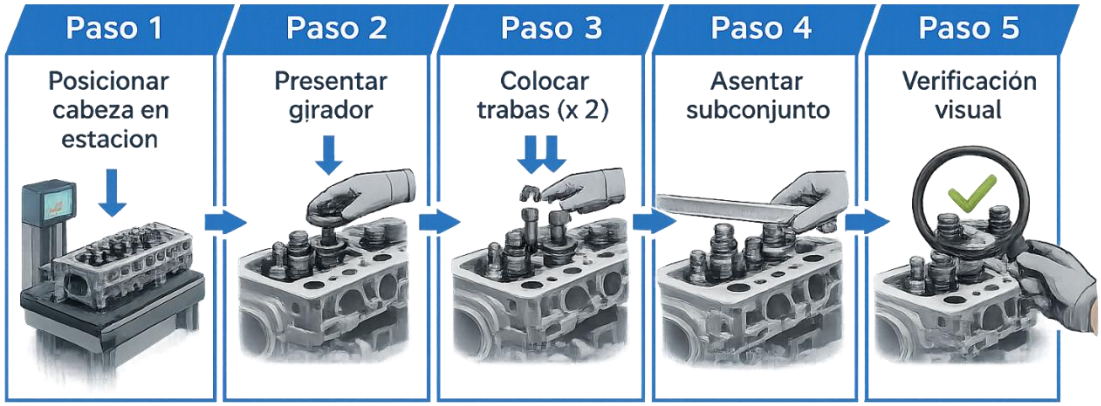


Figura 1-2: Secuencia actual del montaje del subconjunto (Autoría personal)

Otro aspecto relevante es el productivo: una operación manual crítica puede volverse cuello de botella por su tiempo exclusivo de estación y la necesidad de recursos adicionales. Al depender de habilidad y atención sostenida, resulta difícil sostener simultáneamente precisión y ritmo de producción. Por eso, el objetivo no es “automatizar”, sino estandarizar la ejecución, reducir la dispersión y asegurar un flujo controlado, con una solución aplicable a todos los modelos sin cambio de módulos.

El desarrollo de estas soluciones exige compatibilizar requerimientos que compiten entre sí: precisión, repetibilidad y control de secuencia, junto con seguridad, ergonomía, mantenibilidad y robustez industrial, además de adaptarse a distintas configuraciones sin modificar piezas ni alterar el proceso aguas arriba/abajo. En consecuencia, el desafío es de integración industrial, no solo cinemático o estructural.

Este Proyecto Final desarrolla un sistema de ensamblaje para estandarizar el montaje de trabas de válvula y girador en cabezas de cilindro de motores 4 y 6 cilindros; 2V y 4V. El objetivo principal es diseñar un sistema que permita ensamblar de manera controlada los componentes del conjunto válvula–resorte–retén–girador–dos trabas de válvula, garantizando la correcta fijación y posicionamiento de cada elemento y eliminando las fallas de montaje asociadas a las trabas de válvula. Asimismo, se busca desarrollar una solución adaptable a distintas variantes de cabezas de cilindro mediante un módulo único, capaz de asegurar repetibilidad del proceso y reducir la dependencia del montaje manual. Como consecuencia, se plantea disminuir la dotación de la estación de dos operarios a uno e incrementar la productividad de siete a diez cabezas de cilindro por hora, manteniendo criterios industriales de seguridad y mantenibilidad.

El trabajo se estructura en: (i) definir requerimientos y restricciones de integración; (ii) desarrollar un concepto con secuencia controlada; (iii) seleccionar componentes y criterios de dimensionamiento; y (iv) verificar factibilidad mecánica mediante cálculos y simulación con hipótesis conservadoras.

El alcance comprende el diseño mecánico y la lógica funcional del sistema, interfaces con pieza y línea, dimensionamiento de elementos críticos y criterios de validación. La verificación se realiza con cálculos analíticos y simulación estructural para asegurar rigidez y márgenes de seguridad. La automatización completa a nivel planta (arquitectura de control, programación final, puesta en marcha y validación estadística en producción) queda fuera de alcance y se plantea como etapa posterior.[1]

[1] Las funciones que se pretenden alcanzar con el sistema propuesto fueron definidas y validadas mediante consultas con personal de planta con experiencia en el armado de cabezas de cilindro, quienes confirmaron que, bajo las condiciones operativas planteadas, el proceso es compatible con las distintas configuraciones y que la estandarización de la secuencia permite reducir la variabilidad del montaje sin modificar el diseño original de las piezas.

2. Marco teórico

El sistema de válvulas en motores de combustión interna tiene como función regular el intercambio de gases dentro del cilindro, permitiendo la admisión de aire o mezcla aire–combustible y la evacuación de los gases de combustión. Este sistema forma parte del conjunto funcional de la cabeza de cilindro y está sometido a condiciones severas de carga mecánica, temperatura y fatiga.

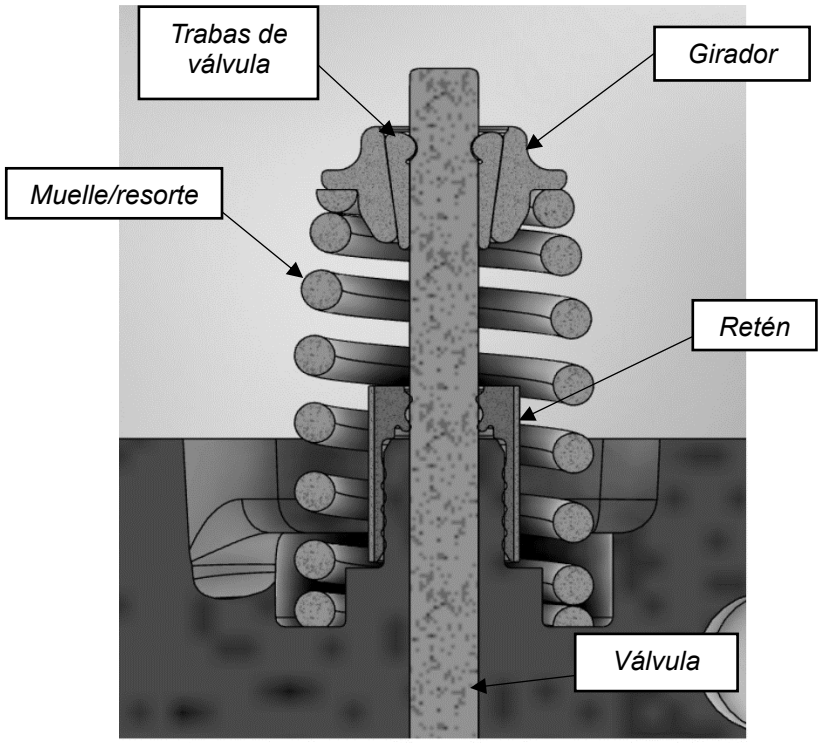


Figura 2-1: Componentes principales del subconjunto de válvula en la cabeza de cilindro (Autoría personal; CAD 3D)

El conjunto está compuesto por diversos elementos, entre los que se destacan la válvula, el resorte de válvula, el retén o plato de resorte, el girador de válvula y las trabas de válvula.

Las **trabas de válvula** son elementos de fijación que permiten la unión entre el vástago de la válvula y el retén del resorte, mediante un sistema de encastre sobre una ranura

mecanizada. Su correcta colocación es fundamental para garantizar la integridad del conjunto durante el funcionamiento del motor.

El **girador de válvula** tiene como función inducir una rotación controlada de la válvula durante su operación, lo que contribuye a una distribución uniforme del desgaste y a una mejor disipación térmica en la zona de asiento.

Debido a la naturaleza del sistema, el ensamblaje de estos componentes requiere un posicionamiento preciso y una secuencia controlada, ya que cualquier desviación puede comprometer la fijación del conjunto y generar fallas de alta severidad durante el funcionamiento del motor.

3. Contexto actual

3.1. Descripción del proceso actual

El armado del subconjunto asociado al sistema de válvulas se realiza en una estación de montaje dentro del proceso de ensamblaje de la cabeza de cilindro. En esta operación se integran los componentes correspondientes al conjunto válvula–resorte–retén–girador–trabas de válvula, los cuales deben posicionarse correctamente para asegurar el funcionamiento del sistema. En nuestro proyecto nos centraremos en el montaje del subconjunto girador-trabas de válvula.

Como se mencionó en la introducción, actualmente, el montaje se realiza de manera manual. El operario coloca primero el girador sobre el extremo de la válvula y posteriormente inserta las dos trabas de válvula. Una vez posicionados los componentes, el conjunto es comprimido y asentado utilizando reglas o útiles específicos, definidos según el modelo de motor que se encuentre en producción.

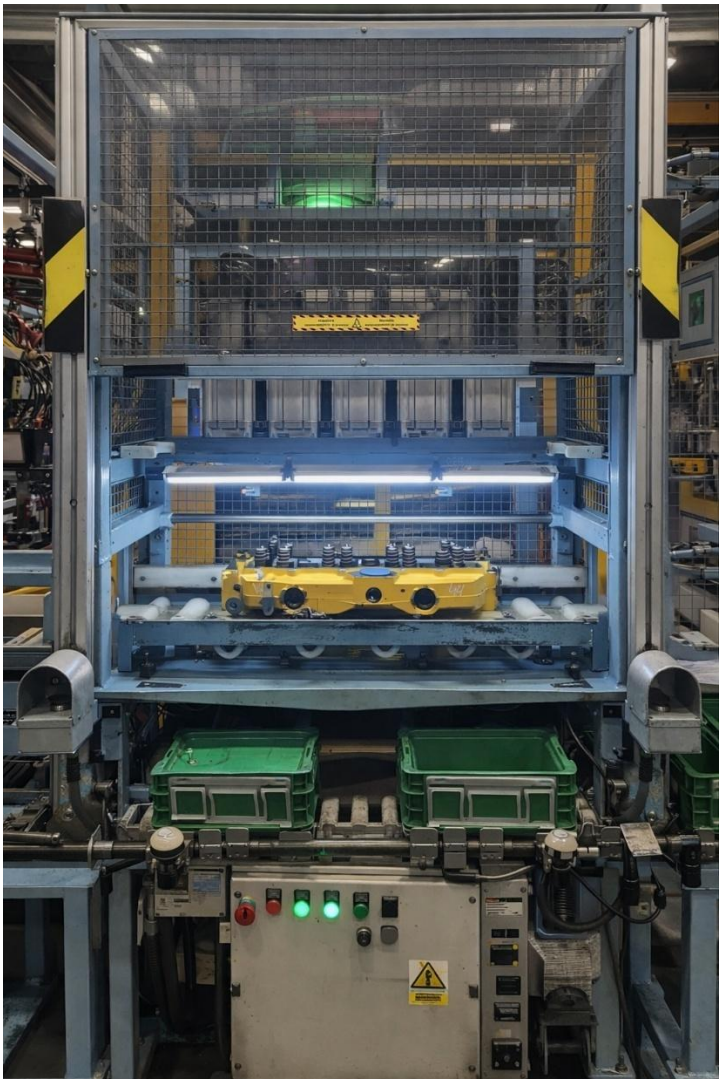


Figura 3-1: Estación actual de ensamblaje de componentes en la cabeza de cilindro
(Figura generada con IA a partir de imagen real)

En la línea de producción se ensamblan motores de cuatro y seis cilindros que, a su vez, pueden presentar configuraciones de dos o cuatro válvulas por cilindro. Cada una de estas variantes utiliza componentes específicos en el subconjunto de válvula. En particular, los motores de cuatro válvulas (4V) por cilindro emplean un tipo determinado de girador y trabas de válvula, mientras que los motores de dos válvulas (2V) utilizan componentes de geometría diferente, como se muestra en la **Figura 3-2.**

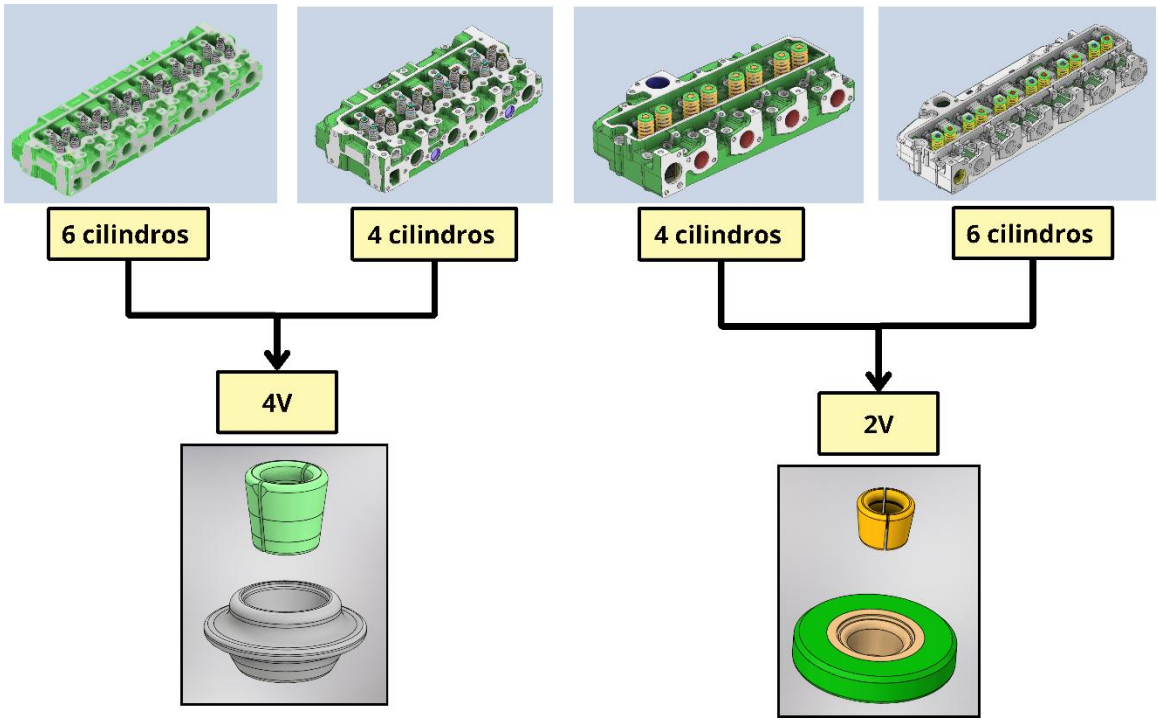


Figura 3-2: Variantes de componentes (Autoría personal)

3.2. Problemáticas detectadas en el proceso y aspectos de mejora

A partir del análisis de los registros de calidad correspondientes a los últimos tres (3) años, se identificaron diversas no conformidades asociadas al montaje de trabas de válvula. Entre ellas se detectaron casos de presencia de trabas adicionales dentro del cilindro, ausencia de una o ambas trabas y posicionamientos incorrectos del subconjunto.

Estas desviaciones pueden generar consecuencias de alta severidad en el funcionamiento del motor, tales como rayaduras en cilindros, deformaciones o fracturas de válvulas y varillas de admisión, ruidos anormales durante el funcionamiento, emisión de humo y daños en retenes de válvula.

Algunas de estas fallas fueron detectadas internamente durante controles de fabricación, mientras que otras se manifestaron en plantas cliente o en el consumidor final, generando reclamos de garantía y costos asociados a reprocesos en planta y pruebas dinamométricas.



Figura 3-3: Rotura de válvula y rayadura de camisa por mal posicionamiento de trabas de válvula (Imagen real)

Por otro lado, el análisis del proceso actual permitió identificar una alta dependencia de la intervención manual durante el montaje, particularmente en la etapa de compresión del resorte y posicionamiento de las trabas de válvula. Esta operación se realiza mediante reglas o útiles manuales cuya geometría varía según el subconjunto a montar, generando una gran diversidad de herramientas en uso.

Esta situación introduce variabilidad en el proceso, ya que la correcta colocación de los componentes depende en gran medida de la atención, experiencia y precisión del operario, así como del estado de las herramientas utilizadas. A su vez, la coexistencia de múltiples reglas de montaje incrementa la complejidad operativa y el riesgo de errores durante el armado.

En conjunto, estos factores evidencian la necesidad de desarrollar un sistema de ensamblaje más robusto, estandarizado y repetible, que permita reducir la variabilidad del proceso, minimizar la probabilidad de fallas de montaje y mejorar la eficiencia operativa.

4. Propósitos

A partir del análisis del proceso actual y de las problemáticas identificadas, se establecen los siguientes propósitos para el desarrollo del sistema:

- Diseñar un sistema que permita ensamblar giradores y trabas de válvula en el conjunto Válvula – Resorte – Retén – Girador – Trabas de válvula, garantizando la correcta fijación y posición de cada componente.
- Reducir a cero la tasa de fallas de montaje asociadas a las trabas de válvula, con el objetivo de eliminar costos de garantía, reprocesos en planta y fallas detectadas en prueba dinamométrica.
- Desarrollar un sistema adaptable a múltiples variantes de cabezas de cilindro (en cabezas de cilindro de motores 4C y 6C, en configuraciones 2V y 4V).
- Reducir la dependencia de la destreza manual, asegurando repetibilidad y precisión en cada ciclo de ensamblaje.
- Disminuir la cantidad de operarios necesarios por ciclo, pasando de dos operarios a uno, liberando recursos para otras tareas dentro de la planta.
- Optimizar el tiempo de ciclo del proceso, incrementando la productividad
- Incorporar mecanismos de verificación del montaje, como controles neumáticos o sistemas de detección de posición, que aseguren el correcto ensamblaje antes de liberar la compresión o inmediatamente después del proceso.
- Diseñar el sistema considerando criterios de mantenimiento, permitiendo intervenciones simples y rápidas.
- Asegurar condiciones adecuadas de ergonomía y seguridad, reduciendo esfuerzos físicos del operario y su exposición a ruido.

5. Diseño

5.1. Diseño conceptual

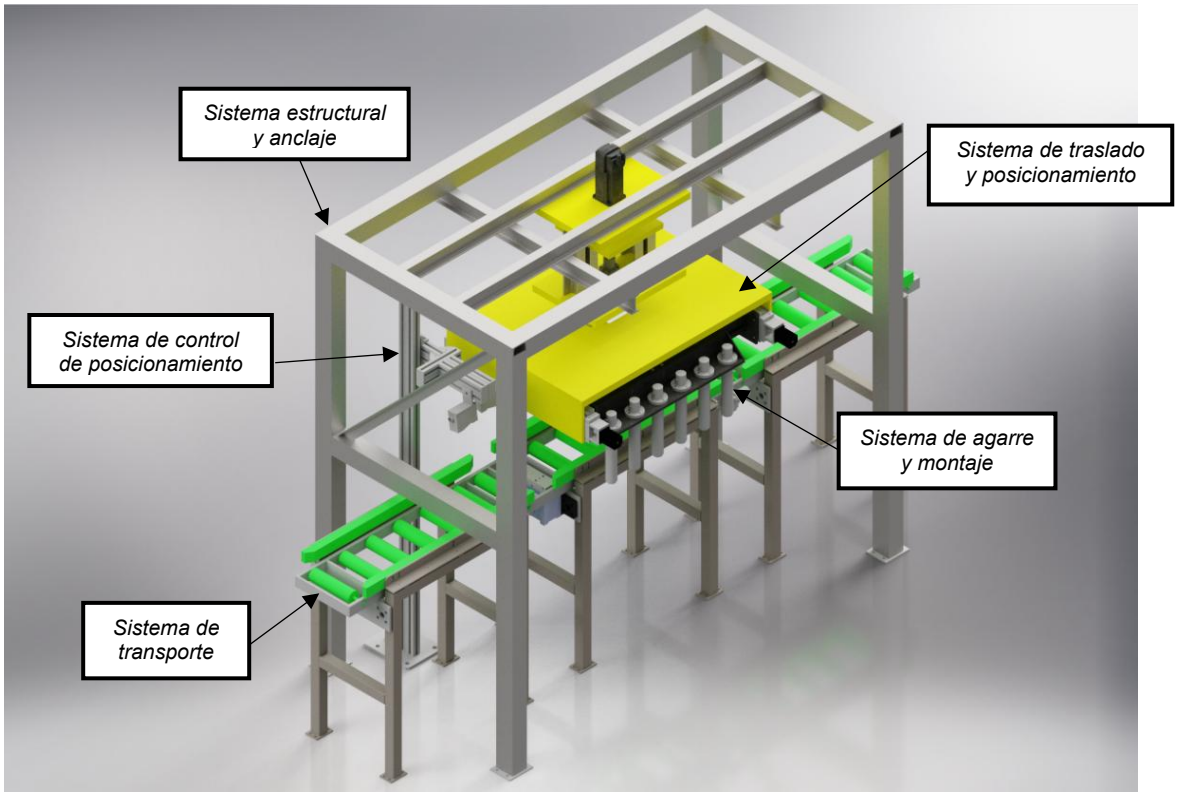


Figura 5-1: Esquema Conjunto General – Partes (Autoría personal; CAD 3D).

En la **Figura 5-1** se presenta el diseño conceptual del sistema de ensamblaje magnético del subconjunto girador–trabas de válvula para cabezas de cilindro. El equipo se compone de los siguientes sistemas principales:

• **Sistema de transporte y posicionamiento de la cabeza de cilindro:** permite detectar la llegada de la cabeza de cilindro y asegurar su correcta ubicación dentro del equipo para iniciar el ciclo de ensamblaje.

• **Sistema de agarre y montaje:** encargado de tomar el subconjunto girador–trabas de válvula y realizar su montaje en la válvula correspondiente de la cabeza de cilindro.

• **Sistema de traslado y posicionamiento de los módulos:** permite trasladar y posicionar la placa que contiene los módulos de agarre para realizar la toma y el montaje del subconjunto.

• **Sistema de verificación de posicionamiento:** coordina el funcionamiento general del equipo mediante la gestión de sensores, permite controlar que el subconjunto haya quedado correctamente montado antes de continuar con el ciclo.

• **Sistema de control de posicionamiento de subconjunto:** verifica que el subconjunto ensamblado quede correctamente posicionado sobre la válvula antes de finalizar la operación de montaje.

• **Sistema estructural y anclaje:** corresponde a la estructura encargada de fijar la máquina a la base o al piso de la línea de producción.

5.2. Diseño funcional

El ciclo de operación del sistema comienza con la llegada de una cabeza de cilindro a la estación de ensamblaje mediante el sistema de transporte. Una vez posicionada sobre la mesa central, un sensor de presencia detecta la pieza y activa un tope neumático que detiene su desplazamiento, garantizando su correcta ubicación dentro de la estación de trabajo.

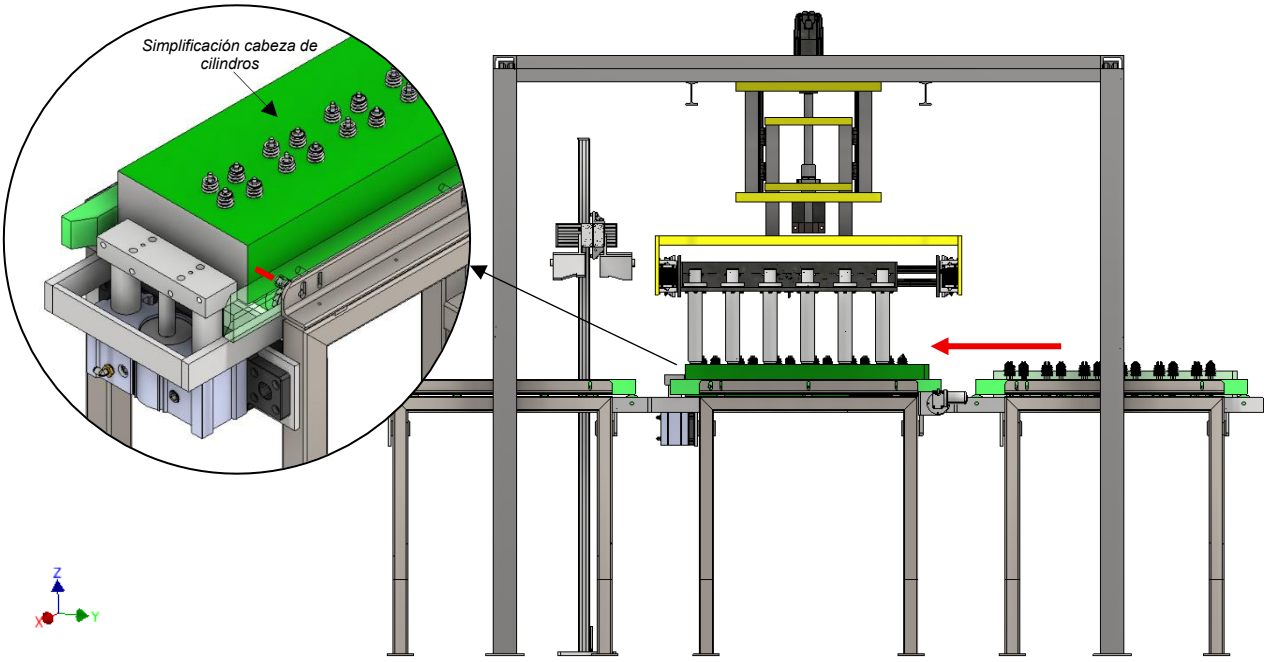


Figura 5-2: Esquema Conjunto General (Autoría personal; CAD 3D).

A continuación, el sistema inicia la etapa de preparación del subconjunto girador–trabas de válvula. En este punto del proceso, la prensa se encuentra posicionada sobre la mesa de alimentación, donde están dispuestos y previamente ordenados los componentes que conforman el subconjunto, en el caso de cabezas de seis cilindros se presentan en la mesa seis subconjuntos y en el caso de cabezas de cuatro cilindros se posicionan cuatro subconjuntos.

En esta posición, el módulo de ensamblaje, equipado con un sistema de sujeción magnética, realiza la toma del subconjunto compuesto por el girador y las dos trabas de válvula, asegurando su correcta alineación y retención durante el traslado.

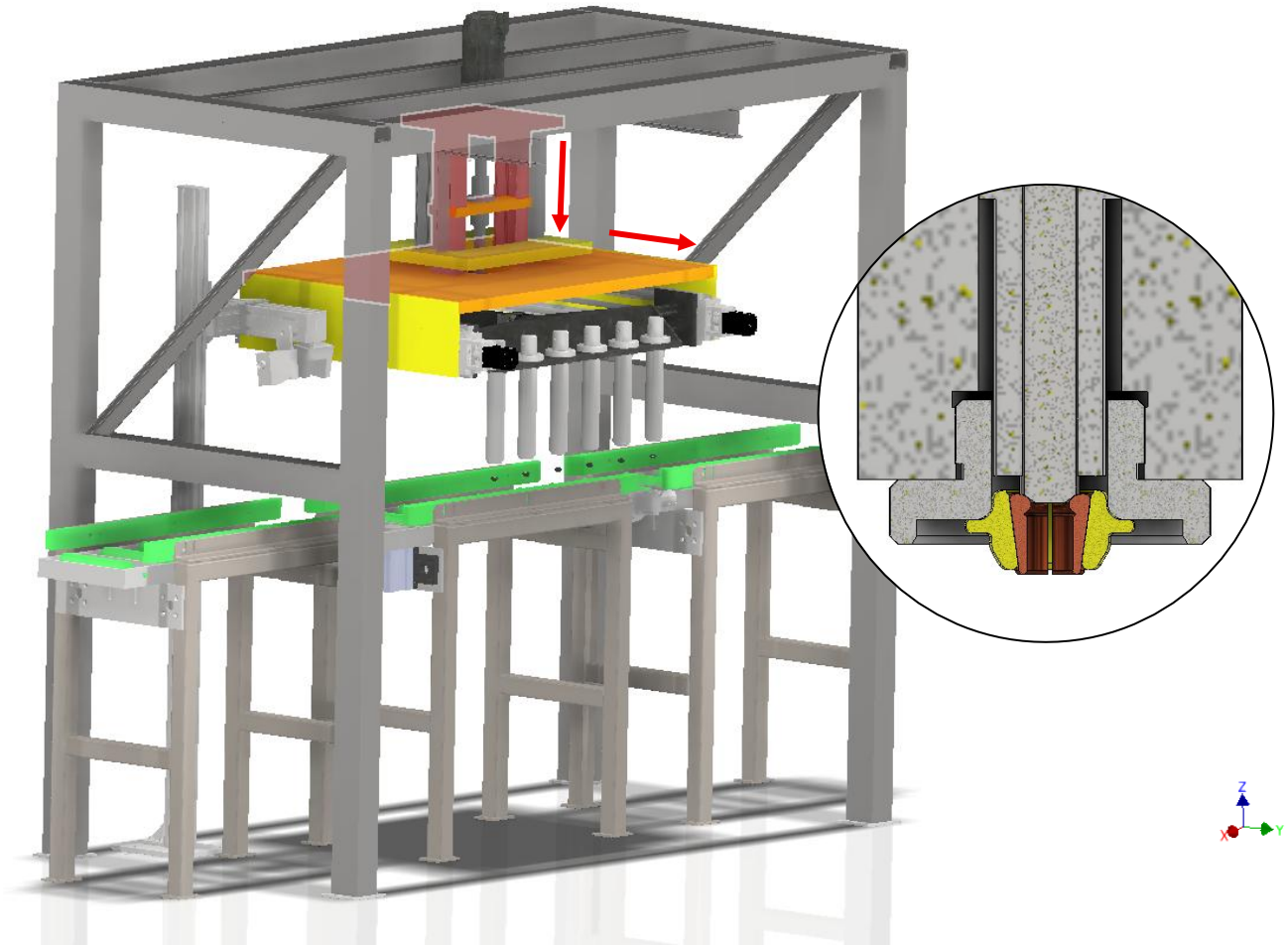


Figura 5-3: Esquema Conjunto General - Módulos (Autoría personal; CAD 3D).

Una vez completada la toma de las piezas, la prensa se eleva en el eje vertical (Z) y retorna hacia la zona de trabajo donde se encuentra posicionada la cabeza de cilindro. Posteriormente, el sistema de posicionamiento accionado mediante husillos laterales permite desplazar el módulo de ensamblaje en los ejes X e Y hasta ubicarlo sobre las válvulas correspondientes, de acuerdo con la configuración de la cabeza de cilindro procesada.

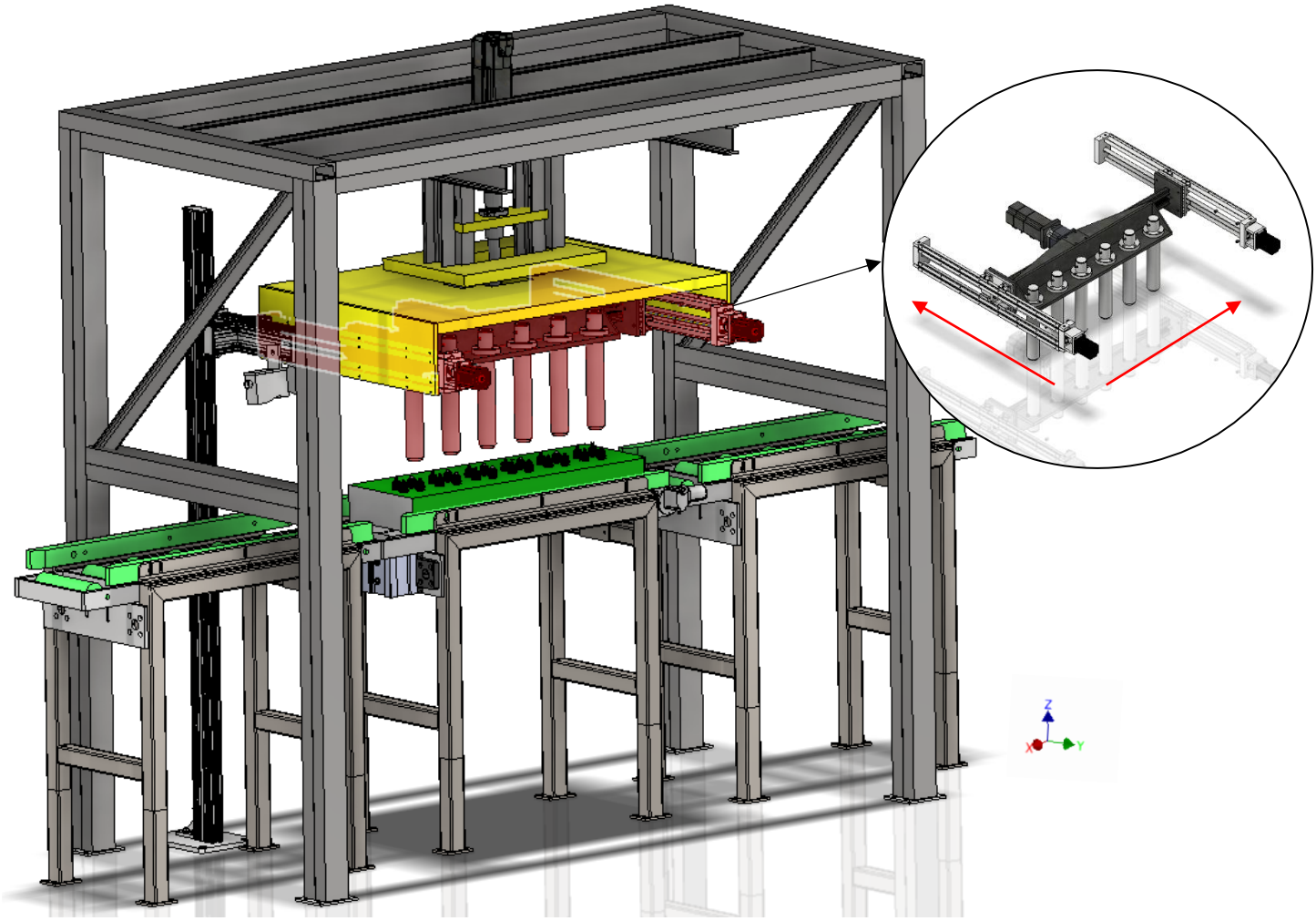


Figura 5-4: Esquema Conjunto General – Conjunto porta módulos (Autoría personal; CAD 3D).

Cuando se alcanza la posición definida, la prensa desciende nuevamente en el eje Z, comprimiendo el resorte de válvula y permitiendo el posicionamiento del subconjunto girador–trabas sobre el vástago de la válvula. Este movimiento se realiza de manera controlada para garantizar la correcta fijación de los componentes y asegurar la repetibilidad del proceso de ensamblaje.

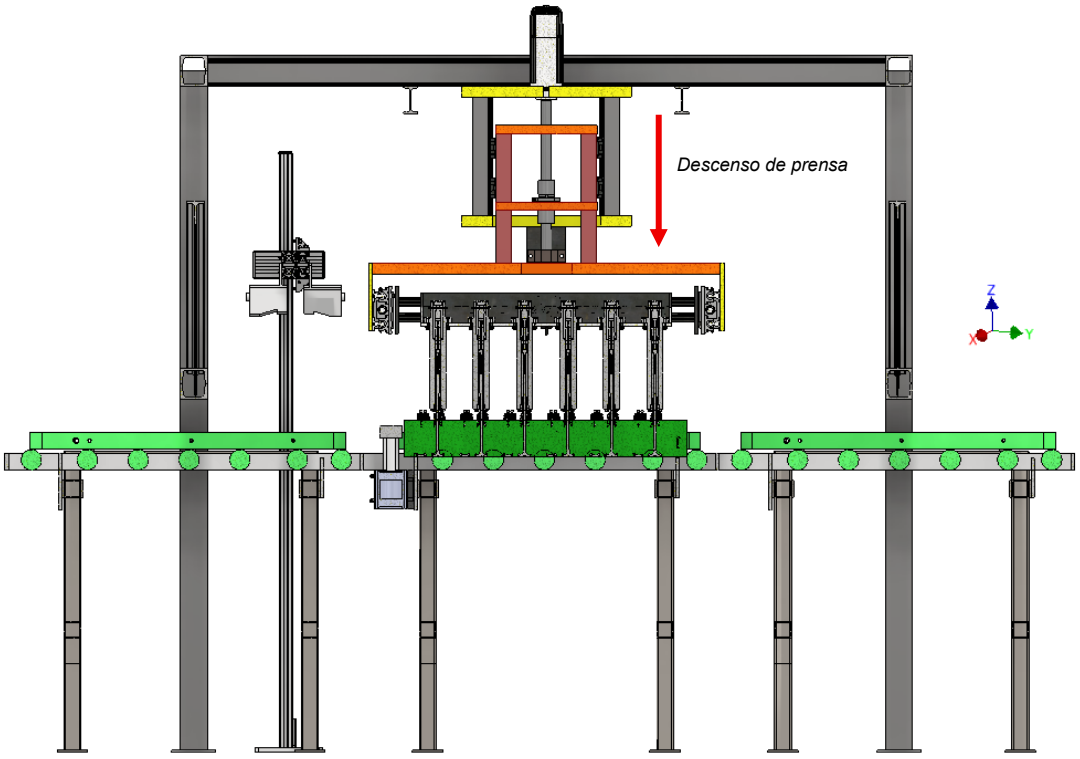


Figura 5-5: Esquema Conjunto General – Descenso prensa (1) (Autoría personal; CAD 3D).

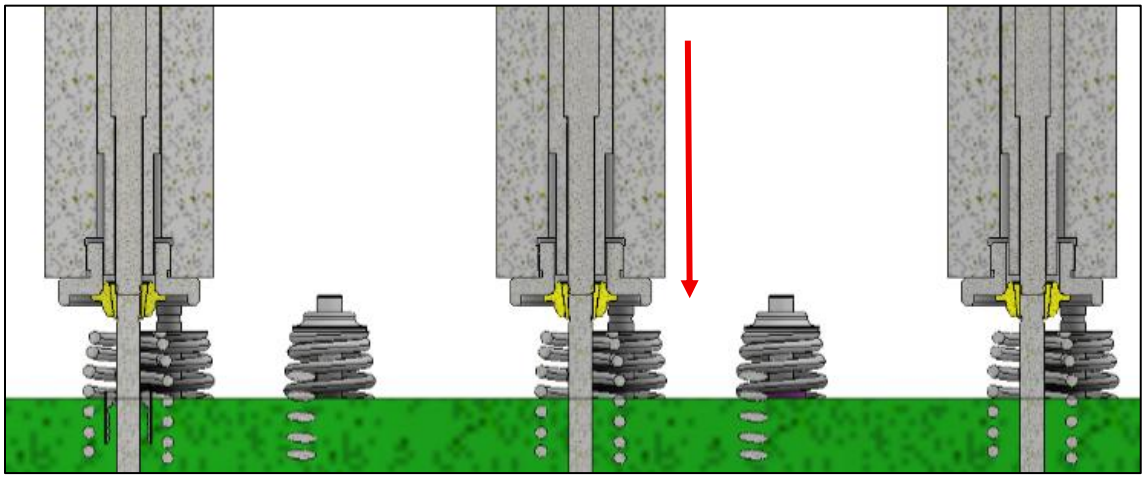


Figura 5-6: Esquema Conjunto General – Descenso prensa (2) (Autoría personal; CAD 3D).

Una vez completado el montaje, la prensa se eleva nuevamente. En el caso de cabezas de cilindro con configuración de cuatro válvulas por cilindro, el sistema realiza tres veces más la operación para el resto de las válvulas del cilindro. En cambio, para cabezas de cilindro con configuración de dos válvulas, el proceso se realiza una vez más y el sistema libera la pieza para que continúe su desplazamiento hacia la siguiente estación del proceso productivo.

5.3. Diseño detallado

5.3.1. Sistema de transporte y posicionamiento de la cabeza de cilindro

El sistema de posicionamiento de la cabeza de cilindro tiene como objetivo trasladar la pieza hasta la zona de ensamblaje y asegurar su correcta ubicación durante la operación de montaje del subconjunto girador–trabas de válvula.

Para este fin se parte de una mesa transportadora estándar, a la cual se le incorpora un sistema de accionamiento que permite el desplazamiento controlado de la cabeza de cilindro a lo largo de la estación. El movimiento se obtiene mediante un motorreductor acoplado a un sistema de transmisión por cadena y piñones, que acciona los rodillos de la mesa transportadora y permite el avance de la pieza hasta la posición de trabajo.

Con el objetivo de garantizar la estabilidad lateral de la cabeza de cilindro durante el transporte, se incorporan dos guías laterales a la mesa transportadora, los cuales limitan el desplazamiento transversal de la pieza y aseguran su correcta orientación durante el traslado.

Adicionalmente, se incorpora un sistema de detección y frenado neumático, encargado de detener y posicionar la cabeza de cilindro con precisión en la zona de montaje, garantizando la repetibilidad del proceso y evitando desplazamientos durante la operación de prensado.

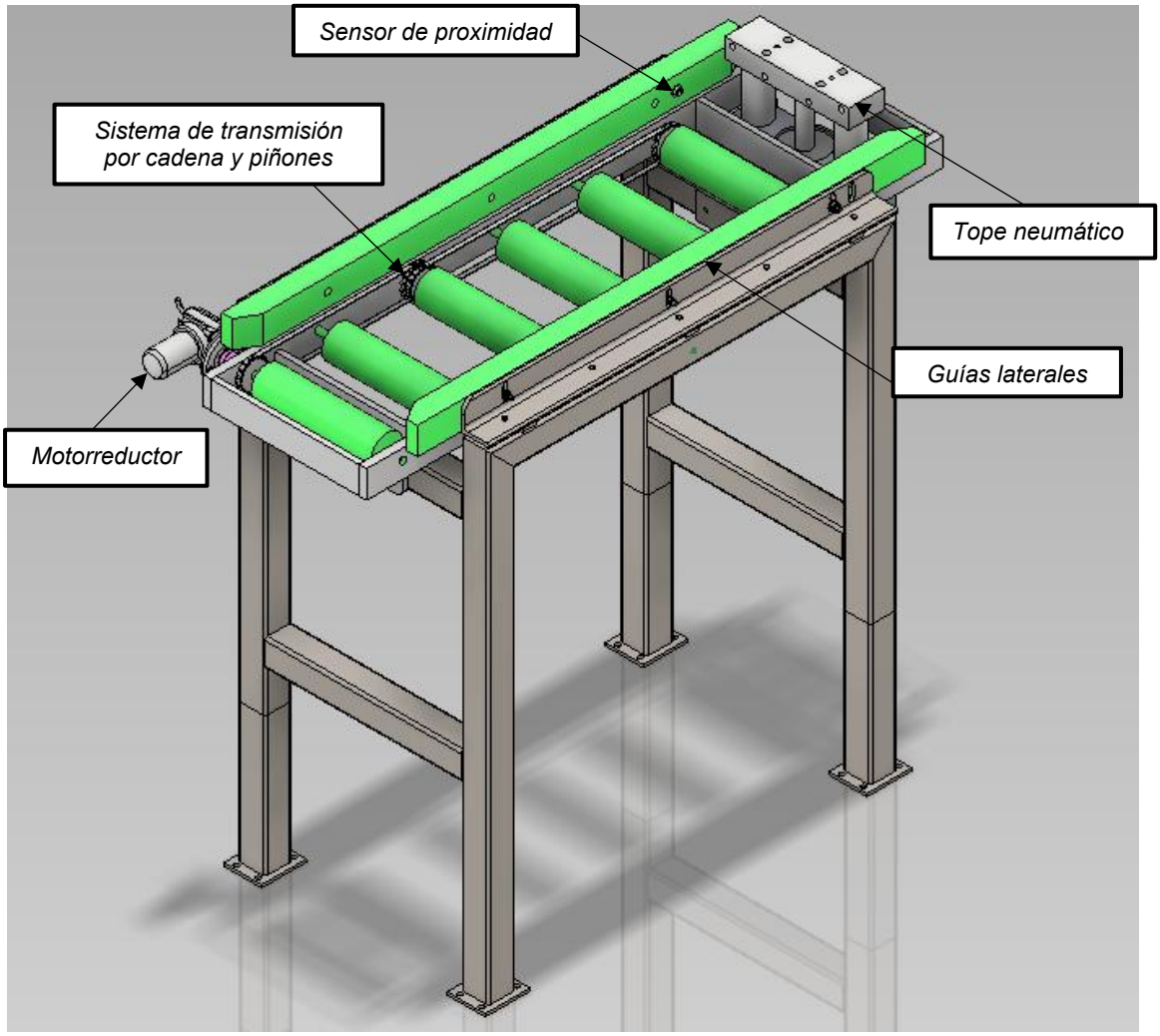


Figura 5-7: Esquema sistema de transporte y posicionamiento de la cabeza de cilindro (Autoría personal; CAD 3D).

5.3.2. Sistema de agarre y montaje

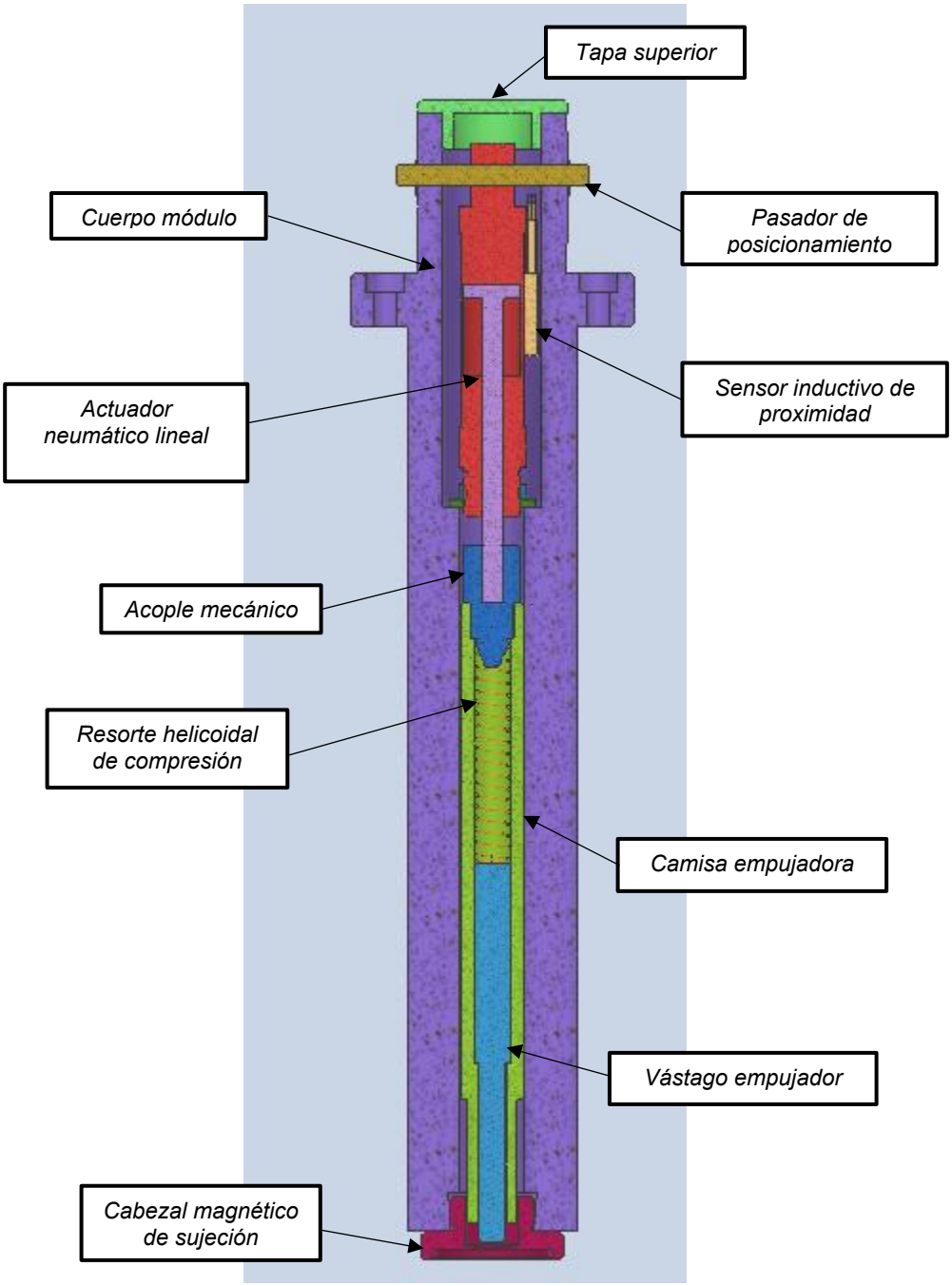


Figura 5-8: Esquema partes módulo (Autoría personal; CAD 3D)

El sistema (ver **Figura 5-8**) tiene como función principal la sujeción, traslado y posicionamiento del subconjunto compuesto por el girador y las dos (2) trabas de válvula, permitiendo su desplazamiento hasta la posición de ensamblaje y su posterior colocación sobre el extremo de la válvula en la cabeza de cilindro.

Para realizar esta operación, se diseñó un módulo de agarre magnético fabricado en acero inoxidable AISI 316L, destinado a sujetar temporalmente el subconjunto durante su manipulación y traslado. El cabezal incorpora seis (6) imanes permanentes, dimensionados para proporcionar la fuerza de retención necesaria para sostener los componentes durante su extracción desde la mesa de alimentación y su posterior traslado hasta la posición de montaje (ver memoria de calculo 6.4.3).

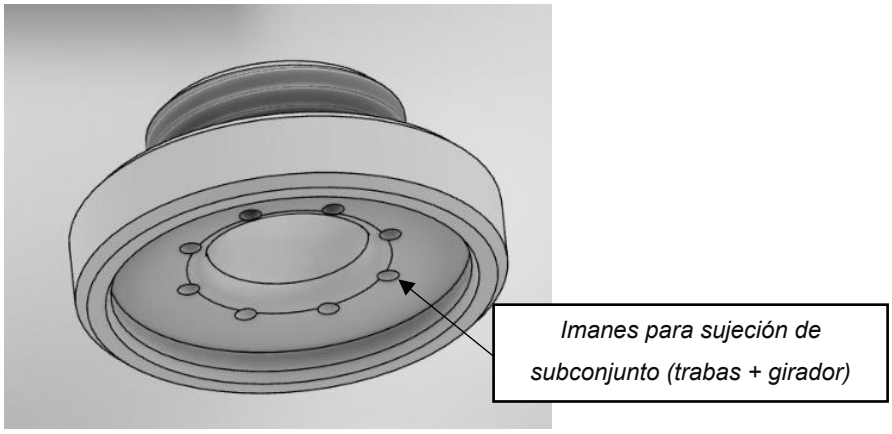


Figura 5-9: Esquema cabezal magnético (Autoría personal; CAD 3D).

El cabezal magnético fue diseñado con una geometría específica que permite el agarre de los dos modelos de subconjuntos utilizados en las distintas configuraciones de motor, garantizando compatibilidad entre variantes sin necesidad de cambiar el módulo de agarre.

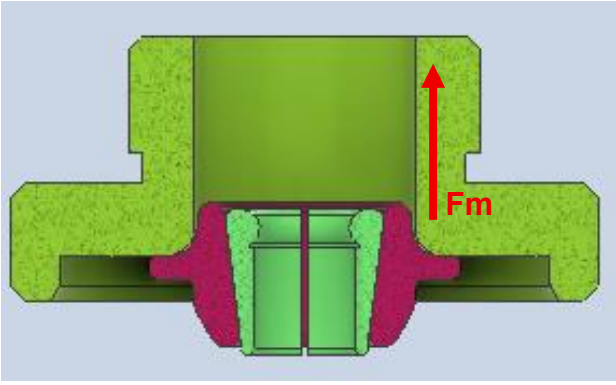


Figura 5-10: Cabezal con subconjunto para 4V (Autoría personal; CAD 3D)

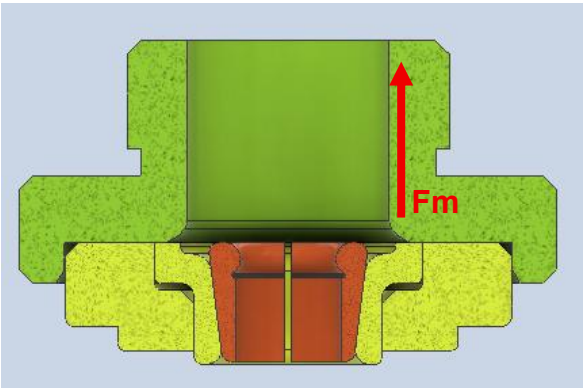


Figura 5-11: Cabezal con subconjunto para 2V (Autoría personal; CAD 3D)

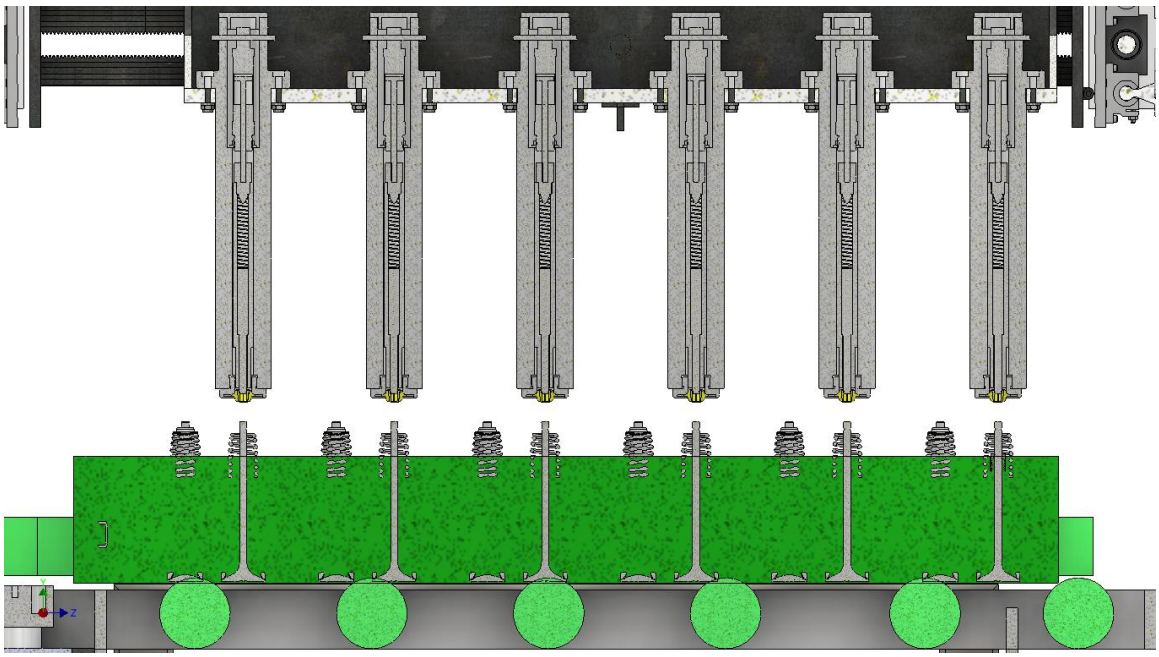


Figura 5-12: Esquema Conjunto General – Conjunto de módulos (Autoría personal; CAD 3D).

Una vez posicionado el módulo sobre la válvula correspondiente, el sistema de prensado actúa comprimiendo el resorte de válvula para permitir el montaje del subconjunto (**Etapa 1- Figura 5-13**). Durante esta etapa, el cabezal magnético mantiene alineados los componentes mientras la prensa desciende hasta superar la ranura de la válvula.

El módulo, como se ve en la **Figura 5-8,** incorpora un mecanismo interno compuesto por un vástago central y una camisa guía, cuya función es facilitar el correcto posicionamiento de las trabas de válvula durante el ensamblaje. El vástago central apoya sobre el extremo de la válvula y actúa como elemento de referencia, orientando las trabas hacia el exterior.

Gracias a la incorporación de un resorte interno, el cual puede comprimirse, permitiendo que permanezca en contacto con la válvula durante todo el movimiento vertical del módulo. Simultáneamente, la camisa exterior actúa como guía, manteniendo las trabas alineadas con el eje de la válvula durante el descenso del sistema. (**Etapa 2 - Figura 5-13**)

A medida que la prensa comienza a elevarse nuevamente, la geometría cónica del girador, combinada con la acción del resorte de válvula, provoca el desplazamiento ascendente de las trabas, guiándolas hacia la ranura de retención de la válvula. Durante este proceso, las trabas comienzan a orientarse hacia la posición de encastre, mientras que simultáneamente la camisa guía desciende para asegurar su correcta alineación y facilitar su asentamiento dentro de la ranura de la válvula. (**Etapa 3 - Figura 5-13**)

Una vez que las trabas alcanzan la ranura correspondiente, quedan retenidas mecánicamente por la propia geometría del sistema válvula–retén–girador, momento en el cual la fuerza de retención del conjunto supera la fuerza magnética generada por los imanes del cabezal. Esto permite la liberación del módulo de agarre, quedando el subconjunto correctamente montado en la válvula.

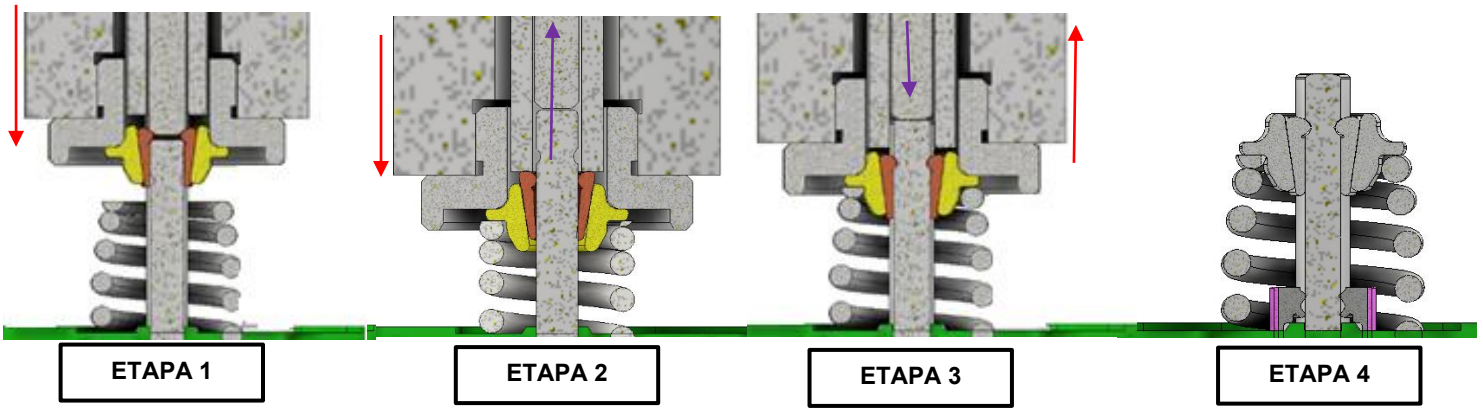


Figura 5-13: Secuencia de montaje de girador-trabas de válvula (Autoría personal; CAD 3D).

El sistema incorpora tres sensores de posición montados sobre el cilindro neumático, que permiten ajustar el recorrido de la camisa guía según el modelo de subconjunto utilizado. La lógica de funcionamiento asociada a estos sensores se describe en la sección correspondiente al sistema de verificación de posicionamiento.

5.3.3. Sistema de traslado y posicionamiento de los módulos

El sistema de movimiento de la placa porta-módulos tiene como función posicionar el módulo de agarre y montaje sobre las válvulas correspondientes de la cabeza de cilindro. Este sistema permite adaptar la posición del módulo a las distintas configuraciones geométricas de las cabezas de cilindro consideradas.

Luego de analizar las distintas configuraciones de cabezas de cilindro, se observa que, si bien la posición relativa de las válvulas dentro de cada cilindro varía según el modelo de motor, la distancia entre válvulas correspondientes a cilindros consecutivos se mantiene constante, tanto para motores de cuatro (4) y seis (6) cilindros como para configuraciones de dos (2) y cuatro (4) válvulas por cilindro.

Esta distancia, igual a 128 mm (ver **Figura 5-14**), constituye el paso característico del sistema, permitiendo definir el posicionamiento relativo de los módulos y simplificar el diseño del mecanismo de traslado.

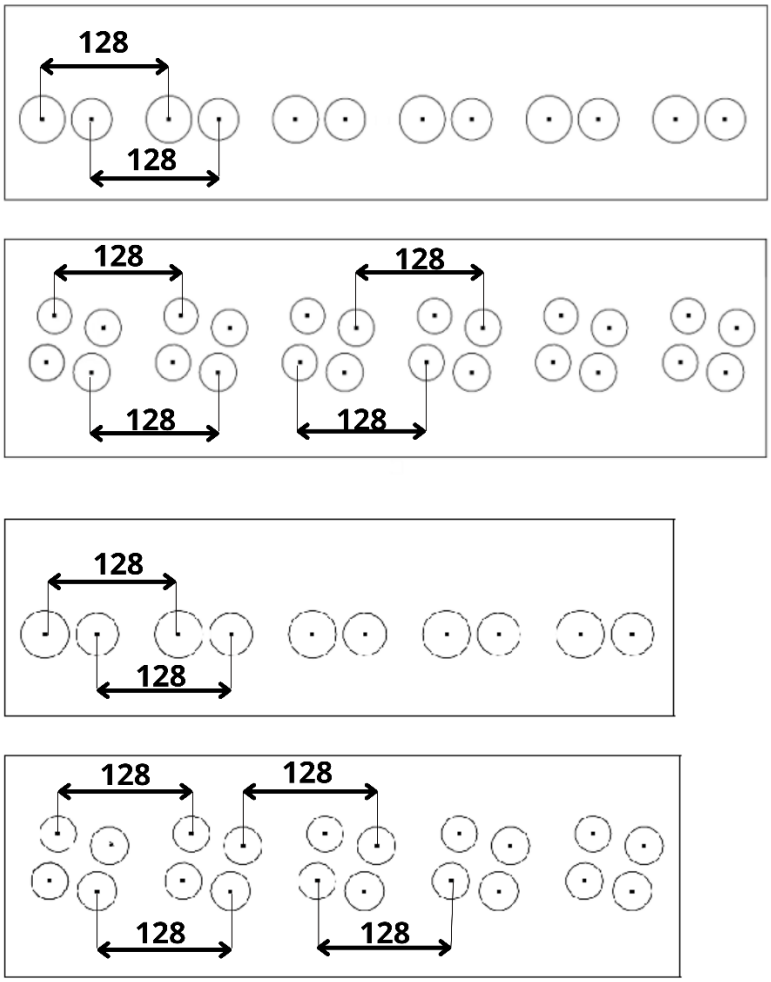


Figura 5-14: Medición de la distancia relativa entre válvulas en cabezas de cilindro correspondientes a cilindros contiguos (Autoría personal).

Esta característica permitió confirmar la factibilidad de unificar la configuración geométrica del módulo de ensamblaje, reduciendo la variabilidad del proceso y facilitando la estandarización del sistema de montaje.

Para permitir el montaje tanto en configuraciones de cuatro válvulas (4V) como de dos válvulas (2V) por cilindro (ver **Figura 3-2**), se diseñó un sistema de posicionamiento en los ejes X e Y, que permite ajustar la posición de la placa porta-módulos y adaptar la ubicación del módulo de ensamblaje a cada configuración de válvulas. El desplazamiento de la placa porta-módulos se realiza mediante un sistema de movimiento cartesiano accionado por husillos de posicionamiento.

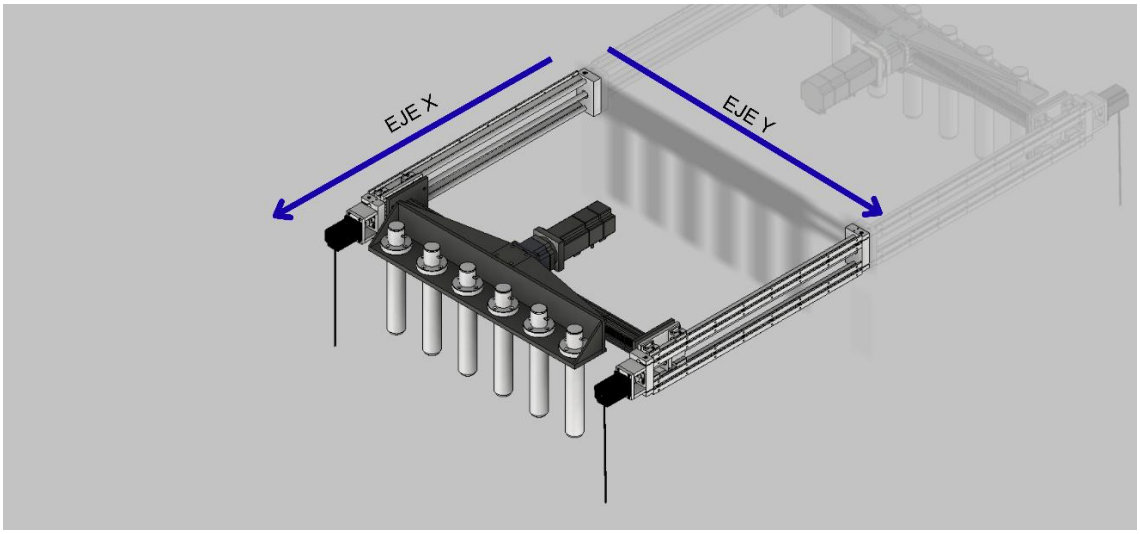


Figura 5-16: Esquema sistema de movimiento X/Y (Autoría personal; CAD 3D).

En la **Figura 5-16** se indica un desplazamiento máximo del sistema en el eje Y de 128 mm, correspondiente al recorrido extremo que puede alcanzar el conjunto móvil en dicho sentido. Este límite de recorrido se encuentra definido por un sensor de final de carrera, encargado de establecer la posición máxima admisible y asegurar el correcto control del movimiento del sistema. A su vez, este valor determina el rango máximo de posicionamiento disponible para adaptar la ubicación de los módulos a las distintas configuraciones geométricas de las cabezas de cilindro consideradas en el diseño.

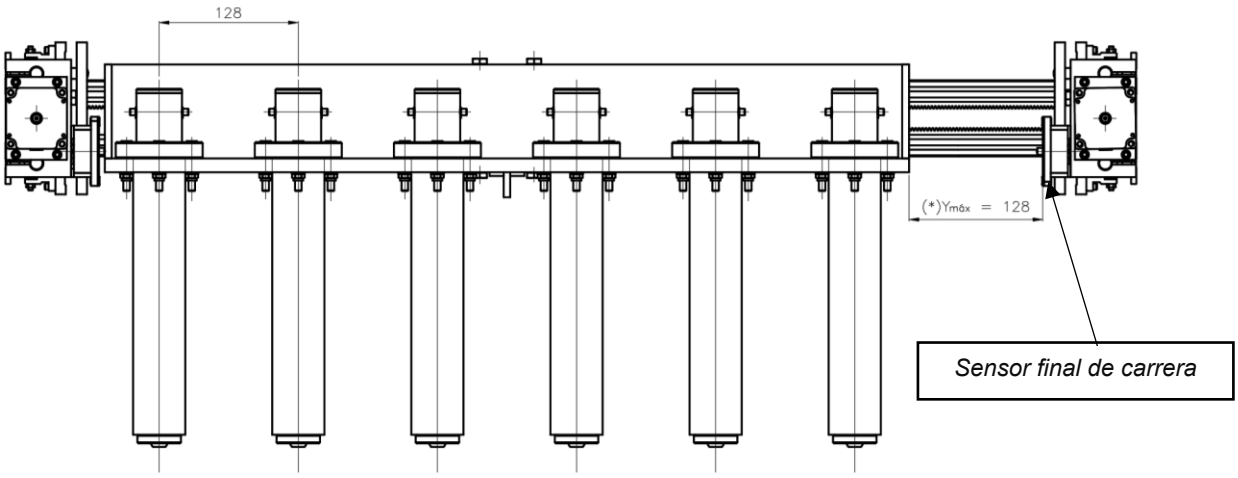


Figura 5--17: Recorrido sistema de movimiento X/Y (Autoría personal).

En función de este análisis, se definió dos recorridos de operación para las cabezas de cilindro con configuración de dos válvulas por cilindro, mientras que para las cabezas con configuración de cuatro válvulas por cilindro cuatro recorridos.

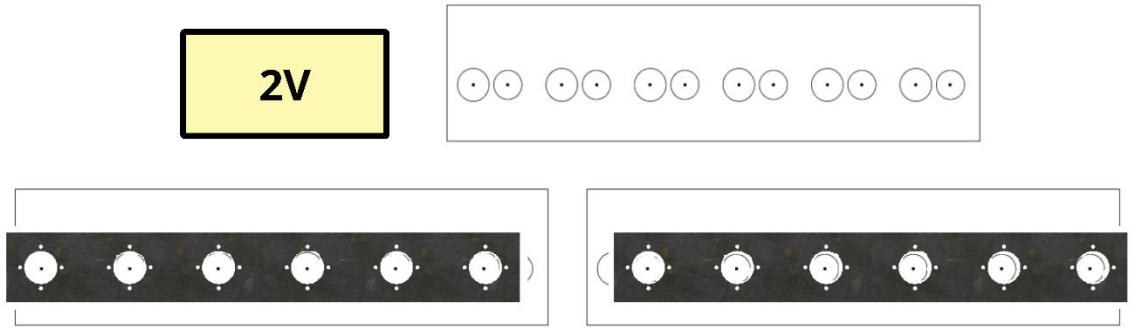


Figura 5-18: Recorrido de la placa porta-módulos para cabezas de cilindro con dos válvulas por cilindro (Autoría personal).

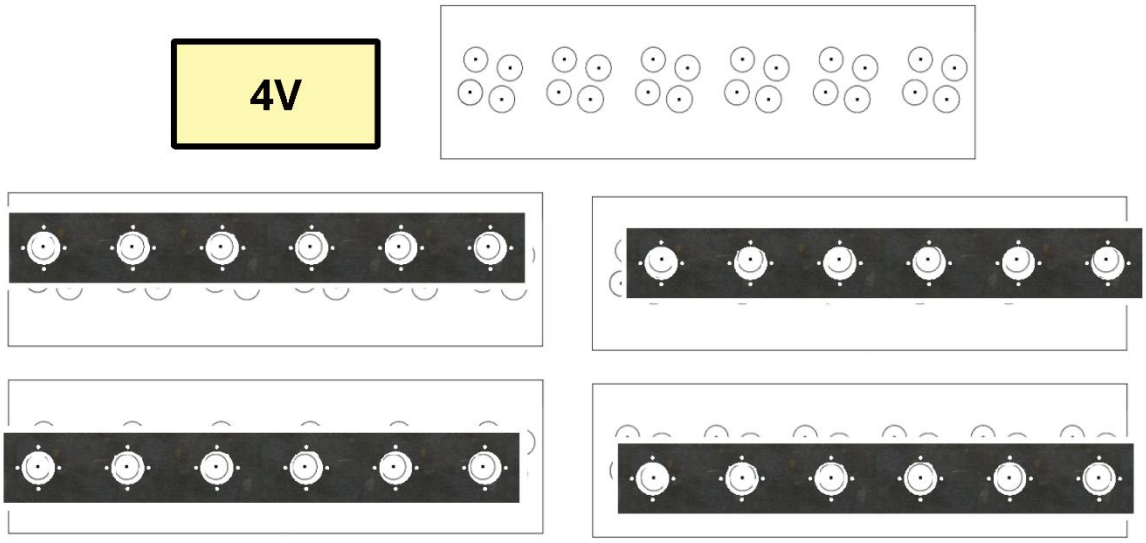


Figura 5-19: Recorrido de la placa porta-módulos para cabezas de cilindro con cuatro válvulas por cilindro (Autoría personal).

Adicionalmente, el sistema cuenta con un movimiento vertical en el eje Z, cuya función es permitir el descenso y ascenso del módulo de agarre y montaje durante el proceso de ensamblaje. Este movimiento permite tanto la aproximación del módulo a la cabeza de cilindro para realizar la operación de montaje sobre las válvulas, como el descenso hacia la mesa de alimentación para efectuar la toma de las piezas necesarias para el proceso.

El desplazamiento en el eje Z se realiza mediante un sistema de accionamiento por husillo, como se ve en la **Figura 5-19**.

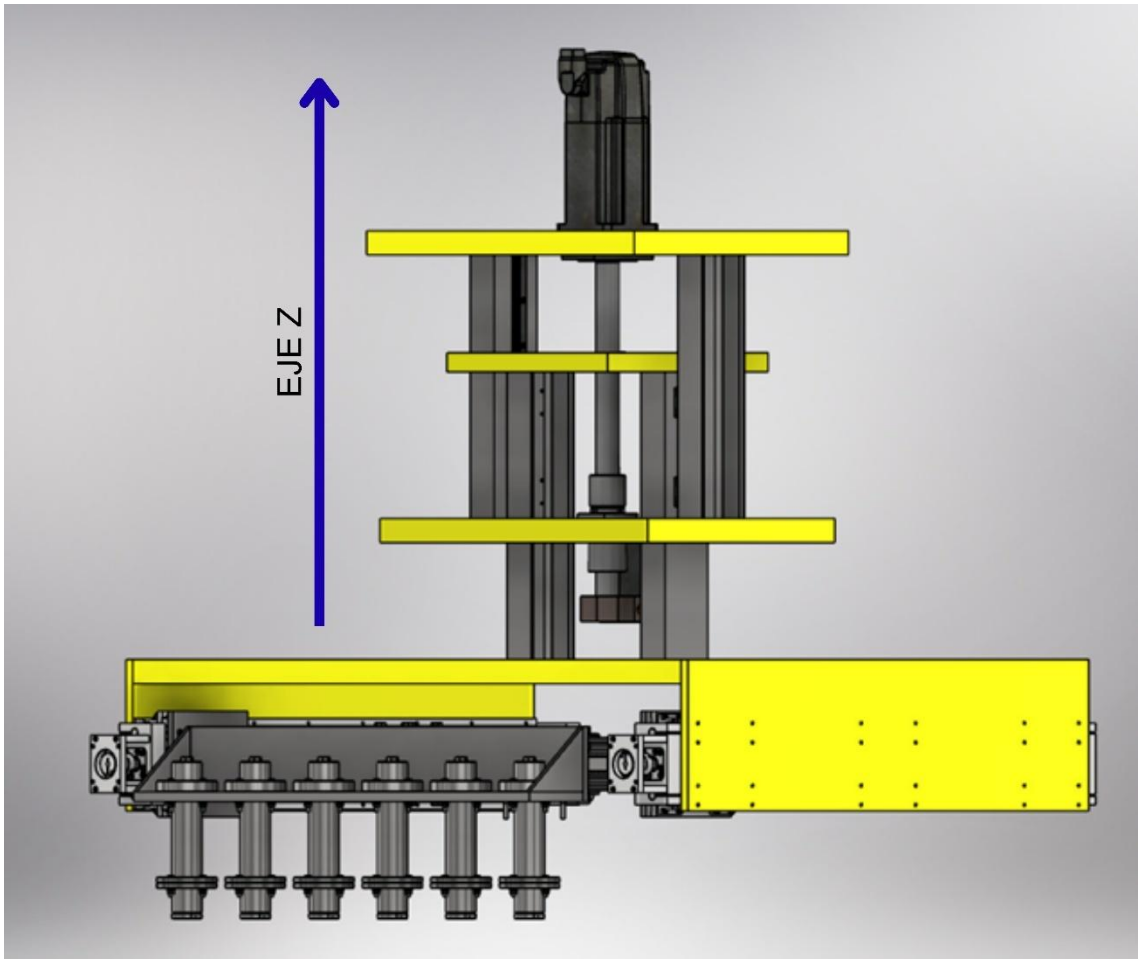


Figura 5-19: Esquema prensa con husillo (Autoría personal; CAD 3D).

5.3.4. Sistema de verificación de posicionamiento

El sistema de verificación de posicionamiento tiene como objetivo asegurar que los distintos elementos involucrados en el proceso de ensamblaje se encuentren en la posición correcta antes de habilitar cada etapa del ciclo de trabajo. Para ello se emplea un conjunto de sensores de posición y un encoder, cuyas señales son procesadas por el sistema de control para validar las condiciones de operación.

Con el fin de adaptar el funcionamiento del módulo a los distintos subconjuntos girador–trabas de válvula, se incorporan tres sensores de proximidad montados sobre soportes ajustables, encargados de detectar la posición del vástago del actuador neumático que acciona el mecanismo interno del módulo. Estas señales permiten definir las posiciones iniciales y finales del conjunto camisa–perno, según el modelo de subconjunto a montar.

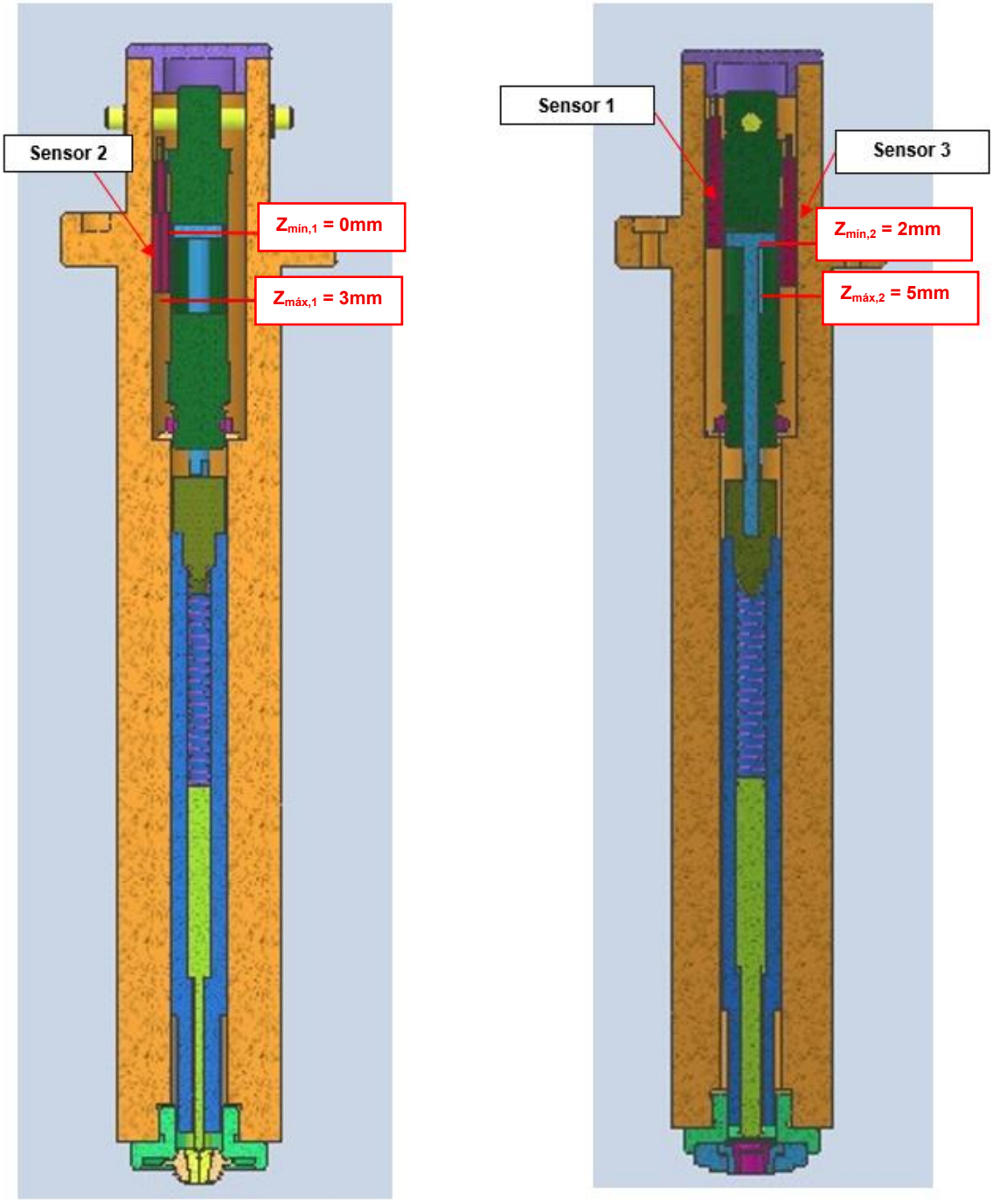


Figura 5-20: Esquema módulo - Sensores (Autoría personal; CAD 3D).

Las señales Zmín,1 y Zmín,2 determinan la posición inicial del sistema para configuraciones de cuatro y dos válvulas respectivamente. La condición Zmín,1 corresponde al inicio de carrera del actuador neumático, mientras que Zmín,2 se obtiene mediante la detección de un sensor ubicado en una posición intermedia del recorrido. De

manera análoga, las señales Zmáx,1 y Zmáx,2 indican el final de carrera del sistema, siendo detectadas por sensores de proximidad.

Adicionalmente, el sistema incorpora un encoder, como se muestra en la **Figura 5-19**, instalado en el servomotor que acciona el husillo de la prensa, el cual permite monitorear con precisión la posición vertical del módulo durante el ciclo de montaje. La información proporcionada por el encoder permite identificar los distintos estados del movimiento de la prensa, tales como descenso completo, ascenso parcial y ascenso final, evitando la dependencia de tiempos predefinidos y aumentando la confiabilidad del proceso.

Las señales provenientes de los sensores de proximidad y del encoder son procesadas por el **PLC** del sistema, que se encarga de verificar el cumplimiento de las condiciones necesarias para avanzar entre las distintas etapas del ciclo de trabajo. De esta manera se garantiza que el módulo se encuentre correctamente posicionado antes de habilitar el descenso del mecanismo interno o finalizar la operación de montaje.

El PLC ejecuta la siguiente lógica de control para la validación del proceso (ver **Figura 5-21**)

- **Etapa 1:** Posicionamiento en válvula de cabeza de cilindro (sensor). Según programa actuador PLC posiciona actuador neumático en Zmín,1 (4V) o Zmín,2 (2V). → habilita avance prensa.
- **Etapa 2:** Encoder confirma que el husillo de la prensa bajó 14 mm → habilita avance del ciclo.
- **Etapa 3:** Encoder confirma subida parcial (4 mm) → habilita descenso del cilindro chico.
- **Etapa 4:** Mientras la prensa realiza la subida final (14mm) controlada por el encoder, el cilindro chico llega a Zmáx,1 = 3mm (4V) o Zmáx,2 = 5mm (2V), controlado por el uso del sensor inductivo.[2]

[2] Cada una de estas etapas debe analizarse en conjunto con las **Figuras 5-21** y **5-22**, dado que una de ellas corresponde a la secuencia de montaje del subconjunto girador–trabas de válvula para cabezas de cilindro de cuatro válvulas por cilindro (4V)**,** mientras que la otra corresponde al modelo de dos válvulas por cilindro (2V)**.**

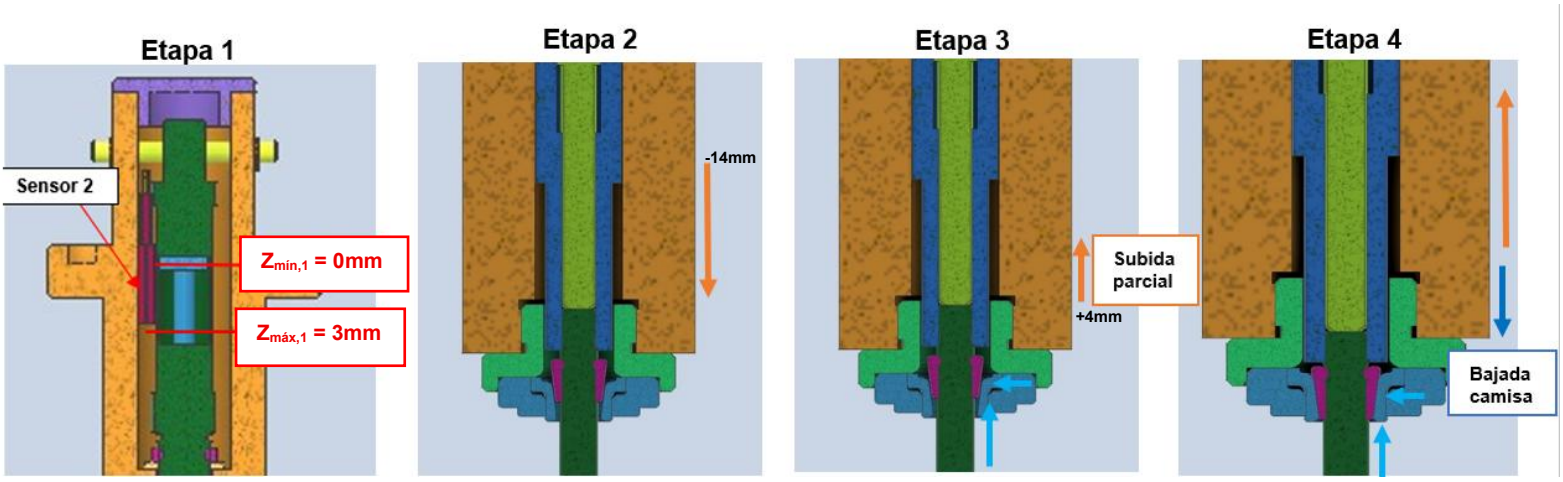


Figura 5-21: Secuencia de montaje subconjunto girador-traba de válvula 4V (Autoría personal).

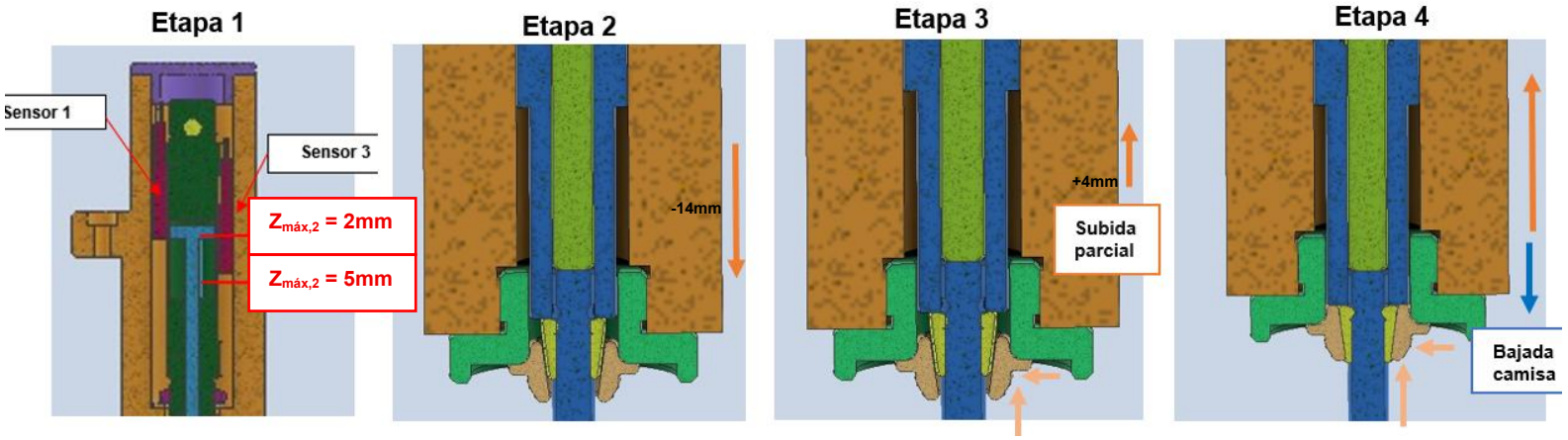


Figura 5-22: Secuencia de montaje subconjunto girador-traba de válvula 2V (Autoría personal).

Adicionalmente, el sistema incorpora condiciones de seguridad (interlocks) destinadas a evitar movimientos indebidos del mecanismo:

- El actuador neumático secundario no puede descender si el encoder no confirma que la prensa se encuentra en una zona segura de operación.
- El ciclo de trabajo no finaliza hasta que se verifiquen simultáneamente las condiciones de posicionamiento definidas por el encoder y los sensores inductivos.

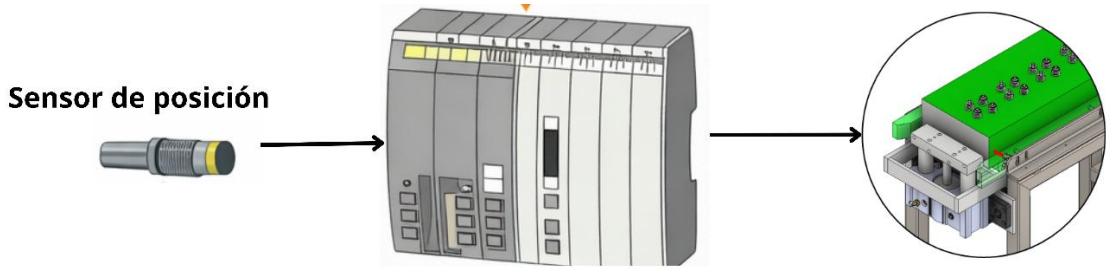


Figura 5-23: Diagrama de lógica de control y verificación de posicionamiento del sistema de mesa transportadora (Autoría personal).

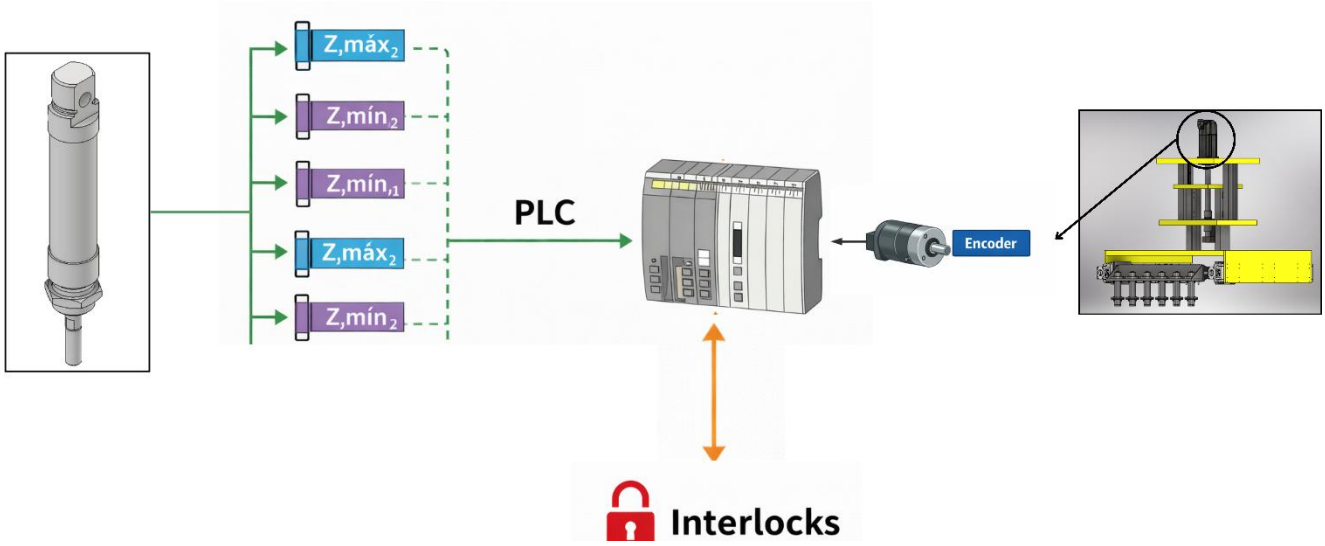


Figura 5-24: Diagrama de lógica de control y verificación de posicionamiento de los módulos (Autoría personal).

5.3.5. Sistema de control de correcto posicionamiento de subconjunto

El sistema de verificación del correcto posicionamiento del subconjunto tiene como objetivo asegurar que los componentes ensamblados sobre la válvula —girador y trabas de válvula— queden correctamente ubicados una vez finalizada la operación de montaje. De esta manera se busca evitar las condiciones de montaje incorrecto identificadas

previamente en los objetivos del proyecto, las cuales se ilustran en la **Figura 5-25**.

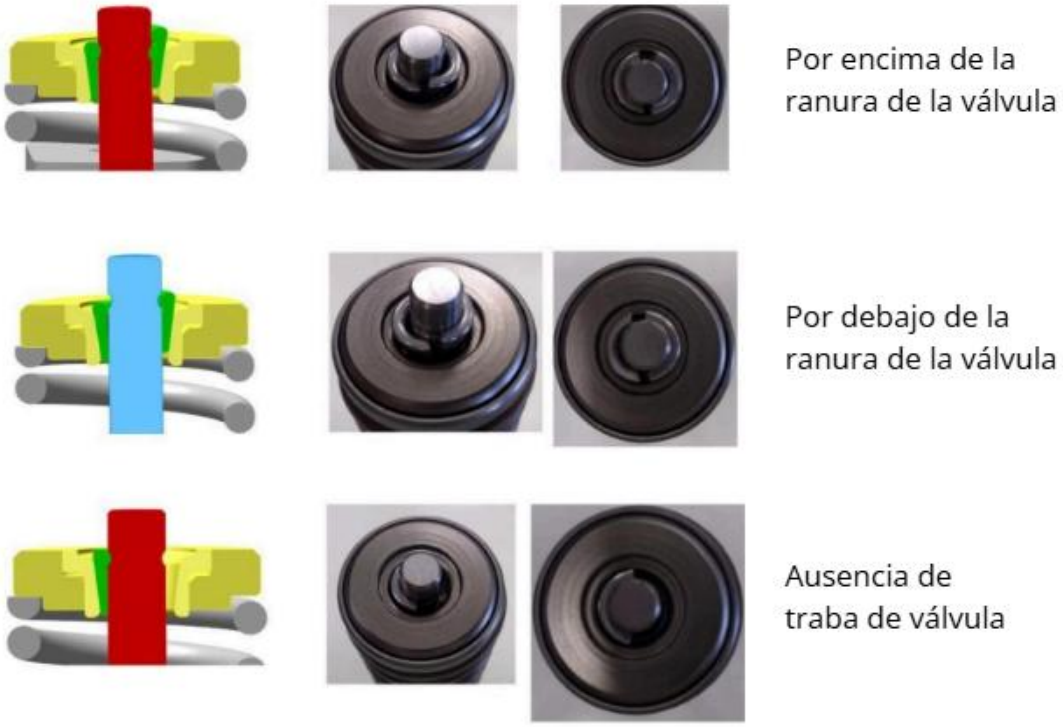


Figura 5-25: Ejemplos de posicionamiento incorrecto del subconjunto girador–trabas de válvula (Autoría personal).



Figura 5-26: Ejemplos de posicionamiento incorrecto del subconjunto girador–trabas de válvula (Autoría de la empresa).

Para realizar esta verificación se implementa un sistema de inspección basado en perfilometría 3D, el cual permite detectar la geometría y la altura del conjunto girador–traba de válvula respecto a la superficie de referencia de la cabeza de cilindro. A partir de esta medición es posible determinar si el subconjunto se encuentra correctamente asentado en la ranura de la válvula o si presenta desviaciones respecto de los valores permitidos.

La selección de esta tecnología se fundamenta en que una solución equivalente ya ha sido implementada previamente en una de las líneas de producción de la misma empresa para la misma función. Esta experiencia permitió validar su desempeño en condiciones de operación similares, garantizando una solución confiable, robusta y alineada con las prácticas utilizadas en el proceso productivo.

Debido a la existencia de distintos modelos de cabezas de cilindro con configuraciones de dos válvulas (2V) y cuatro válvulas por cilindro (4V), y considerando la distancia entre válvulas en las configuraciones de cuatro válvulas en relación con el campo de visión (*Field of View – FOV*) del perfilómetro, se optó por la implementación de dos perfilómetros independientes. Esta configuración permite evitar zonas de sombra durante la medición y asegurar la correcta inspección de todos los subconjuntos montados.

Los rangos de altura mínima y máxima correspondientes a un posicionamiento correcto del subconjunto fueron determinados mediante en CAD y cálculos, cuyos resultados se presentan en la memoria de calculo.

El primer perfilómetro se encarga de controlar la correcta posición del subconjunto girador–traba de válvula en las cabezas de cilindro con configuración de dos válvulas por cilindro, así como también una de las hileras de válvulas en las cabezas de cilindro con cuatro válvulas por cilindro. El segundo perfilómetro verifica la segunda hilera de válvulas correspondiente a estas últimas configuraciones, permitiendo cubrir la totalidad de las posiciones de inspección requeridas durante el proceso de ensamblaje.

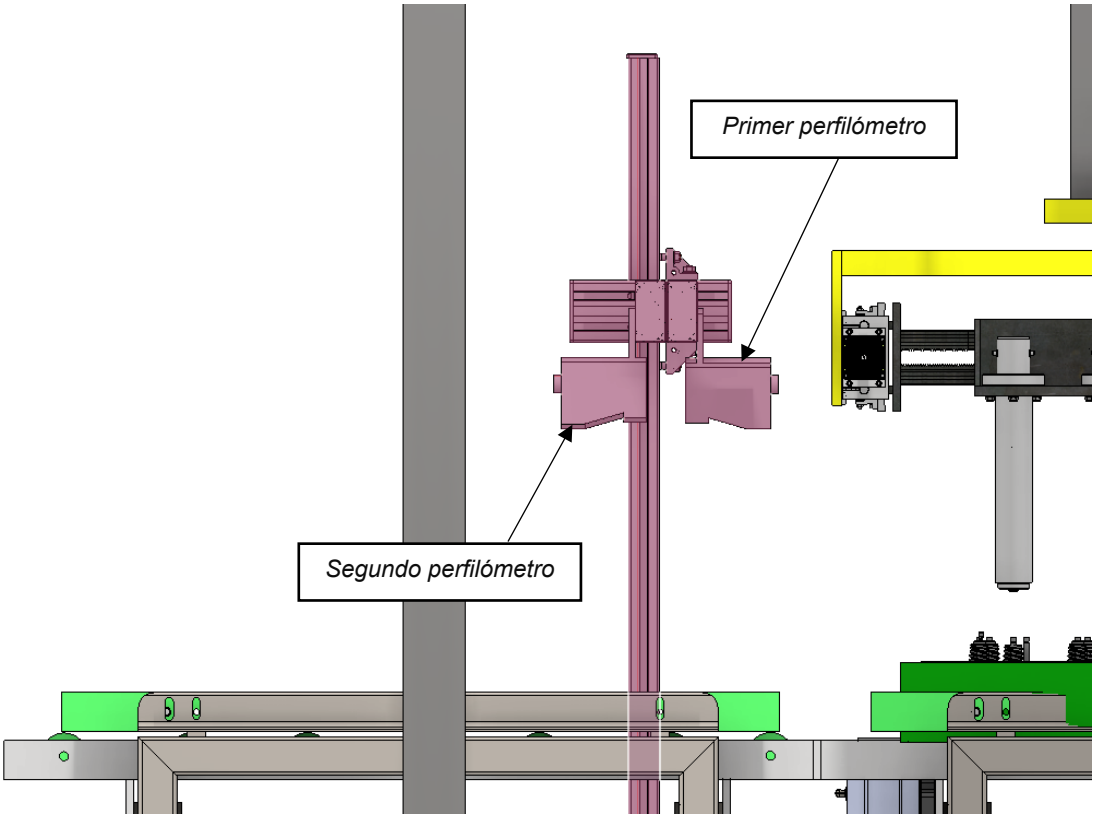


Figura 5-27: Esquema perfilómetro 3D (Autoría personal; CAD 3D).

La **Figura 5-27** muestra un ejemplo del resultado de medición obtenido mediante el sistema de perfilometría 3D utilizado en la línea de producción en la cual se basa la solución propuesta. En la imagen se observan las mediciones de altura realizadas sobre distintos puntos del subconjunto girador–trabas de válvula, así como los límites de tolerancia definidos para validar el correcto posicionamiento del conjunto respecto a la superficie de referencia de la cabeza de cilindro.

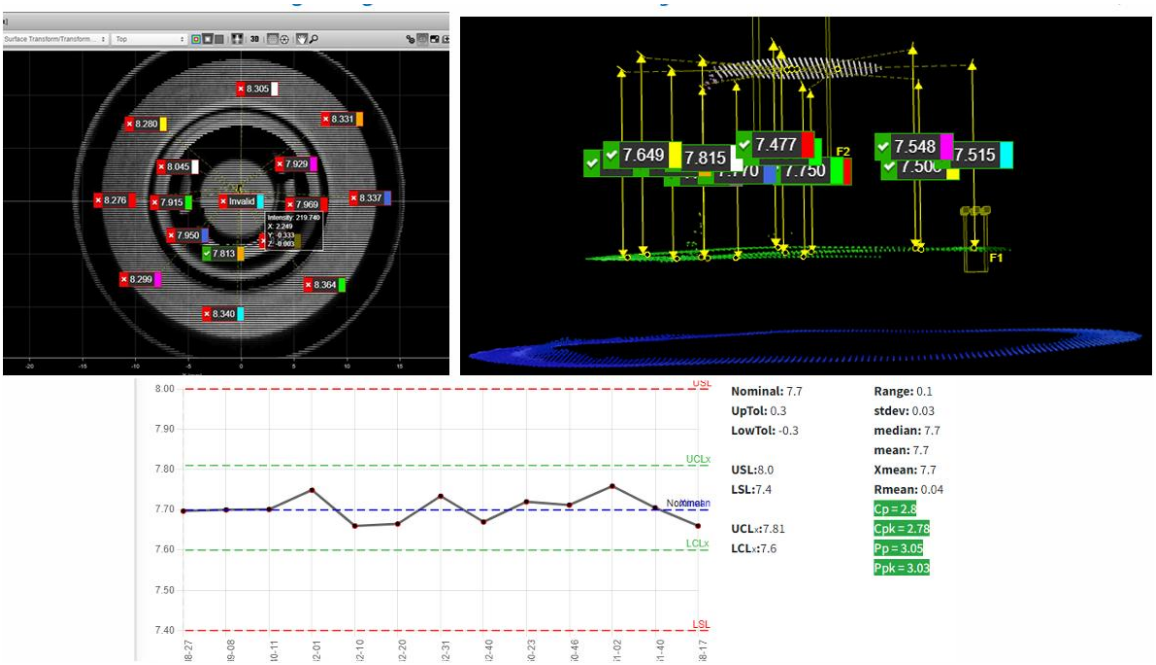


Figura 5-28: Ejemplo de medición de posicionamiento del subconjunto mediante perfilómetro 3D en línea de producción (Fuente: sistema de inspección de la empresa).

6. Memoria de cálculo

6.1. Objeto y alcance

La presente memoria de cálculo tiene por objeto verificar el diseño estructural de la perfilería soporte, la funcionalidad de los módulos magnéticos y de la mesa transportadora, así como el desempeño de los accionamientos y controladores asociados al sistema.

El alcance del presente documento comprende las verificaciones analíticas efectuadas a partir de normas técnicas y catálogos de fabricantes, complementadas con simulaciones realizadas mediante Autodesk Inventor, a fin de validar los parámetros de diseño adoptados, la resistencia mecánica de los componentes y la funcionalidad general del conjunto frente a las solicitaciones previstas durante el ciclo de operación.

6.2. Propiedades de los materiales

Los componentes fabricados en chapa se consideran de material IRAM-IAS U 500 grado F24. Sus propiedades mecánicas adoptadas para el cálculo son las siguientes:

- Tensión límite de fluencia: σf = 240 MPa.
- Tensión de rotura: σu = 370 MPa.
- Módulo de elasticidad longitudinal: E = 202000 MPa.
- Módulo de elasticidad transversal: G = 78000 MPa.
- Peso específico: ρ = 7850 kg/m³.

Por su parte, los componentes tales como bujes, perno pasante, ejes, entre otros, se consideran de acero SAE 1045, con las propiedades mecánicas indicadas a continuación:[3]

- Tensión límite de fluencia: σf = 310 MPa.
- Tensión de rotura: σu = 565 MPa.
- Módulo de elasticidad longitudinal: E = 210000 MPa.
- Módulo de elasticidad transversal: G = 80000 MPa.
- Peso específico: ρ = 7850 kg/m³.

6.3. Masa de los subconjuntos

En las figuras siguientes se presentan las masas de los principales subconjuntos del equipo. Dichos valores se utilizarán posteriormente en las verificaciones de carga y resistencia. Las masas fueron obtenidas a partir de las propiedades físicas calculadas por el software Autodesk Inventor.

[3] En aquellos casos en que una pieza requiera un material particular, dicha condición será indicada expresamente en el plano o en el apartado correspondiente. En caso contrario, se adopta el material estándar definido para el elemento.

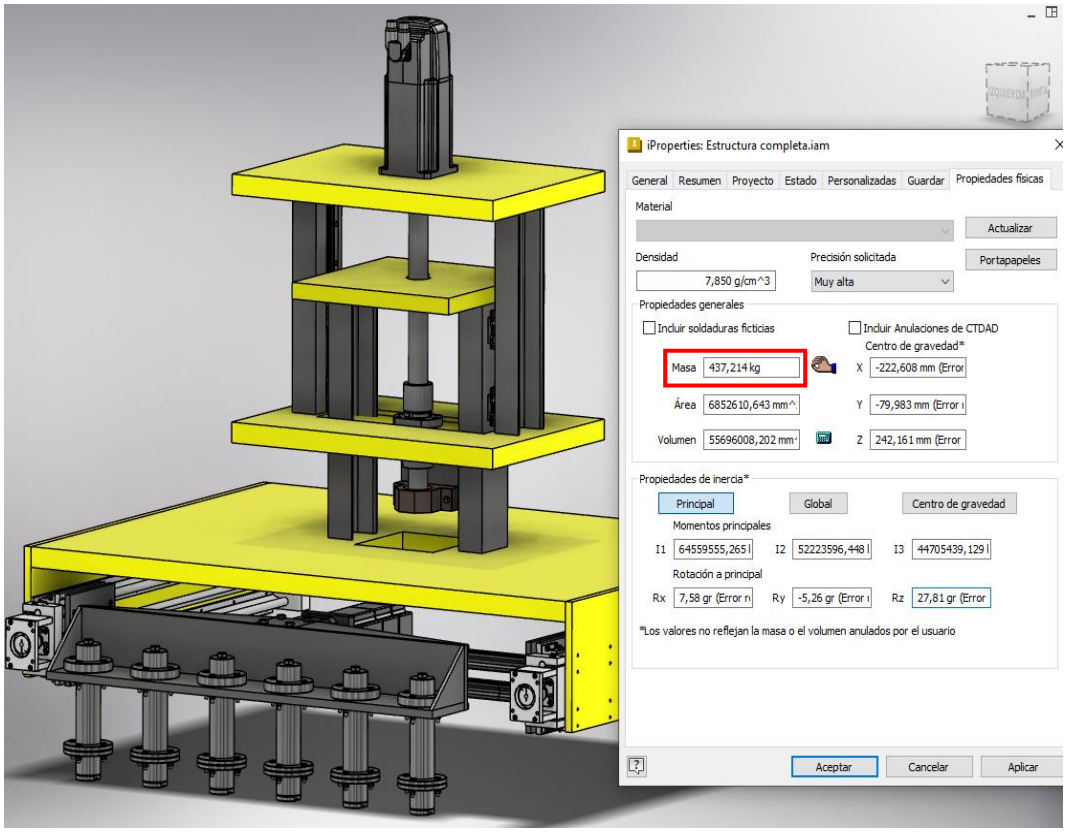


Figura 6-1: Prensa con Husillo de Bolas (Autodesk Inventor; Prop. físicas)

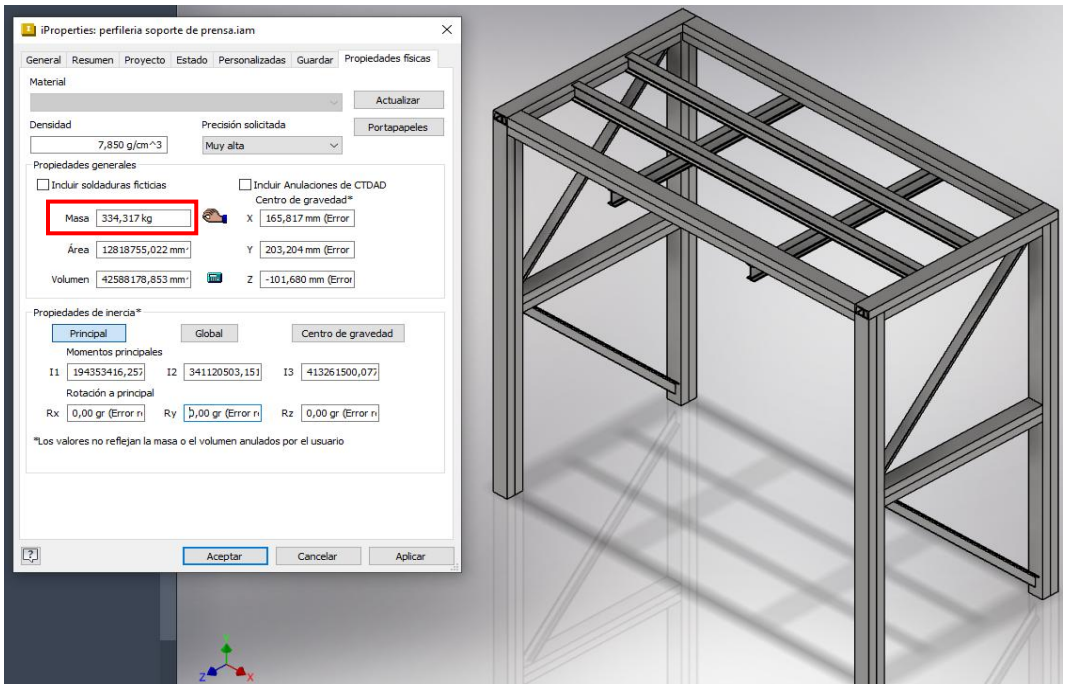


Figura 6-2: Estructura soporte de prensa (Autodesk Inventor; Prop. físicas)

6.4. Desarrollo

En los apartados siguientes se verifica el comportamiento del conjunto y de sus principales componentes en la posición de trabajo, considerando las solicitaciones más desfavorables previstas durante el servicio. Para ello se contemplan las masas propias de los subconjuntos, las cargas de operación y las condiciones de funcionamiento adoptadas para el diseño.

6.4.1. Perfilería soporte (bastidor)

Con el objeto de verificar el comportamiento estructural del bastidor que soporta la prensa suspendida, se realizó una simulación estática por método de elementos finitos mediante Autodesk Inventor. Para el análisis, el modelo CAD 3D de la prensa se simplificó a una chapa equivalente, sobre la cual se aplicó la carga transmitida por el sistema, de 4410 N, considerando además el peso propio del bastidor mediante la acción de la gravedad.

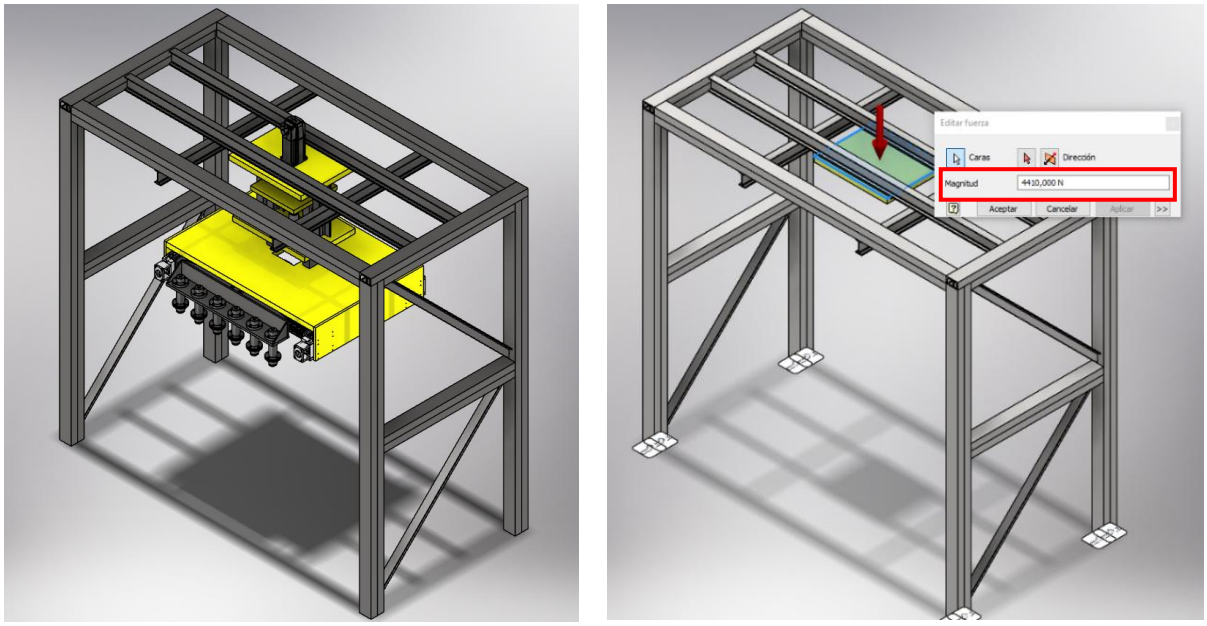


Figura 6-3 – Simplificación de prensa en simulación (Autodesk Inventor)

Coeficiente de seguridad

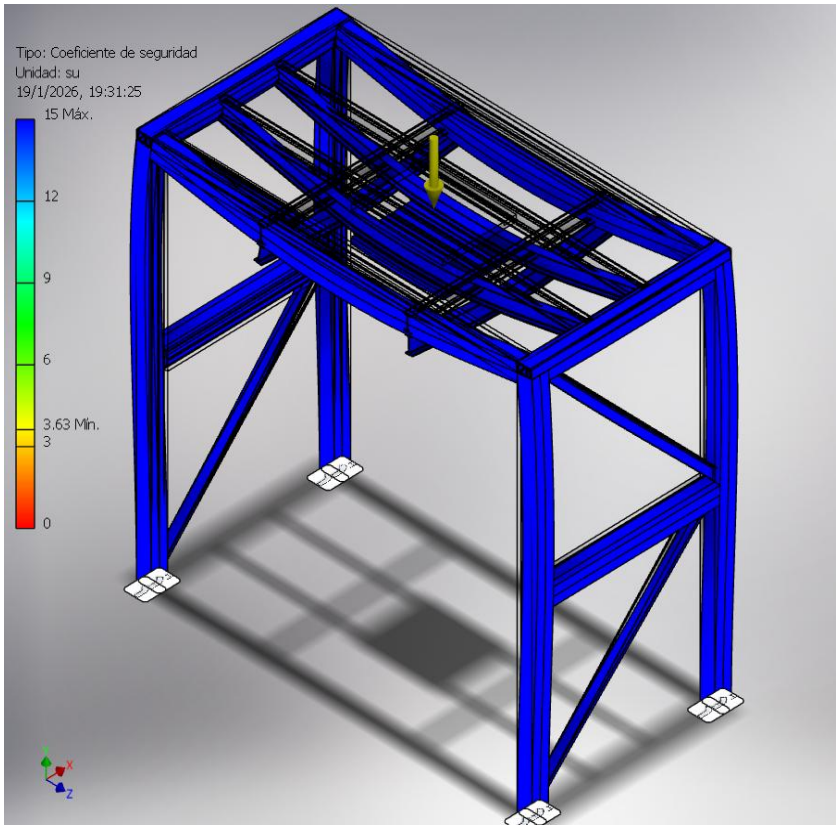


Figura 6-4 – Coeficiente de seguridad (1) (Autodesk Inventor; Simulación)

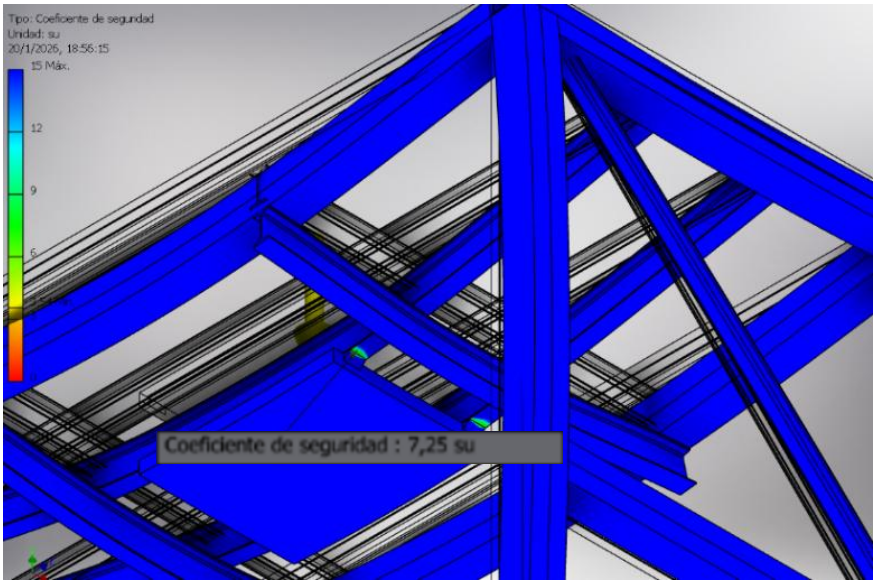


Figura 6-5 – Coeficiente de seguridad (2) (Autodesk Inventor; Simulación)

Se observa que el factor de seguridad es mayor a 12 en prácticamente toda la pieza. La única zona con valores inferiores corresponde a la unión soldada entre la chapa (1 1/4”) y el perfil doble T (IPN 80), donde el FOS resulta mayor a 7, según se aprecia en la **Figura 6-5.**

Se visualiza una condición inferior, a raíz de un efecto de borde reflejado en la matemática del método de cálculo del software.

Se insiste con esta simulación, ya que durante el accionamiento de la prensa no se admiten desplazamientos ni vibraciones en la estructura, debido a la precisión requerida para el ensamblaje del subconjunto (girador + trabas de válvulas).

Desplazamientos.

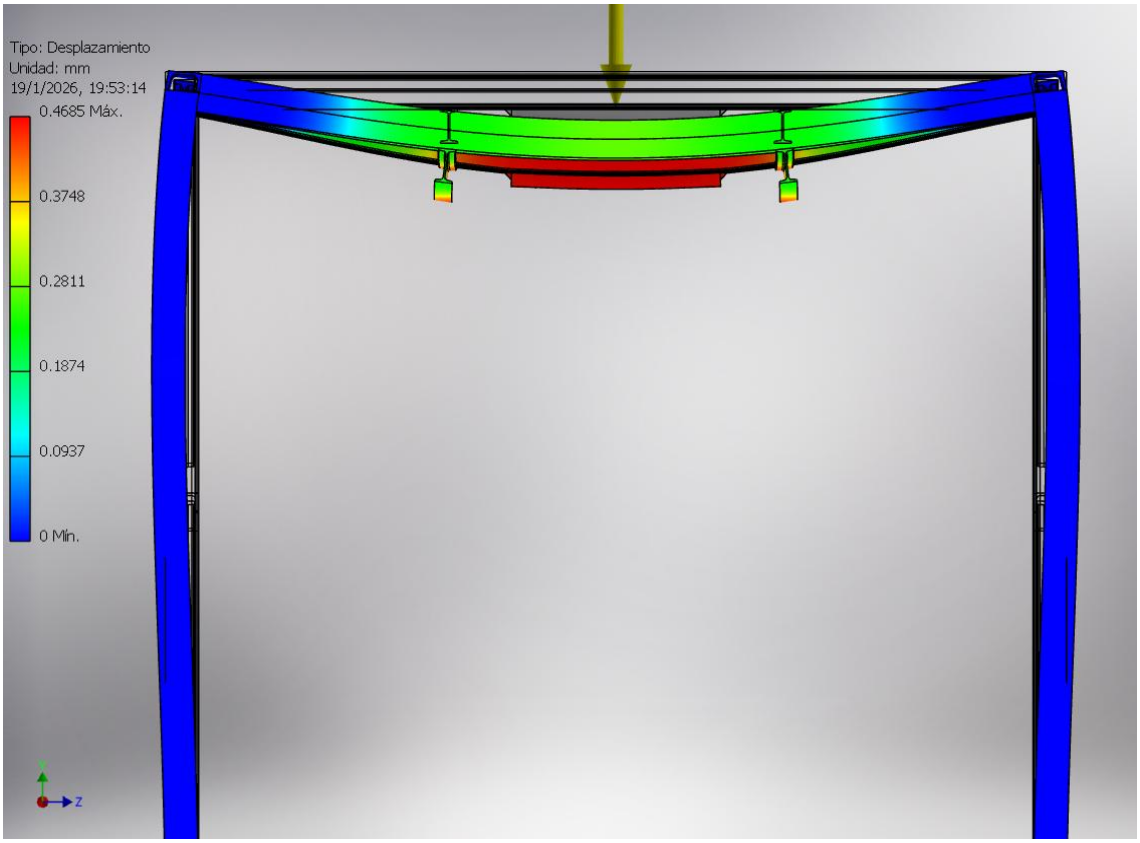


Figura 6-6 – Desplazamientos (Autodesk Inventor; Simulación)

En la condición analizada se obtiene un desplazamiento máximo de 0,4685 mm en la zona más solicitada, valor que se considera admisible para la aplicación.

6.4.2. Prensa con Husillo de bolas.

Accionamiento vertical (EJE Z).

El desplazamiento vertical de la prensa sobre el eje Z se realiza mediante un husillo a bolas (BASA / 32x10Rx3.969 / FEM-E-B – 5) y un servomotor de la marca Rexroth modelo MS2N05-COBNN, con freno incluido. La selección de ambos componentes se efectúa en función de la carrera requerida, la carga aplicada y las condiciones de funcionamiento adoptadas para el proceso de ensamblaje.

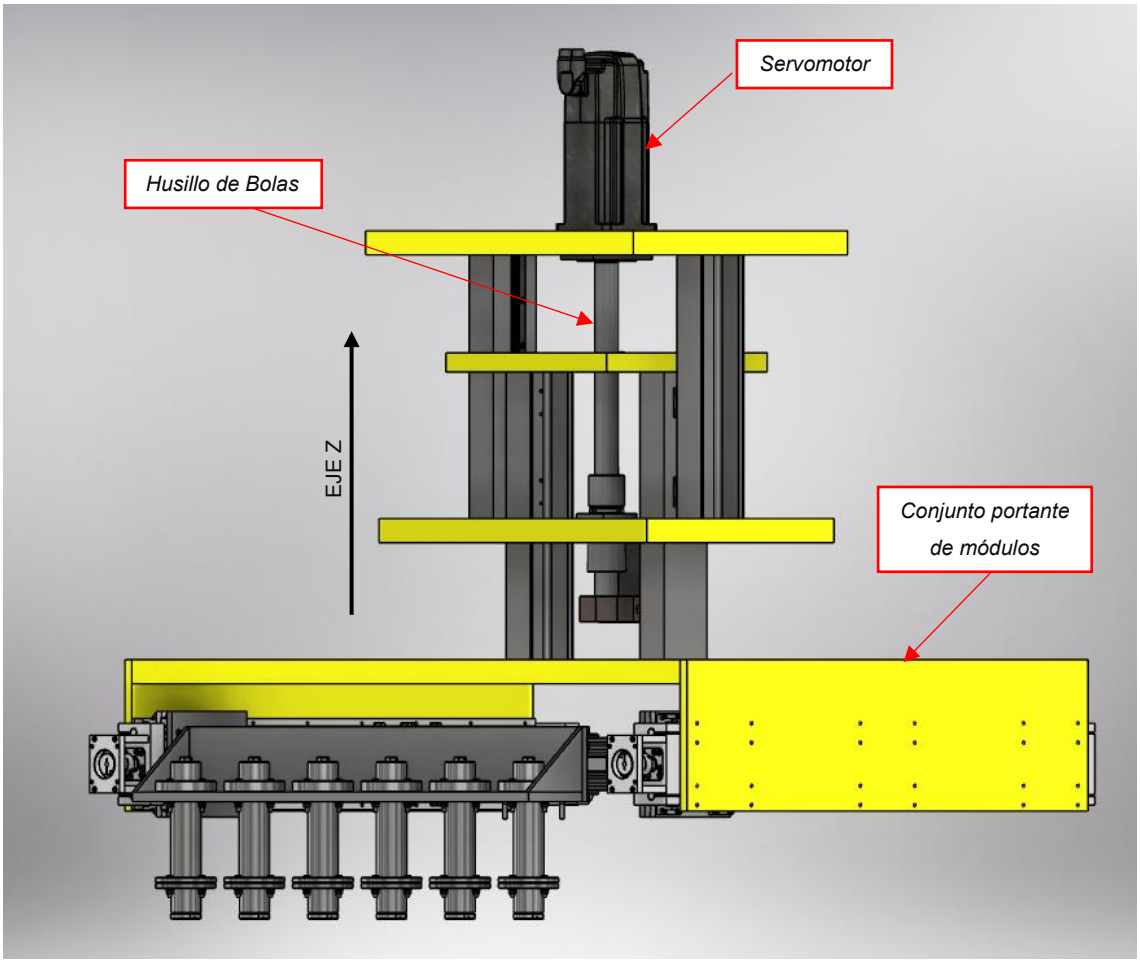


Figura 6-7 – Prensa (Autodesk Inventor; Esquema CAD 3D)

MS2N06-E0BHN

Designation	Symbol	Unit	MS2N06-E0BHN-___0-_N	MS2N06-E0BHN-___2-_N
Standstill torque - 60K [1]	$M_{0\ 60K}$	Nm	13.0	
Standstill current - 60K	$I_{0\ 60K}$	A	5.4	
Standstill torque - 100K [1]	$M_{0\ 100K}$	Nm	16.3	
Standstill current - 100K	$I_{0\ 100K}$	A	6.8	
Moment of inertia of rotor [1]	J_{rot}	kg*m²	0.00089	0.00103
Rated speed - 100K	$n_{N\ 100K}$	1/min	2000	
Rated torque - 100K [1]	$M_{N\ 100K}$	Nm	13.15	
Rated current - 100K	$I_{N\ 100K}$	A	5.65	
Rated power - 100K [1]	$P_{N\ 100K}$	kW	2.75	
Maximum torque 20 °C (cold) [1]	$M_{max\ 20°C}$	Nm	53.4	
Maximum torque 100K (warm) [1]	$M_{max\ 100K}$	Nm	49.0	
Maximum current	$I_{max(rms)}$	A	25.4	
Maximum speed (electrical)	$n_{max\ el}$	1/min	4000	
Maximum speed (mechanical)	$n_{max\ mech}$	1/min	6000	
Number of pole pairs	p		5	
Torque constant at 20 °C [1]	K_m	Nm/A	2.58	
Voltage constant at 20 °C [1]	K_E	V/1000 min⁻¹	157	
Winding resistance at 20 °C	R_{12}	Ohm	2.54	
Winding inductance	L_{12_min}	mH	27.6	
Leakage capacitance of the component	C_{sb}	nF	3.03	
Thermal time constant of winding	T_{th_W}	s	48.6	
Thermal time constant of motor	T_{th_M}	min	20.0	
Mass	m_{mot}	kg	11.5	13.0
Holding brake				
Holding torque	M_4	Nm	0	15.00
Rated voltage	U_N	V	0	24
Rated current	I_N	A	0	0.75
Maximum connection time	t_1	ms	0	50
Maximum disconnection time	t_2	ms	0	135

Tabla 6-1 – Especificaciones servomotor (Catálogo Rexroth)

Especificaciones husillo de bolas (Catálogo Rexroth). De las especificaciones técnicas obtenidas de tabla del motor y del husillo a bolas se obtienen los siguientes datos relevantes para los cálculos.

Categoría	Parámetro	Valor	Unidad
Componente	Husillo a Bolas	BASA 32x10R	-
Componente	Servomotor	MS2N06-E0BHN	-
Especificación Husillo	Diámetro nominal (d0)	32	mm
Especificación Husillo	Paso (P)	10	mm
Especificación Husillo	Capacidad Carga Dinámica (C)	38	N
Especificación Husillo	Par de fricción (TRD)	0.25	Nm
Especificación Husillo	Longitud de rosca (L0)	406.0	mm
Especificación Motor	Par Continuo (M0 60K)	13.0	Nm
Especificación Motor	Par Máximo (Mmax)	53.4	Nm
Datos de Aplicación	Masa a elevar (m)	340	kg
Datos de Aplicación	Carrera de trabajo (s)	130	mm

Tabla 6-2 – Especificaciones principales (Autoría personal)

Análisis cinemático y dinámico.

Para un proceso de ensamblaje de precisión, se define un tiempo de desplazamiento de 10 segundos con rampas de aceleración suaves.

- Tiempo de movimiento: $t_{mov} = 10\,s$
- Tiempo de aceleración: $t_{acc} = 1\,s$
- Velocidad máxima: $v_{max} = \frac{s}{(t_{mov} - t_{acc})}$; $v_{max} = \frac{0{,}13\,m}{(10s - 1s)} = 0{,}0144\frac{m}{s}$ (1.1)
- Velocidad de giro mínima: $n = \frac{(v_{max} \,.\, 60)}{Paso} = \frac{(0{,}0144 \,.\, 60)}{0{,}01m} = 86{,}4\,RPM$ (1.2)
- Aceleración: $a = \frac{v_{max}}{t_{acc}} = 0{,}0144\frac{m}{s^2}$; $\alpha = 9{,}05\,\frac{rad}{s^2}$ (1.3)

Cálculo de fuerzas y torques.

- Fuerza de carga necesaria: $Fg = m\,.\,g$; $Fg = 340\,kg\,.\,9{,}81\frac{m}{s^2} = 3335{,}4\,N$ (1.4)
- Torque de carga:

$T_c = \left[\frac{(Fg\,.\,Paso)}{(2\,.\,\pi\,.\,n)}\right] + T_{RD}$; $T_c = \left[\frac{(3335{,}4\,.\,0{,}01)}{(2\,.\,3{,}1416\,.\,0{,}9)}\right] + 0{,}25 = 6{,}15\,Nm$ (1.5)

- Torque de aceleración:

$T_{acc} = I_{total}\,.\,\alpha$; $T_{acc} = 0{,}02\,kgm^2\,.\,9{,}05\,\frac{rad}{s^2} = 0{,}181\,Nm$ (1.6)

- Torque de pico: $T_{pico} = T_c + T_{acc} = 6{,}331\,Nm$ (1.7)

Verificación de seguridad.

Se aplica un factor de seguridad del 40% (= 1,4) por condiciones de operación (se suponen 8hs. de trabajo continuo, siendo conservadores) y posibles desalineaciones.

- Torque requerido mínimo de diseño: $T_{req,min} = T_{pico} \cdot 1{,}3 = 8{,}863\ Nm$ (1.8)
- Factor de seguridad: $SF = \frac{Par_{Motor}}{(T_{req})}$; $SF = \frac{13\ Nm}{8{,}86\ Nm} = 1{,}47$ (1.9)

El sistema es 1.47 veces superior al requerimiento máximo de diseño. El análisis cinemático y dinámico confirma que el conjunto **BASA 32x10** y el motor **MS2N06** están correctamente dimensionados.

Accionamiento en el EJE X.

El movimiento en el eje X se realiza mediante dos (2) actuadores lineales accionados por husillos de bolas (uno por lado), con el objetivo de desplazar horizontalmente el conjunto móvil. Cada actuador es accionado por un motor paso a paso **SureStep STP-MTR-23079 (NEMA 23)**. El sistema trabaja como pórtico; por lo tanto, ambos lados deben mantener sincronismo para evitar descuadres.

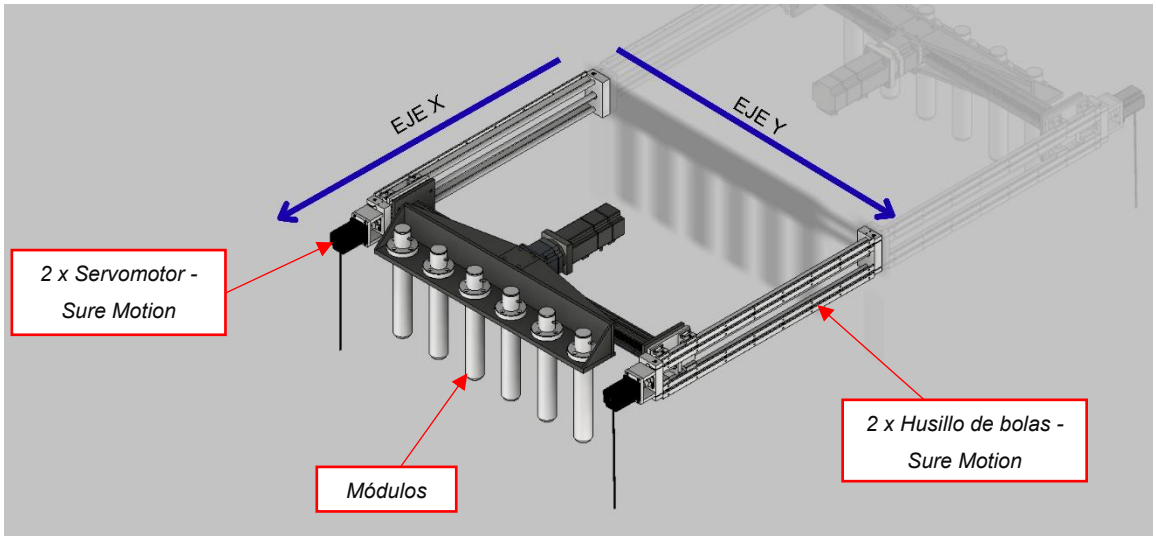


Figura 6-8 – Conjunto portante de módulos (Autodesk Inventor; Esquema CAD 3D)

Datos.

- Carrera máxima: $s = 610\ mm.$
- Masa trasladada: $m = 90\ kg.$
- Husillo de bolas: $Paso = 5{,}08\ mm/vta$
- Eficiencia del husillo: $\eta = 0{,}83.$
- Motores: **2 × STP-MTR-23079, 200 pasos/vta (1,8°).**
- Perfil de movimiento adoptado: trapezoidal con rampas simétricas $ta = td = 0{,}5\ s.$

Condición de verificación.

Para una verificación conservadora del accionamiento se adopta:

- Tiempo total de desplazamiento: $t = 5\ s$
- Fricción equivalente alta: $\mu = 0{,}10$.
- Reparto desigual de carga entre husillos (anti-racking) (criterio conservador): 70/30.

Análisis cinemático y dinámico.

- Velocidad máxima:

$v = s\ /\ (t - (ta + td)/2) = 0{,}610\ /\ (5 - 0{,}5) = 0{,}1356\ m/s$ (1.10)

- Velocidad de giro del husillo:

$n = 60 \cdot v\ /\ paso = 60 \cdot 0{,}1356\ /\ 0{,}00508 \approx 1600\ rpm$ (1.11)

- Aceleración en rampa: $a = v\ /\ ta = 0{,}1356\ /\ 0{,}5 = 0{,}271\ m/s^2$ (1.12)

Cálculos de fuerza.

En movimiento horizontal, el husillo no vence el peso mg como fuerza de avance; el esfuerzo se asocia a fricción e inercia.

- Normal (peso sobre guías): $N \approx m \cdot g = 90 \cdot 9{,}81 = 883\ N$ (1.13)
- Fricción (peor caso): $F_fr = \mu \cdot N = 0{,}10 \cdot 883 = 88{,}3\ N$ (1.14)
- Inercia: $F_in = m \cdot a = 90 \cdot 0{,}271 = 24{,}4\ N$ (1.15)
- Fuerza total de avance: $F_tot = F_fr + F_in = 112{,}7\ N$ (1.16)
- Lado más exigido (70%): $F_1 = 0{,}70 \cdot F_tot = 78{,}9\ N$ (1.17)

Torque requerido por motor.

- Torque por carga lineal: $T_req = (F \cdot paso)\ /\ (2\pi \cdot \eta)$ (1.18)
- Para el lado más exigido:

$T_req, 1 = (78{,}9 \cdot 0{,}00508)\ /\ (2\pi \cdot 0{,}83) = 0{,}077\ N \cdot \mathrm{m}$ (1.19)

- Se adopta margen mecánico del 20%:

$T_diseño = 1{,}2 \cdot T_req, 1 = 1{,}2 \cdot 0{,}077 = 0{,}092\ N \cdot m$ (1.20)

Verificación.

El motor paso a paso requiere un driver (controlador de potencia) alimentado en corriente continua. La tensión de alimentación del driver (por ejemplo 48 VDC o 70 VDC) afecta el torque disponible a altas rpm, ya que permite un establecimiento de corriente más rápido en las bobinas.

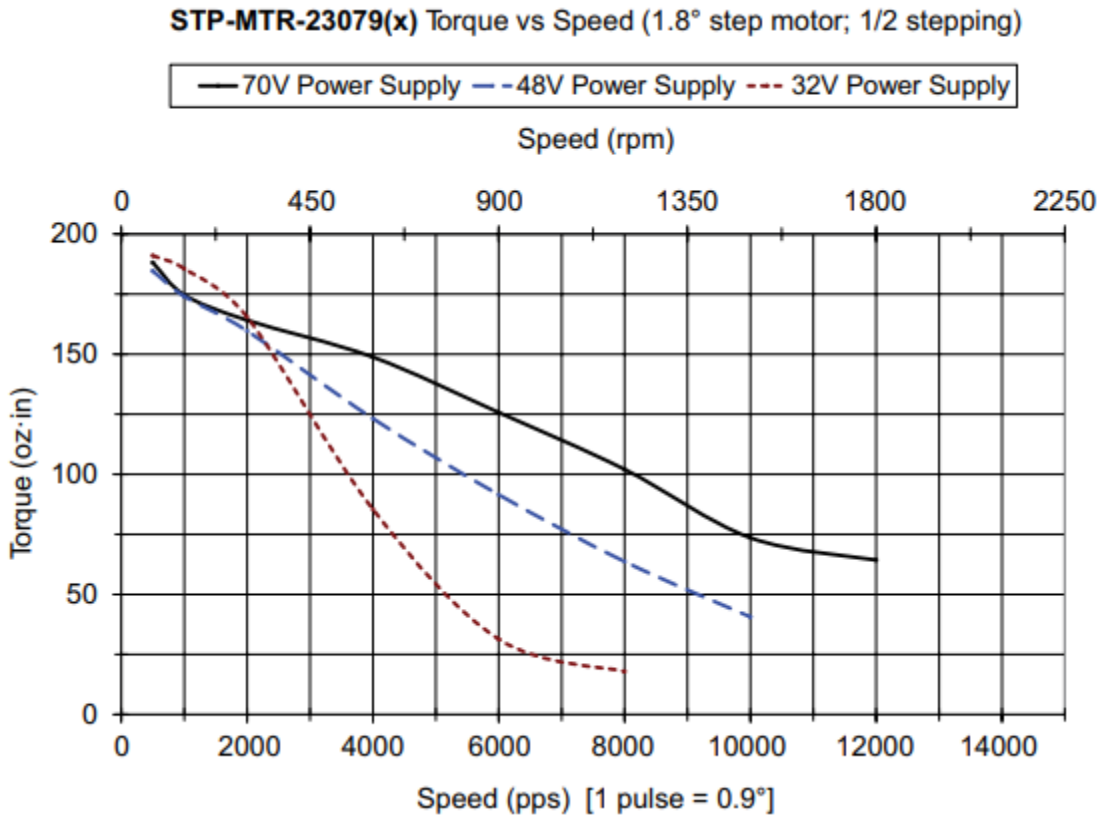


Figura 6-9 – Curva Torque vs. RPM (Catálogo Sure Motion)

A n ≈ 1600 rpm (peor condición), de la curva Torque–Speed del **STP-MTR-23079** (lectura aproximada del gráfico):

- Driver a 48 V: $T_disp \approx 0{,}20\ N \cdot m.$
- Driver a 70 V: $T_disp \approx 0{,}47\ N \cdot m.$

Factores de seguridad:

$\mathrm{SF_48V} = T_disp\ /\ T_diseño = 0{,}20\ /\ 0{,}092 = 2{,}2$ (1.21)

$\mathrm{SF_70V} = T_disp\ /\ T_diseño = 0{,}47\ /\ 0{,}092 = 5{,}1$ (1.22)

Por lo tanto, el accionamiento cumple en el peor caso adoptado. Para mayor robustez a altas rpm, es preferible operar con mayor tensión de driver (70V).

Sincronización.

Para minimizar el descuadre entre los lados del pórtico se implementa el escuadrado del mismo (gantry squaring) durante el retorno al origen (homing), mediante sensores de referencia independientes por lado. Se disponen cuatro (4) sensores inductivos, uno por extremo de carrera en cada husillo (dos por husillo: en Xmín = 0 y en Xmáx = S = 610mm). Se selecciona el sensor inductivo **AM1-AP-1H (PNP, N.O., M12)**

6.4.3. Módulo magnético.

Cabezal magnético.

Cabezal magnético, encargado de sujetar el subconjunto compuesto por dos (2) trabas de válvula y un (1) girador, teniendo en cuenta la masa, gravedad, fricción, aceleración y pérdidas. Para dicha sujeción se utilizan imanes.

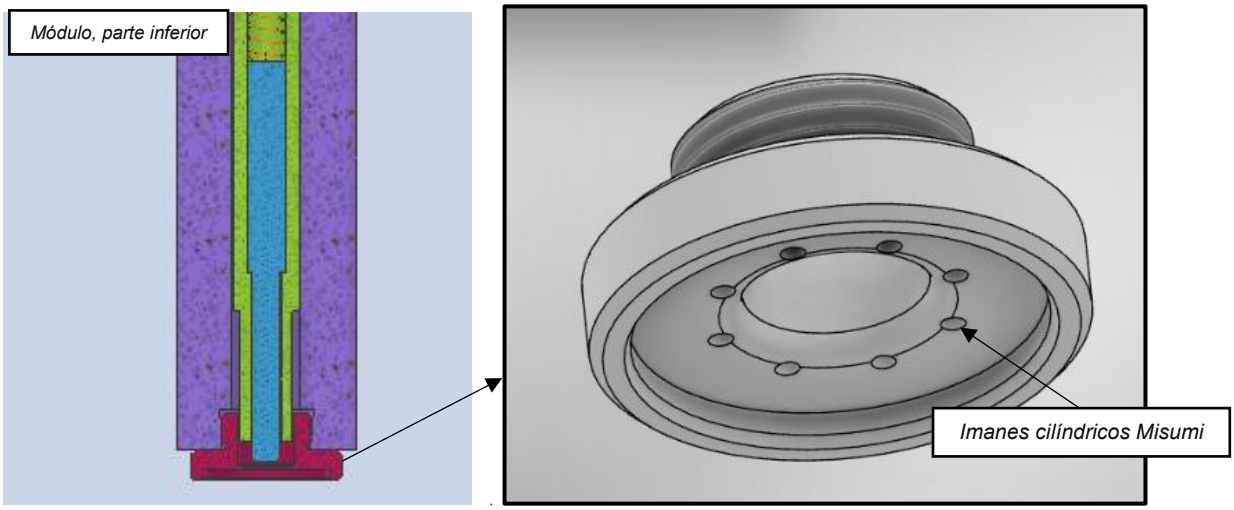


Figura 6-10 – Cabezal Magnético (Esquema CAD 3D; Autoría personal)

Masa de los subconjuntos a sujetar.

En las figuras siguientes se presentan las masas de los subconjuntos consideradas para los cálculos posteriores. Obtenidas a partir de las propiedades físicas calculadas por el software Autodesk Inventor.

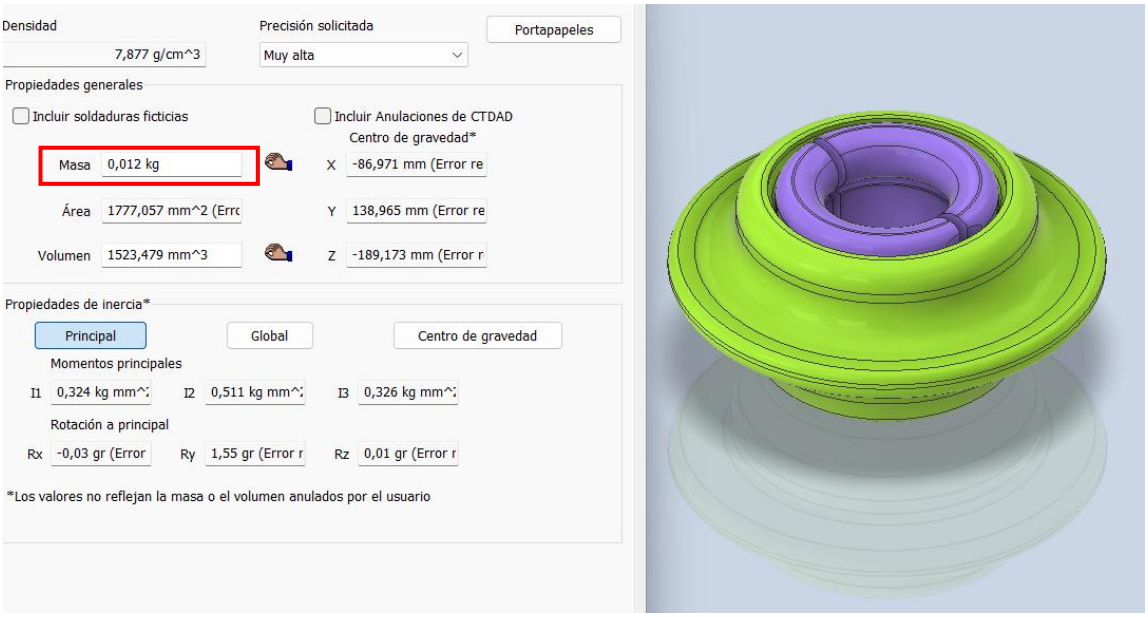


Figura 6-11 – Subconjunto girador-traba de válvulas (4V) (Autoría personal)

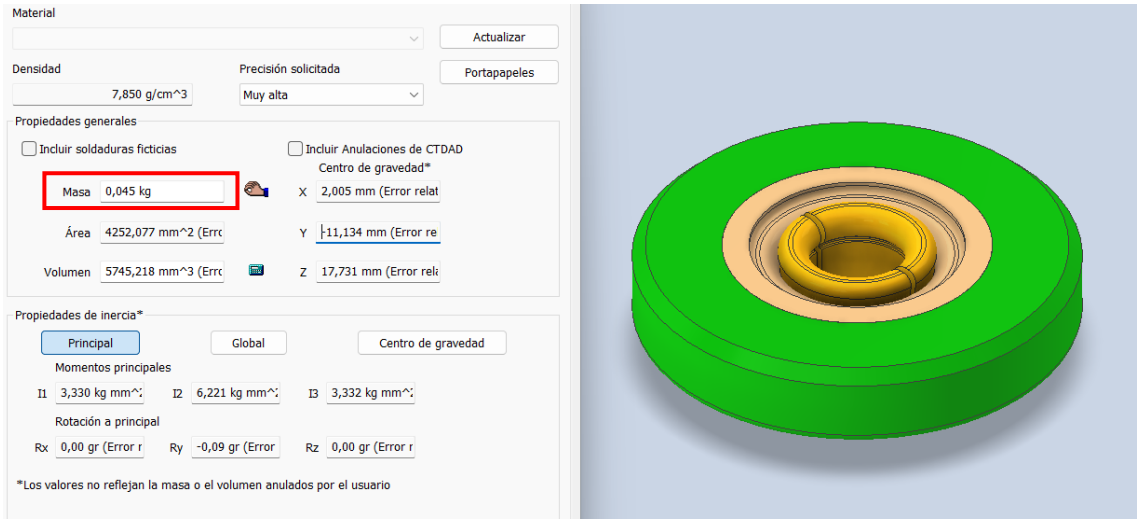


Figura 6-12 – Subconjunto girador-traba de válvulas (2V) (Autoría personal)

Se seleccionó el imán Misumi HXMS4, disponiéndose seis unidades de este modelo en cada cabezal magnético, según se muestra en la **Figura 6-13**.



Figura 6-13 – Selección de imán (Catálogo Misumi)

Part Number		L	Attraction Force N {kgf}			Surface Magnetic Flux Density Gauss [G]		
Type	D		HXNN	HXN HXNH	HXMS	HXNN	HXN HXNH	HXMS
	1	2	0.08 {0.008}	0.06 {0.006}	0.04 {0.004}	1900~2100	1100~1300	900~1100
		3	0.09 {0.009}	0.07 {0.007}	0.05 {0.005}	2100~2300	1200~1400	1000~1200
		5	0.10 {0.010}	0.08 {0.008}	0.06 {0.006}	2100~2300	1300~1500	1100~1300
	2	2	0.77 {0.08}	0.59 {0.06}	0.39 {0.04}	3500~3700	2400~2600	2000~2200
		3	0.90 {0.09}	0.69 {0.07}	0.49 {0.05}	3700~3900	3100~3300	2600~2800

Tabla 6-3 – Selección de parámetros (Catálogo Misumi)

En la **Tabla 6-4** se presentan los cálculos utilizados (tomando condición más desfavorable) para la selección de los imanes, correspondientes a la determinación de la fuerza necesaria para levantar los giradores y su comparación con la fuerza producida por los seis imanes.

Componente	Valor	Unidad	
Peso girador + traba de valvula	0,4905	N	
Fuerza del iman Lateral (F_lat)	2	N	*Mínima necesaria para movimiento horizontal.*
Fuerza del iman Vertical (F_vert)	2,162	N	*Mínima necesaria para elevación vertical.*

Componente	Valor	Unidad	
Masa girador + traba de valvula	0,05	Kg	
Gravedad (g)	9,81	m/s2	
Rendimiento (n)	0,6		
Aceleración Lateral (a_lat)	3	m/s2	
Aceleración Vertical (a_vert)	1	m/s2	
Coeficiente de fricción (u)	0,3		
Factor de Seguridad (SF)	4		
Cantidad	6		
Ftotal_imán	5,4	N	*(F_imán > F_máx)*

Tabla 6-4 – Cálculo necesarios p/ levantar el subconjunto (Autoría personal)

Resorte/muelle interno.

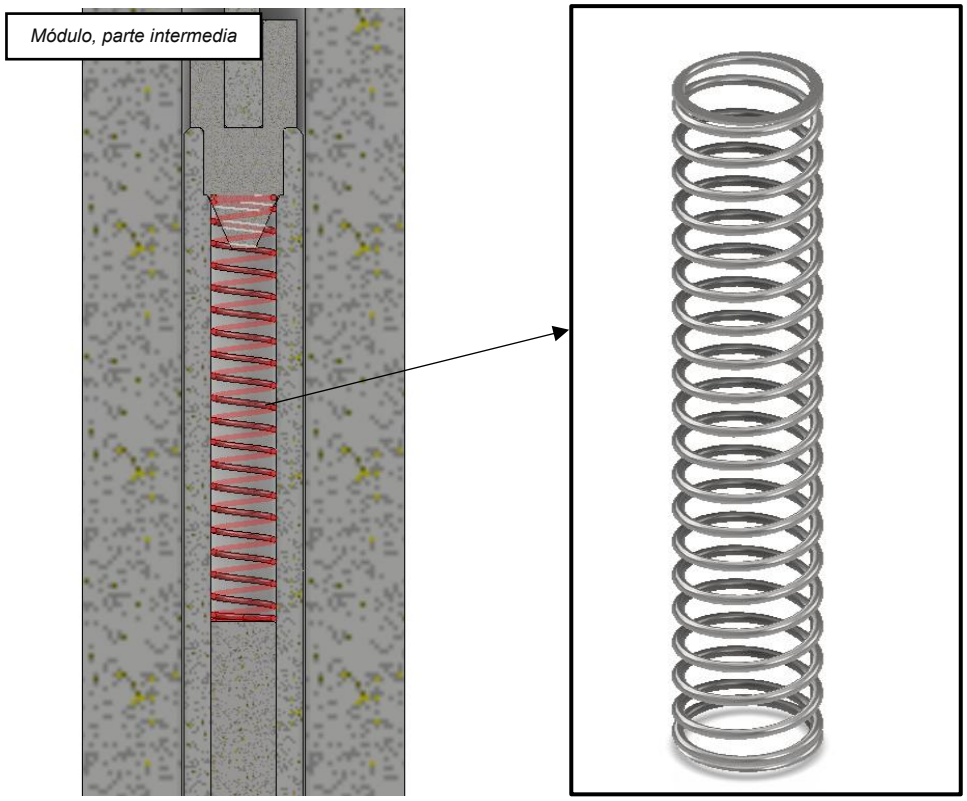


Figura 6-14 – Resorte helicoidal de compresión (Esquema CAD 3D; Autoría personal)

Cálculo de la fuerza de compresión del resorte interno a partir de los datos del resorte helicoidal de compresión seleccionado, con verificación de que la fuerza desarrollada y la flecha disponible resulten superiores a las de servicio requeridas.

RESORTE MODULO		
Material	ASTM 228 (Aceros al carbono	
Longitud	**60**	mm
Deflexion admitida	**0,6**	
Fuerza maxima	**10,6**	N
Da: Dia.alambre	**0,85**	mm
De: Dia.exterior	**10,0**	mm
Fadm: Flecha admisible (mm)	**36,0**	mm
K: Constante elástica	**0,30**	N/mm
Flecha	**13,0**	mm
Fuerza	**3,9**	N
Fmax > F	**3,9**	N
Flechaadmisible > Flecha	**13,0**	mm

Tabla 6-5 – Cálculo de compresión de resorte interno (Autoría personal)

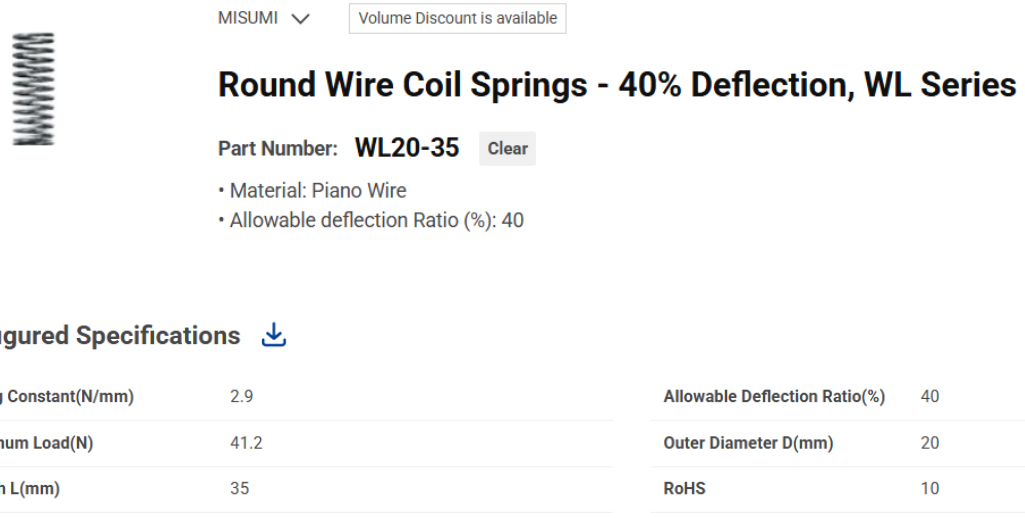


Figura 6-15 – Selección de resorte/muelle (Catálogo Misumi)

Cilindro neumático interno.

El cilindro neumático interno tiene como función acompañar el empuje de la traba de válvula durante la operación de montaje, permitiendo además la adaptación del sistema a los dos tipos de modelos considerados. En función de los requerimientos de carrera,

geometría de montaje y esfuerzo de trabajo, se seleccionó el cilindro neumático indicado en la **Figura 6-17.**

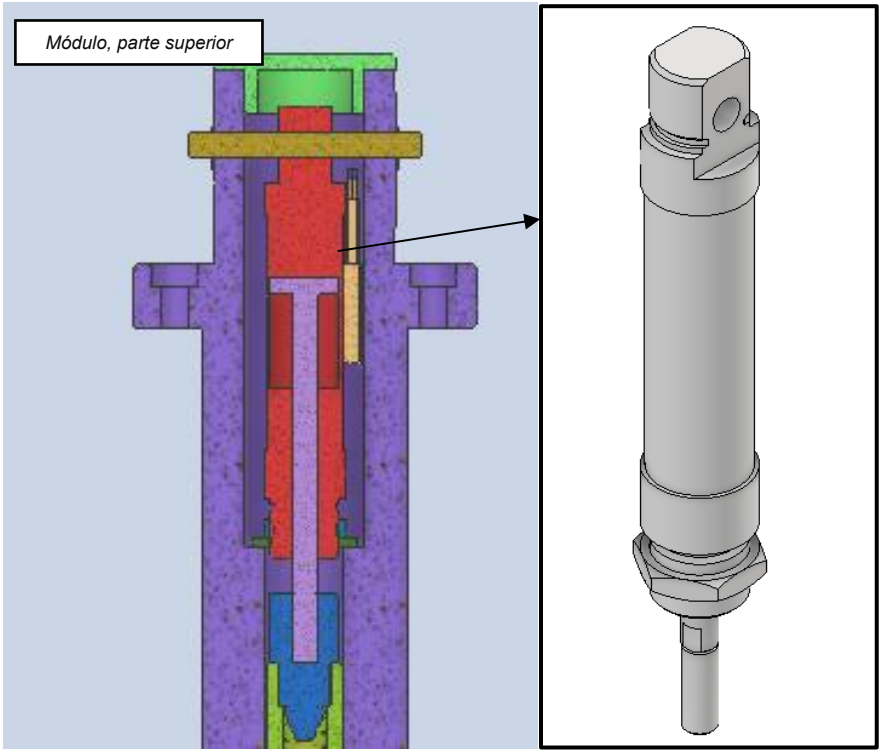


Figura 6-16 – Cilindro neumático interno (Esquema CAD 3D)

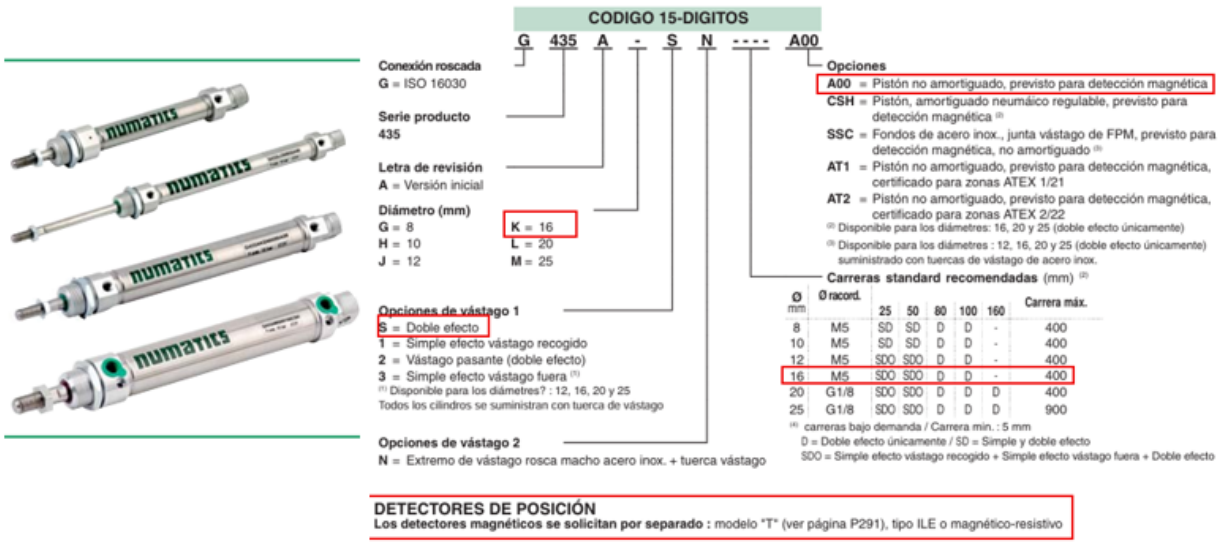


Figura 6-17 – Selección de cilindro neumático (Catálogo ASCO NEUMATI)

Código de cilindro elegido: G435AKSN0022A00.

Cabeza de cilindros.

En esta sección se determina la fuerza requerida para comprimir los resortes de válvula de la cabeza de cilindro durante el montaje del subconjunto girador–trabas de válvula. A partir de la geometría del resorte y de las propiedades mecánicas del material, se verifica que la flecha impuesta y la tensión generada se mantengan dentro de los valores admisibles, obteniéndose finalmente la fuerza total necesaria para la compresión del conjunto de resortes involucrados.

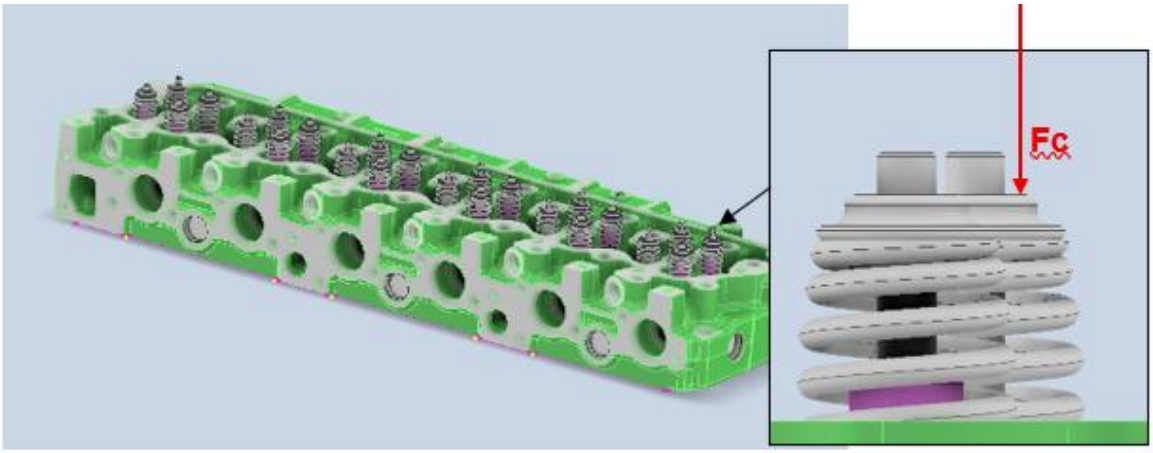


Figura 6-18 – Fuerza de compresión necesaria (Autodesk Inventor; Esquema CAD 3D)

CALCULO CONPRESION RESORTES CABEZA DE CILINDRO		
CALCULOS RESORTE (6C y 4C -4V)		
Material	ASTM 228 (Aceros al carbono y aleado de alta resistencia)	
Tad: Tension adm.	**75,0**	Kgf/mm2
Da: Dia.alambre	**4,0**	mm
De: Dia.exterior	**28,5**	mm
G: Módulo elasticidad torsión	**8020**	Kgf/mm2
Nt: Nº esp. Totales	**7,6**	-
Dm: Dia.medio	**24,5**	mm
W: Indice de arrollamiento	**6,1**	-
e: Influencia del indice arrollamiento	**0,16**	-
Nu: Nº esp. Útiles	**5,6**	-
F: Flecha	**13,0**	mm
Fadm: Flecha admisible (mm)	**24,7**	mm
K: Constante elástica	**2,99**	Kgf/mm
F: Fuerza para f	**38,9**	Kgf
Cantidad de resortes a comprimir	**6**	-
Ta: Tension al. para F (Kgf/mm2)	**41,1**	Kgf/mm2
Tadm > Ta	**41,1**	-
Fadm > F	**13,0**	-
Fuerza total	**233,6053704**	Kgf

Tabla 6-6 – Cálculo de Fuerza de compresión (6C-2V) (Autoría personal)

CALCULO CONPRESION RESORTES CABEZA DE CILINDRO		
CALCULOS RESORTE (6C y 4C -2V)		
Material	ASTM 228 (Aceros al carbono y aleado de alta resistencia)	
Tad: Tension adm.	**75,0**	Kgf/mm2
Da: Dia.alambre	**4,5**	mm
De: Dia.exterior	**35,0**	mm
G: Módulo elasticidad torsión	**8020**	Kgf/mm2
Nt: Nº esp. Totales	**6,9**	-
Dm: Dia.medio	**30,5**	mm
W: Indice de arrollamiento	**6,8**	-
e: Influencia del indice arrollamiento	**0,17**	-
Nu: Nº esp. Útiles	**4,9**	-
F: Flecha	**13,0**	mm
Fadm: Flecha admisible (mm)	**29,8**	mm
K: Constante elástica	**2,86**	Kgf/mm
F: Fuerza para f	**37,2**	Kgf
Cantidad de resortes a comprimir	**6**	-
Ta: Tension al. para F (Kgf/mm2)	**34,1**	Kgf/mm2
Tadm > Ta	**34,1**	-
Fadm > F	**13,0**	-
Fuerza total	**223,2694243**	Kgf

Tabla 6-7 – Cálculo de Fuerza de compresión (6C-4V) (Autoría personal)

6.4.4. Control y configuración de posiciones.

Detectores de posición.

Se dispuso un encoder sobre el motor de accionamiento de la prensa con husillo, con el fin de detectar la posición del módulo y establecer con precisión los distintos estados de la prensa: bajada completa, subida parcial y subida final. Esta configuración permite prescindir de tiempos fijos de operación, aumentando la precisión y confiabilidad del control.

El PLC procesa las señales provenientes del encoder y de los sensores inductivos de posición, ejecutando en función de ellas la lógica de control definida para el sistema.



Numatics Detector P494A0021300A00

Emerson Asco | Ref. P494A0021300A00

DM™T™ ILE AC/DC CABLE 2M-2 HILOS REF. N-014554

Me interesa este producto

Características:

- Tipo: Sensor de posición magnético.
- Tecnología: Interruptor tipo láminas (reed switch).
- Serie: 494 (universal).
- Función: Detecta la posición del imán integrado en el pistón del cilindro neumático sin contacto físico.
- Voltaje de operación: Rango amplio, 5 - 120 V CA/CC.
- Conexión: Cable de 2 metros con 2 hilos.
- Compatibilidad: Compatible con cilindros de ranura tipo T de las series 441, 449, 453, 454 y otros modelos de ASCO
- Indicador LED: Incluye un LED amarillo que se ilumina al detectar el imán
- Protección IP: IP67.
- Mecanismo: Interruptor normalmente abierto

Figura 6-19 – Selección Encoder (Catálogo ASCO NEUMATI)

Código de Encoder elegido: P494A0021300A00.

6.4.5 Control correcto posicionamiento girador-traba de válvula.

Perfilómetro 3D.

Para verificar el correcto posicionamiento del subconjunto girador–traba de válvula, se seleccionó un perfilómetro 3D. Este dispositivo permite relevar el perfil geométrico de la pieza y validar, mediante el control de cotas características, que la posición del conjunto se encuentre dentro de las tolerancias admisibles. En función de los requerimientos de la aplicación, se adoptó el modelo Gocator 2530, cuyas características técnicas se presentan en la **Tabla 6-8** (ver Ecuaciones (2.1, 2.2 y 2.3)).



Figura 6-20 – Selección Perfilómetro (Catálogo BLUE LASER)

GOCATOR 2530	
Data Points / Profile	1920
Resolution X (µm) (Profile Data Interval)	28.0 - 54.0
Linearity Z (+/- % of MR)	0.01%
Repeatability Z (µm)	0.5
Clearance Distance (CD) (mm)	40
Measurement Range (MR) (mm)	80
Field of View (FOV) (mm)	48 - 100
Laser Class	2 (blue, 405 nm)
Dimensions (mm)	46x80x110
Weight (kg)	0.65
ALL 2500 SERIES MODELS	
Scan Rate	Up to 10 kHz
Interface	Gigabit Ethernet
Inputs	Differential Encoder, Laser Safety Enable, Trigger
Outputs	2x Digital output, RS-485 Serial (115 kBaud)
Input Voltage (Power)	+24 to +48 VDC (15 Watts); Ripple +/- 10%
Housing	Gasketed aluminum enclosure, IP67
Operating Temperature	0 to 40°C
Storage Temperature	-30 to 70°C
Vibration Resistance	10 to 55 Hz, 1.5 mm double amplitude in X, Y, and Z directions, 2 hours per direction
Shock Resistance	15 g, half sine wave, 11 ms, positive and negative for X, Y, and Z directions
Scanning Software	Browser-based GUI and open source SDK for configuration and real-time 3D visualization. Open source SDK, native drivers, and industrial protocols for integration with user applications, third-party image processing applications, robots, and PLCs.

Tabla 6-8 – Selección Perfilómetro (Catálogo BLUE LASER)

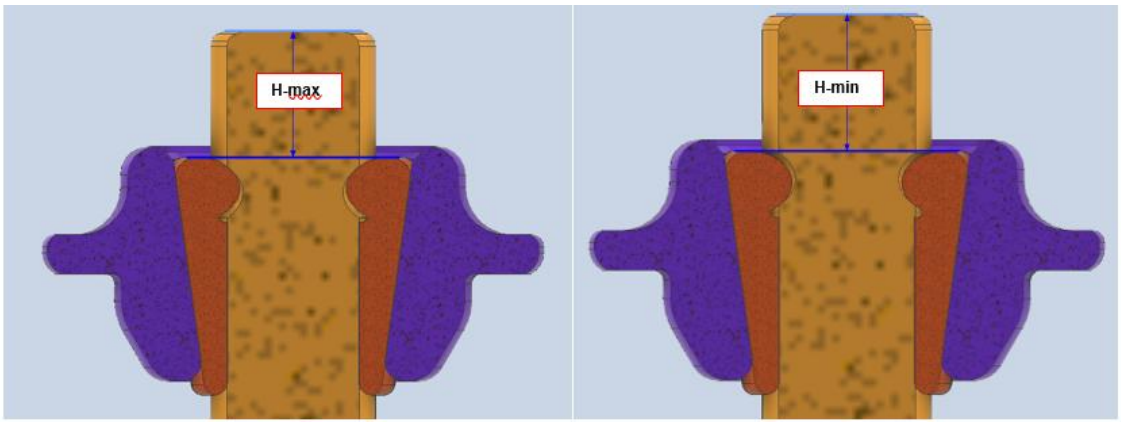


Figura 6-21 – Vista en corte de las tolerancias (Autoría personal; CAD 3D)

Variable	Valor	Unidad
Cabezal V2		
H-max admisión	5,39	mm
H-min admisión	5,21	mm
Deltah admisión	0,18	mm
H-max escape	5,44	mm
H-min escape	5,25	mm
Deltah escape	0,19	mm
Ancho tminimo traba	1	mm
Cabezal V4		
H-max admisión	5,42	mm
H-min admisión	5,31	mm
Deltah admisión	0,11	mm
H-max escape	5,45	mm
H-min escape	5,35	mm
Deltah escape	0,1	mm
Ancho minimo traba	1,13	mm

Tabla 6-9 – Tolerancias de trabas (Autoría personal)

- $Rango\ de\ medicion\ en\ Z = 80mm\ > \Delta h_{sensor} = 0{,}19\ mm$ (2.1)
- $Repetibilidad\ Z\ = 0{,}0005\ < \frac{\Delta h}{10} = 0{,}01\ mm$ (2.2)
- $Resolución\ X = 0{,}028\ mm\ < Ancho\ minimo = 1\ mm$ (2.3)

6.4.6. Mesa de transporte.

Condiciones de diseño.

Como condición de diseño para la mesa de transporte, se consideró la masa de la cabeza de cilindro a trasladar. Dicho valor fue obtenido a partir de las propiedades físicas calculadas mediante el software Autodesk Inventor, resultando una masa de 82,7 kg para el modelo analizado.

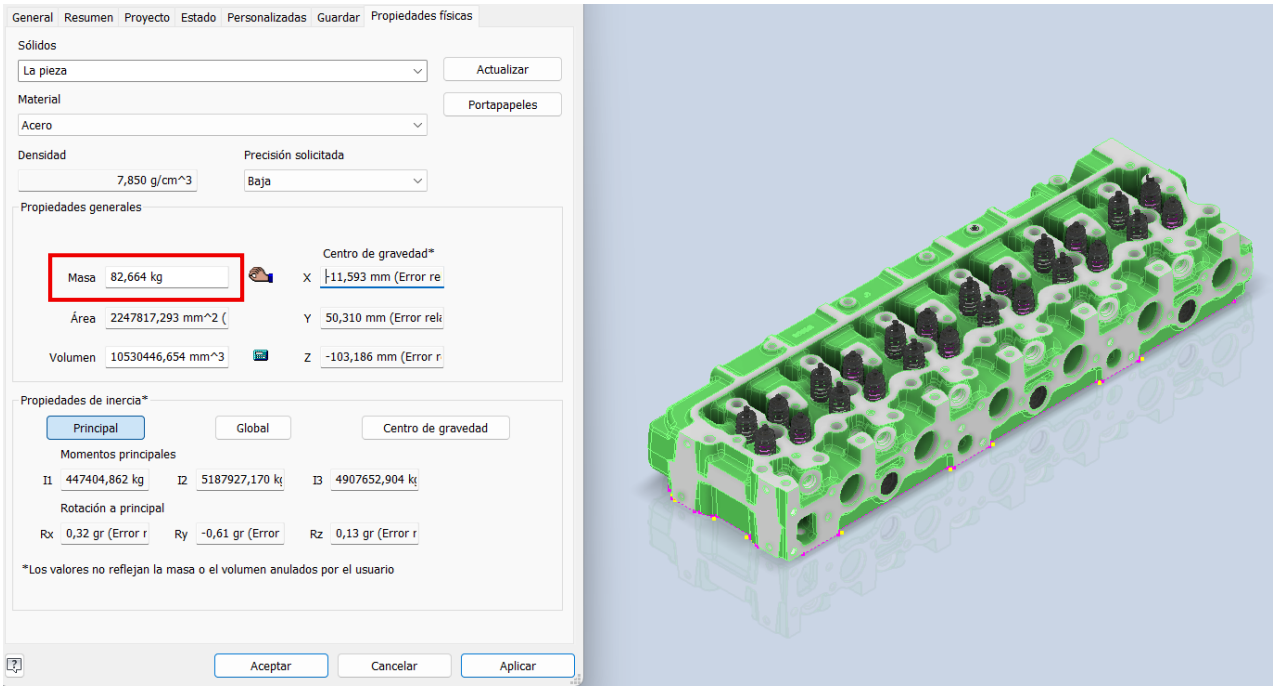


Figura 6-22 – Esquema cabeza de cilindros (Autodesk Inventor; Prop. físicas)

Geometría y cinemática de los rodillos.

A partir de la velocidad lineal de transporte adoptada para la mesa y del diámetro definido para los rodillos, se determina la cinemática de giro del sistema. Estos valores constituyen la base para el posterior cálculo del torque y de la potencia requerida para el accionamiento de la mesa.

- Diámetro del rodillo: $D = 60\,mm = 0{,}06\,m$
- Velocidad angular: $\omega = 5{,}56\,rad/s$
- Velocidad de giro: $n = 53{,}08\,rpm$

Cálculo de fuerzas y potencia requerida.

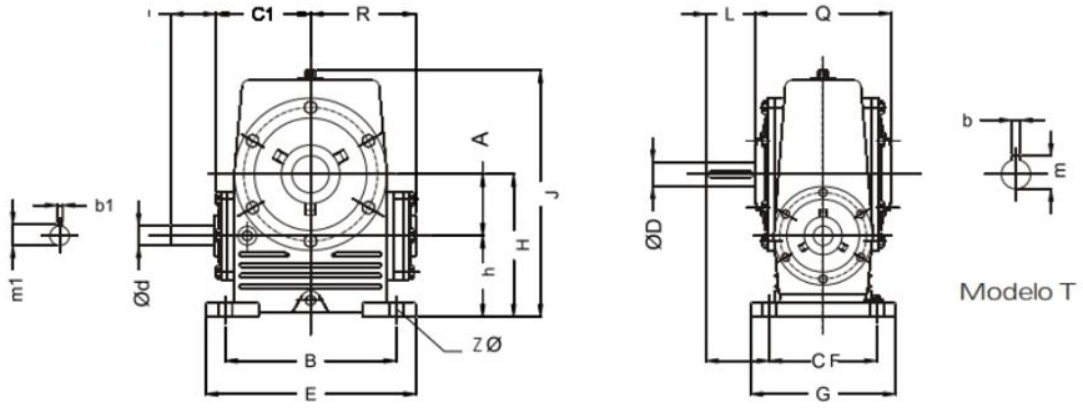
Se calculan las solicitaciones asociadas al transporte de la cabeza de cilindro, incluyendo el peso actuante, la fuerza de rozamiento, el torque sobre el rodillo y la potencia mecánica requerida. A partir de estos resultados, se establece además la relación de reducción del motorreductor y el factor de servicio adoptado para la aplicación.

Variable	Valor	Unidad	Valor	Unidad	
Carga nominal	85,0	Kg			
Coeficiente de rozamiento	0,0	μ			
Velocidad de mov.	10,0	m/min	0,17	m/s	*Operación itermitente*
Velocidad de mov.	0,2	m/s			
Ciclo de trabajo	10,0	Arranques/hora			
Inclinación	0,0	° (horizontal)			
Diametro del rodillo	60,0	mm	0,06	m	
Velocidad angular del rodillo	5,6	rad/s			
rpm	53,1	rpm			
Peso	833,0	N			
Fuerza de rozamiento	25,0	N			
Torque en el rodillo	0,7	Nm			
Torque de diseño	1,0	Nm			
Potencia mecanica	0,0054	kW	0,0073	HP	
Motoreductor					
Relacion de reduccion (i)	28,3				
Factor de servicio	2,0				

Tabla 6-10 - Cálculo de fuerzas y potencia requerida (Autoría personal)

Motorreductor seleccionado.

- Tipo: Sinfín–corona
- Modelo: MM Reductores – Serie T (montaje horizontal) forma constructiva B3



Mod.	Eje de Entrada				Eje de Salida				Cotas de Anclaje							
LC	Ød	l	b1	m1	ØD	L	b	m	B	E	F	G	C	C1	ZxØ	LC
40	12	30	4	13,7	15	40	5	17,2	108	140	90	115	45	65	4-11	40
50	17	40	6	19,6	20	45	6	22,6	132	165	107	132	52	81	4 -11	50
63	20	45	6	22,6	25	50	8	28	168	220	134	165	53	97	4 -14	63
80	25	50	8	28	30	65	10	33,4	218	265	160	190	68	121	4- 14	80

TABLA DE POTENCIAS (HP)

Relaciones		1:10			1:15			1:20			1:25			1:30			1:35			1:40			1:50			1:60			Mt.
Mod.	RPM	HP	R	S	HP	R	S	HP	R	S	HP	R	S	HP	R	S	HP	R	S	HP	R	S	HP	R	S	HP	R	S	Kgm.
LC 40	1500	0,9	85	150	0,7	82	100	0,6	80	75	0,5	75	60	0,36	72	50	0,29	70	43	0,23	69	37	0,17	66	30	0,11	60	25	3
	1000	0,7	84	100	0,5	81	67	0,4	79	50	0,3	74	40	0,24	71	33	0,23	69	28	0,17	68	25	0,11	65	20	0,07	59	17	
	500	0,4	82	50	0,3	79	33	0,3	77	25	0,2	72	20	0,12	69	17	0,11	67	14	0,9	66	12	0,07	63	10	0,04	57	8	

Tabla 6-11 – Motorreductor seleccionado (Catálogo MM Reductores)

Al elegir relación de reducción 1:30 la velocidad de movimiento de los rodillos real queda de 9,42 m/s.

Transmisión por cadena.

- Tipo de cadena: ISO 06B-1
- Paso de la cadena: $p = 9{,}525\ mm$
- Número de dientes de los piñones: $Z = 17$ (relación de transmisión 1:1)
- Velocidad de la cadena: $v_c = 0{,}144\ m/s$
- Restricción geométrica: $Diám.exterior\ del\ piñón < 60\ mm$

Como resultado de los cálculos realizados, se seleccionan finalmente la cadena SKF PHC 06B-1 simplex y el piñón SKF PHS 06B-1A17, de 17 dientes, mecanizable a Ø12 mm.

Selección del tope de cabeza de cilindro.

Con el fin de detener la cabeza de cilindro en la posición requerida dentro de la mesa de transporte, se seleccionó un tope neumático de doble efecto, modelo MO-AR-008-0050, del fabricante Vention.



MO-AR-008-0050

Technical Specifications	
Max Output Force	3519 (at 0.7MPa) N
Load Capacity	14715 (Radially at 300mm/s) N
Max Linear Speed	400 mm/s
Included in the Box	6 meters of 6mm OD Polyurethane tubing

Tabla 6-12 – Tope neumático seleccionado (Catálogo Vention)

Selección del sensor de posición.

Para detectar la llegada de la cabeza de cilindro a la posición deseada y generar la señal de detención del motor, se seleccionó un sensor de proximidad inductivo, por su confiabilidad, repetibilidad y adecuada operación en ambientes industriales. (Ver **Anexo A: Planos**)

- Tipo: inductivo, cilíndrico roscado M12.
- Distancia de detección: 8 mm.
- Salida: PNP, normalmente abierta (NO).
- Alimentación: 10–30 V DC.

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1. Conclusiones

En el presente Proyecto Final se desarrolló el diseño de un sistema destinado al ensamblaje del subconjunto compuesto por el girador y las dos (2) trabas de válvula en la cabeza de cilindro, como subestación en el proceso de armado de motores. El trabajo fue abordado desde una perspectiva integral, combinando criterios de diseño mecánico, automatización, sensórica, análisis geométrico y consideraciones de operación en un entorno industrial real.

A lo largo del proyecto se demostró que el montaje del subconjunto girador–trabas de válvula constituye una etapa crítica dentro del proceso de ensamblaje, debido a su influencia directa sobre la correcta fijación de los componentes y sobre la calidad final del conjunto armado. En este sentido, el sistema propuesto permite reemplazar una operación fuertemente dependiente de la intervención manual por una secuencia de trabajo más controlada, repetible y adaptable a las distintas configuraciones de cabezas de cilindro analizadas.

El desarrollo del módulo magnético, permitió resolver la sujeción temporal del subconjunto durante las etapas de manipulación, traslado y posicionamiento. A su vez, el diseño del sistema de movimiento en ejes X/Y, y la prensa de desplazamiento vertical en el eje Z, posibilitó garantizar el alcance y la ubicación precisa del módulo sobre las válvulas correspondientes, manteniendo la adaptabilidad necesaria para motores de cuatro (4) y seis (6) cilindros, tanto en configuraciones de dos (2) como de cuatro (4) válvulas por cilindro.

Por otra parte, la incorporación de sensores de control y referencias de posicionamiento permitió definir una lógica de funcionamiento orientada a mejorar la repetibilidad del proceso y a reducir la probabilidad de errores de montaje. Además, el análisis geométrico de las distintas configuraciones de cabezas de cilindro permitió establecer criterios de diseño comunes, como la separación constante entre válvulas de cilindros consecutivos, lo que contribuyó a simplificar la concepción del sistema y a ampliar su rango de aplicación.

Desde el punto de vista del diseño, el proyecto permitió desarrollar una solución mecánica coherente con los requerimientos funcionales planteados, contemplando aspectos de

posicionamiento, sujeción, movimiento y control dentro de una misma propuesta. De esta manera, se obtuvo un sistema capaz de responder a los objetivos definidos al inicio del trabajo, orientados a reducir fallas de montaje, disminuir la variabilidad del proceso y mejorar las condiciones generales de operación.

En conclusión, el proyecto alcanzó satisfactoriamente los objetivos planteados, dando como resultado una solución técnica viable para el ensamblaje del subconjunto girador–trabas de válvula en distintas configuraciones de cabezas de cilindro. El sistema diseñado constituye una propuesta aplicable a nivel industrial, orientada a mejorar la calidad del proceso de montaje, incrementar su repetibilidad y establecer una base sólida para futuras etapas de validación, automatización e implementación en planta.

7.2. Recomendaciones

Como continuidad del presente trabajo, se recomienda avanzar en la fabricación de un prototipo funcional del sistema diseñado, con el fin de validar experimentalmente su desempeño en condiciones reales o representativas de operación. Esta etapa permitiría comprobar el comportamiento del conjunto mecánico, la repetibilidad del posicionamiento y la correcta secuencia de montaje del subconjunto girador–trabas de válvula.

Además, resulta conveniente desarrollar la integración completa del sistema de control, incluyendo la programación de actuadores, sensores e interbloqueos, de modo de verificar el funcionamiento automático del equipo y asegurar la coordinación entre las distintas etapas del proceso. En esta instancia también debería contemplarse la puesta a punto de los parámetros de operación y de las rutinas de seguridad correspondientes.

Por otra parte, se recomienda realizar ensayos orientados a cuantificar la mejora aportada por el sistema respecto del método actual, considerando variables tales como tiempo de ciclo, repetibilidad, calidad de montaje y reducción de fallas. Esta validación permitiría evaluar con mayor precisión el impacto productivo de la solución propuesta y su factibilidad de implementación a escala industrial.

Finalmente, se considera conveniente profundizar en futuras etapas el desarrollo de aspectos vinculados a mantenibilidad, accesibilidad y verificación final del montaje, con el objetivo de robustecer el sistema y optimizar su integración dentro de la línea de ensamblaje.

Bibliografía

[1] PULKRABEK, Willard W. Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine. Pearson, 2004.

[2] SHIGLEY, Joseph E.; BUDYNAS, Richard G.; NISBETT, J. Keith. Mechanical Engineering Design. McGraw-Hill, 2015.

[3] GROOVER, Mikell P. Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. Pearson, 2016.

[4] AutomationDirect. Twin Round Shaft Slide Actuators. Modelo LARSD2-08T12BP2C. Catálogo técnico. Disponible en: https://www.automationdirect.com

[5] Bosch Rexroth. Ball Screw Assembly. Configuración BASA / 32x10Rx3.969 / FEM-E-B. Documentación técnica. Disponible en: https://www.boschrexroth.com

[6] Bosch Rexroth. MS2N Synchronous Servomotors. Project Planning Manual. R911347583, edición 10. Manual técnico.

[7] Bosch Rexroth. Sistemas de guiado lineal. Instrucciones. R320103885/2024-01. Manual técnico.

[8] Ferrara S.A. Catálogo de perfiles, tubos y chapas. Catálogo comercial y dimensional. Disponible en: https://www.perfiles.com.ar

[9] LMI Technologies. Gocator 2530 – 3D Smart Laser Line Profile Sensor. Datasheet técnico. Disponible en: https://www.lmi3d.com

[10] MISUMI. Round Wire Coil Springs – 60% Deflection, serie WR. Modelo WR8-55. Ficha técnica. Disponible en: https://us.misumi-ec.com

[11] Parker. P220-1. Cilindro neumático. Ficha técnica. Disponible en: https://www.parker.com

[12] Prud'homme Transmissions. CLRCE 50 51 53. Catálogo técnico de cremallera y carcasa. Disponible en: https://www.prudhomme-trans.com

[13] Reductores S.A.S. Catálogo de motoreductores sinfín-corona. Catálogo técnico. Disponible en: https://www.mmreductores.com.ar

[14] RS PRO. Inductive Proximity Sensor M12. Stock No. 2066160. Datasheet técnico. Disponible en: https://www.rs-online.com

[15] SKF. PHC 08B-1X5MTR. Cadena simplex, normas europeas (EN). Catálogo técnico. Disponible en: https://www.skf.com

[16] SKF. PHS 08B-1BH19. Piñón simplex con cubo único y agujero en bruto, normas europeas (EN). Catálogo técnico.

[17] Vention. Heavy-Duty Pneumatic Pallet Stopper. Ficha técnica de producto. Disponible e

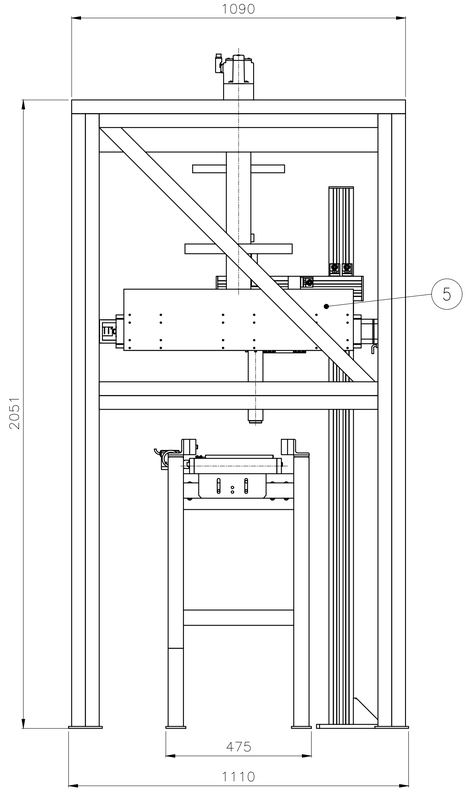
Anexo A: Planos

Rev.	N°	HOJA N°: 01 / CONTINUA EN: 02
0	PL-01-CG	

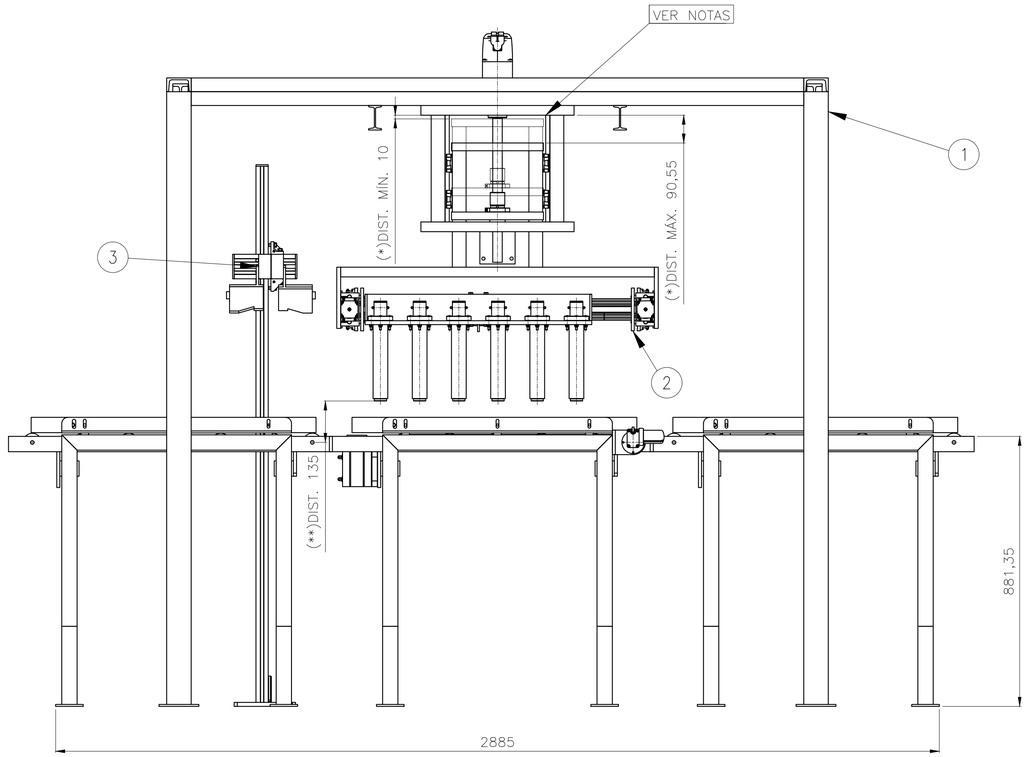
SISTEMA DE ENSAMBLE MAGNÉTICO
PARA COMPONENTES EN CABEZAS DE CILINDROS

P R O Y E C T O F I N A L D E I N G . M E C Á N I C A

POS. N°	CANT.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
01	01	PERFILERÍA SOPORTE	VER HOJA 02
02	01	SISTEMA DE MOVIMIENTO X/Y	VER HOJA 04
03	01	PERFILÓMETRO CONTROLADOR	VER HOJA XX
04	03	MESA TRANSPORTADORA	VER HOJA 05
05	01	PRENSA ACCIONADA POR HUSILLO	VER HOJA 03
06	01	ANILLO SEEGER DIN 471 P/ Ønom 30	COMERCIAL
07	01	TORN. DIN 931 – M24 X L110	COMERCIAL
08	01	ARANDELA DIN 125 – Ø24	COMERCIAL
09	02	TUERCA DIN 934 – M24	COMERCIAL



VISTA LATERAL DERECHA
ESCALA 1:10



VISTA FRONTAL
ESCALA 1:10

N O T A S G E N E R A L E S

LAS COTAS CON (*) DEFINEN LOS LÍMITES DE CARRERA (POSICIÓN INFERIOR Y SUPERIOR) DE LA PRENSA, PARA EL MOVIMIENTO EN EJE Z, GENERADO POR HUSILLO A BOLAS (DESCENSO/ASCENSO).

SOLDADURAS

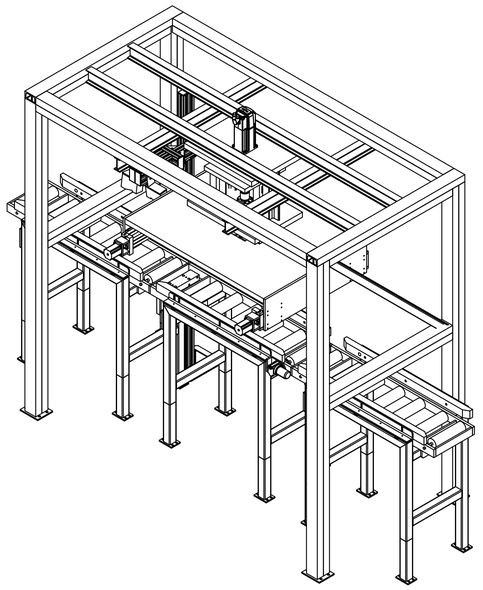
LOS CORDONES DE SOLDADURA SERAN CONTINUOS Y DE ESPESOR DE FILETE a = 0,7 DEL MINIMO ESPESOR A SOLDAR, SEGUN NORMA AWS D1.1 SALVO INDICACION EN CONTRARIO.

1–RUGOSIDADES SUPERFICIALES S/IRAM 4537(1988)
2–TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS
X.X = ± 0,2
X.XX = ± 0,1
ANGULOS = ± 30'
RUGOSIDAD 12

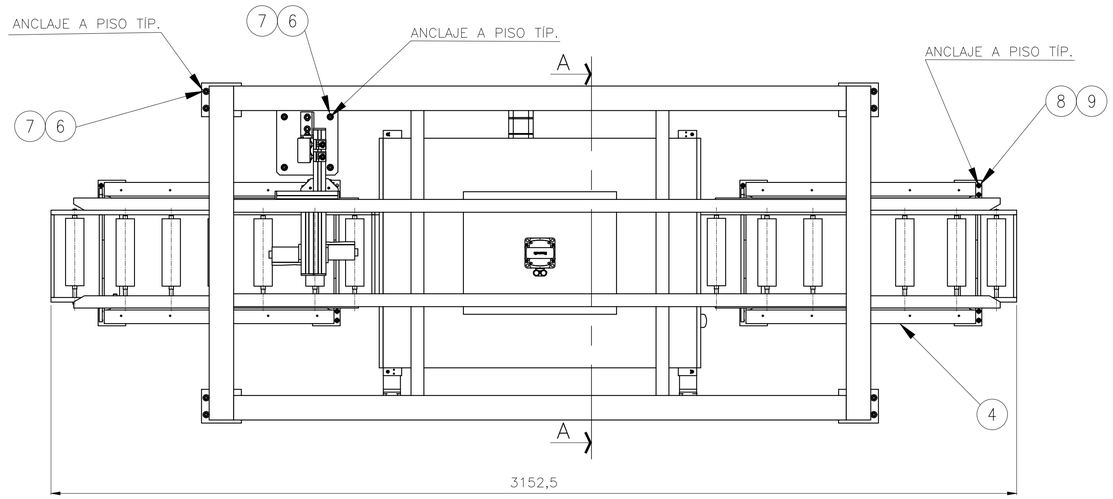
PLANOS DE REFERENCIA

TRABAJAR ESTE ELABORADO CON LOS SIGUIENTES PLANOS :

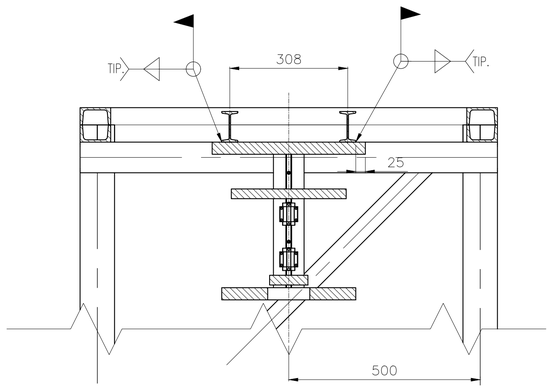
CONJUNTO GENERAL	: PL–01–CG HOJA 01
PERFILERÍA SOPORTE P/ PRENSA	: PL–02–PS HOJA 02
PRENSA CON HUSILLO DE BOLAS	: PL–03–PH HOJA 03
SISTEMA PORTAMÓDULOS XY	: PL–04–SXY HOJA 04
MESA TRANSPORTADORA	: PL–05–ME HOJA 05
DESPIECE DE MESA	: PL–05–ME HOJA 06
MÓDULO MAGNÉTICO	: PL–06–MO HOJA 07
DESPIECE MÓDULO	: PL–06–MO HOJA 08



VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:16



VISTA SUPERIOR
ESCALA 1:10



CORTE A – A
ESCALA 1:8

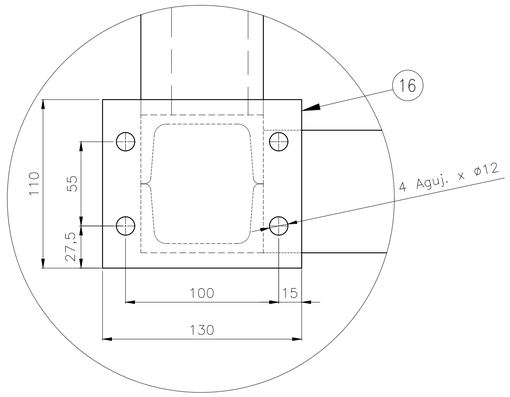
TOLERANCIAS GENERALES EN mm (DIN 7168)					
Rango de medidas	0,5<=3	3<=6	6<=30	30<=120	120<=400
Lineales	+/- 0,1	+/- 0,1	+/- 0,2	+/- 0,3	+/- 0,8
Angulares (valores tang.)	0,0175	0,0175	0,0085	0,0058	0,029
~	▽	▽▽	▽▽▽	▽▽▽▽	
12	12	3	0,8	0,2	

FCEIA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERIA Y AGRIMENSURA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

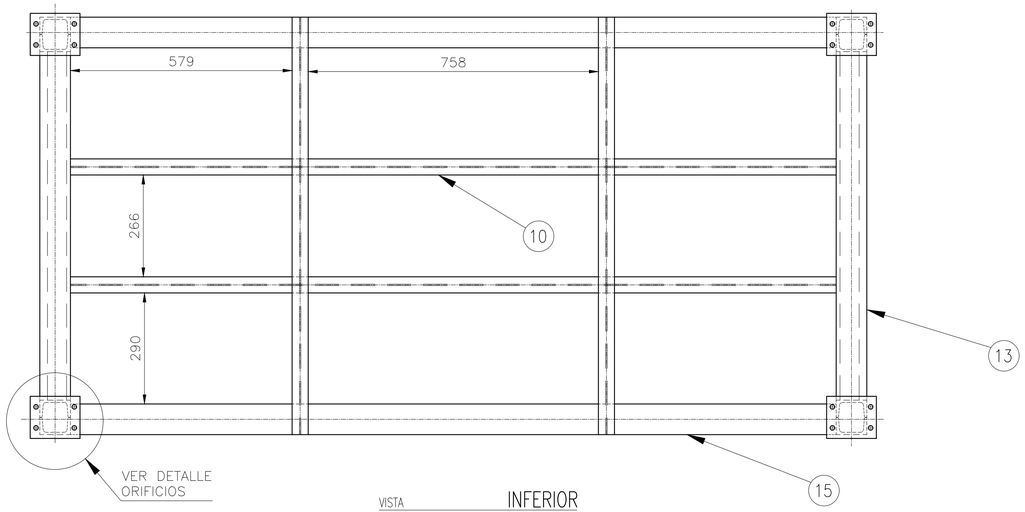
ESCALA DIB. 1:10	FECHA 06/03/2026	DIBUJO COLUGNATTI; DRUZZI	
HOJA N°: 01	CONTINUA EN: 02	VERIFICO SISMONDI; RODRÍGUEZ	
		APROBO SISMONDI; RODRÍGUEZ	
ITEM CONJUNTO GENERAL		Rev. 0	
PARTE SIST. DE ENSAMBLE MAGNÉTICO PARA COMPONENTES EN CABEZAS DE CILINDRO	N° PL–01–CG		

HOJA Nº 02	Nº	PL-02-PS	Rev. 0
CONTINUA EN: 03			

POS. Nº	CANT.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
10	02	PERFIL IPN 80 X 2000	COMERCIAL
11	02	PERFIL IPN 80 X 1090	COMERCIAL
12	02	PERFIL T 50 X 1350	COMERCIAL
13	08	PERFIL UPN 80 X 910	COMERCIAL
14	08	PERFIL UPN 80 X 2045	COMERCIAL
15	04	PERFIL UPN 80 X 2000	COMERCIAL
16	04	CHAPA RECTANGULAR 1/2"	SAE 1010/1020



VISTA DETALLE "ORIFICIOS"
ESCALA 1:2



VISTA INFERIOR
ESCALA 1:8

NOTAS GENERALES

SOLDADURAS

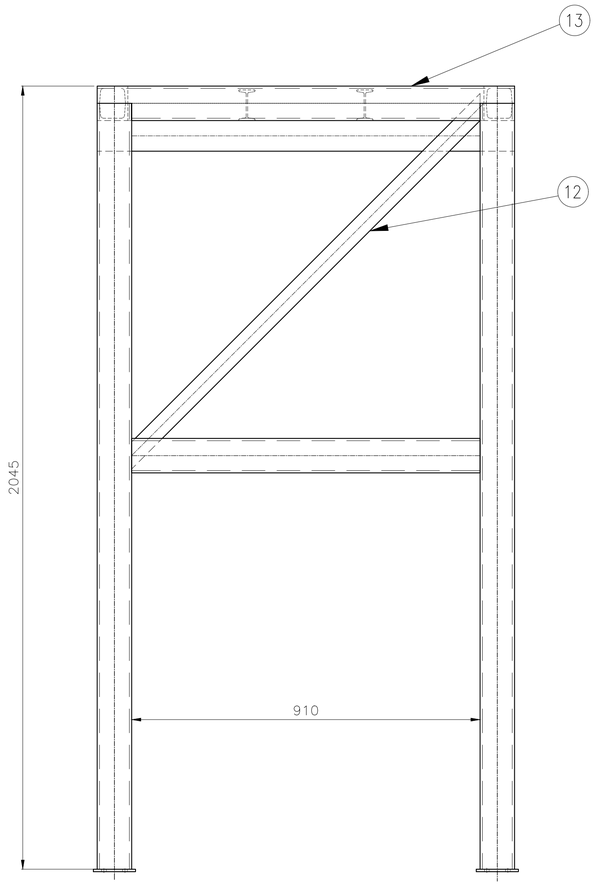
LOS CORDONES DE SOLDADURA SERAN CONTINUOS Y DE ESPESOR DE FILETE a = 0,7 DEL MINIMO ESPESOR A SOLDAR, SEGUN NORMA AWS D1.1 SALVO INDICACION EN CONTRARIO.

PINTURA

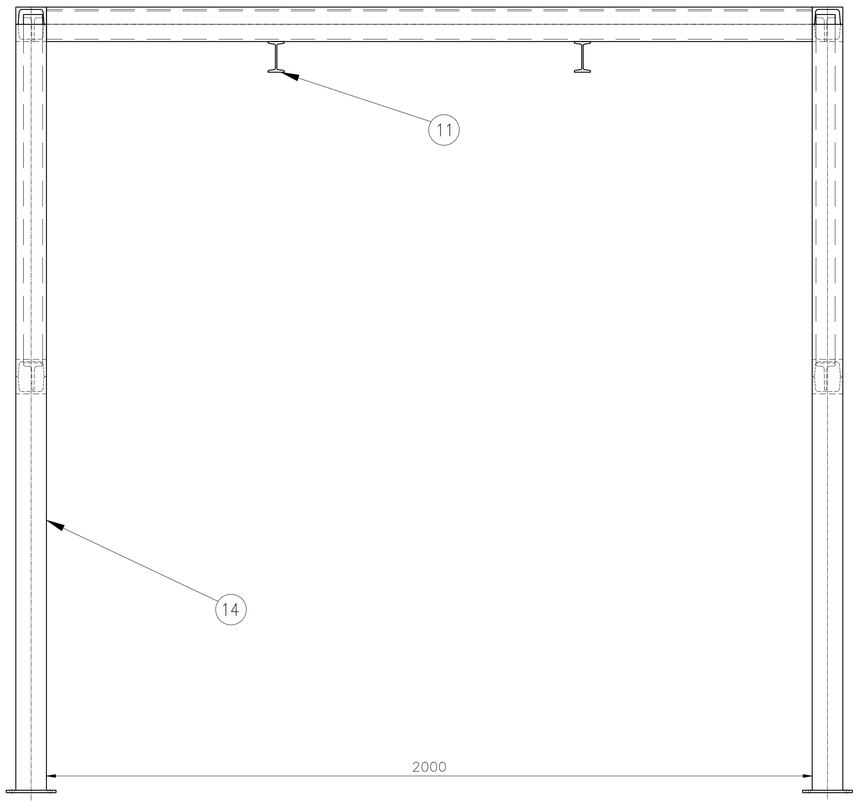
TODA ESTRUCTURA SE DEBERÁ LIMPIAR, REACONDICIONAR TODAS LAS PARTES SI FUERA NECESARIO Y SE PINTARA COMPLETAMENTES LAS DISTINTAS PARTES CON 1 (UNA) CAPA DE ANTIÓXIDO AL CROMATO DE ZINC Y 2 (DOS) CAPAS ESMALTE SINTÉTICO.

1–RUGOSIDADES SUPERFICIALES S/IRAM 4537(1988)
2–TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS
X.X = ± 0,2
X.XX = ± 0,1
ANGULOS = ± 30'

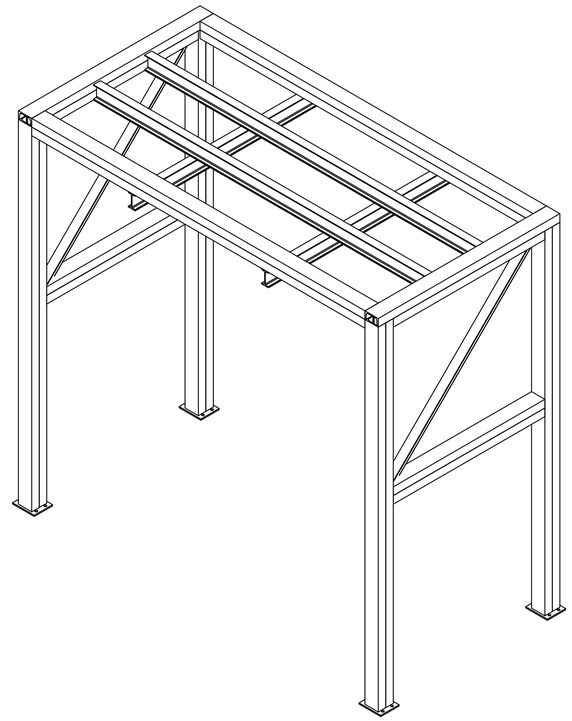
RUGOSIDAD 12



VISTA LATERAL
ESCALA 1:8



VISTA FRONTAL
ESCALA 1:8



VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:13

IMPORTANTE

PESO ESTIMADO DE PERFILERÍA, SOLDADURA Y CHAPAS: 340kg.

MATAR CANTOS

TOLERANCIAS GENERALES EN mm (DIN 7168)					
Rango de medidas	0,5<=3	3<=6	6<=30	30<=120	120<=400
Lineales	+/- 0,1	+/- 0,1	+/- 0,2	+/- 0,3	+/- 0,8
Angulares (valores tang.)	0,0175	↑0,0175	0,0085	0,0058	0,029
~	▽	▽▽	▽▽▽	▽▽▽▽	
12	12	3	0,8	0,2	

FCEIA — FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA — UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

PARTE	ESCALA DIB.	HOJA Nº:	CONTINUA EN:	Nº	Rev.
PERFILERÍA SOPORTE PARA PRENSA	1:8	02	03	PL-02-PS	0

Rev.	PL-03-PH	N°	HOJA N°: 03 / CONTINUA EN: 04
0			

POS. N°	CANT.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
17	01	SERVOMOTOR MS2N06-EOBHN C/ FRENO	REXROTH
18	04	RIEL BSCL 15 L=350	REXROTH
19	04	PATIN DE BOLAS FNS 15	REXROTH
20	01	HUSILLO DE BOLAS BASA / 32x10Rx3.969 / FEM-E-B - 5	REXROTH
21	1,41m	PERFIL UPN 80	COMERCIAL
22	01	CHAPA CUADRADA 300X300 1"	F24
23	01	CHAPA RECT. 300X350 1"	F24
24	01	CHAPA RECT. 400X500 1 1/4"	F24
25	01	CHAPA RECT. 750X1024 1 1/4"	F24
26	02	CHAPA RECT. C/ AGUJ. 750X200 3/4"	F24
27	06	TORN. DIN 931 M12 X 25	CLASE 12.9
28	02	TORN. DIN 931 M10 X 20	CLASE 12.9
29	02	TUERCA DIN 934 - M10	CLASE 12.9
30	04	TORN. DIN 931 M8 X 20	CLASE 12.9

IMPORTANTE

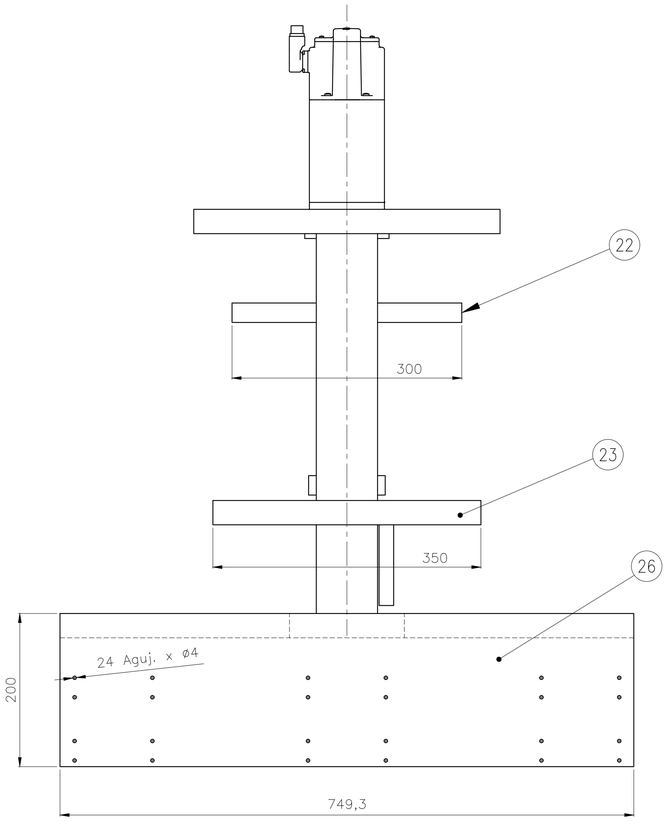
PESO ESTIMADO DEL CONJUNTO PRENSA, HUSILLO Y CHAPAS: 352kg.

NOTAS GENERALES

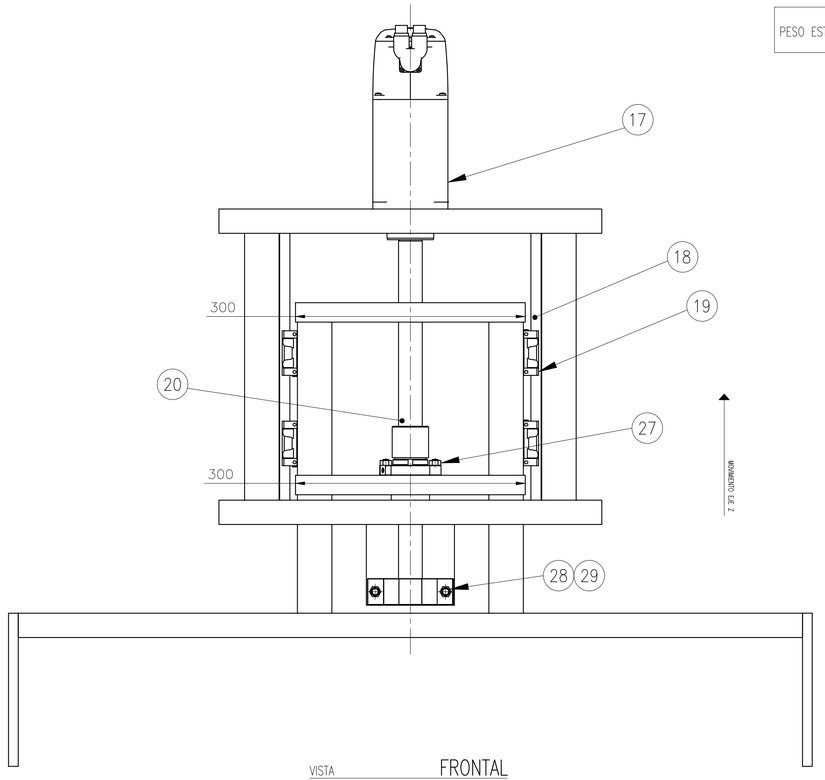
SOLDADURAS

LOS CORDONES DE SOLDADURA SERAN CONTINUOS Y DE ESPESOR DE FILETE a = 0,7 DEL MINIMO ESPESOR A SOLDAR, SEGUN NORMA AWS D1.1 SALVO INDICACION EN CONTRARIO.

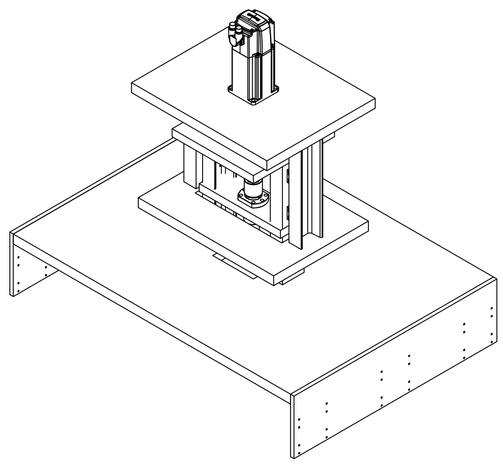
1-RUGOSIDADES SUPERFICIALES S/IRAM 4537(1988)
2-TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS
X.X = ± 0,2
X.XX = ± 0,1
ANGULOS = ± 30'
RUGOSIDAD 12



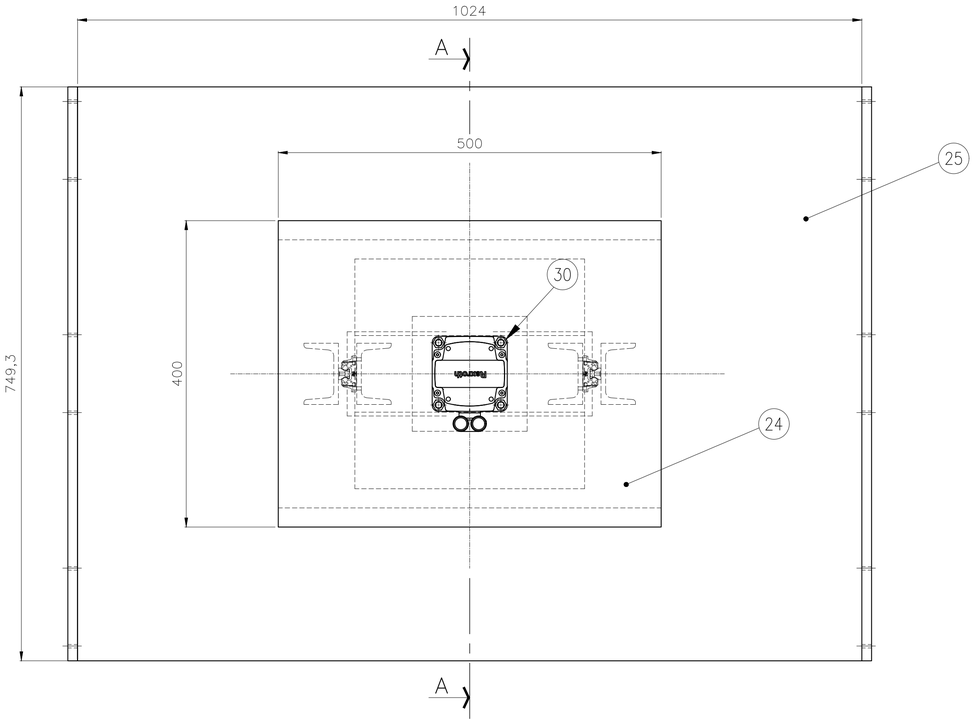
VISTA LATERAL
ESCALA 1:4



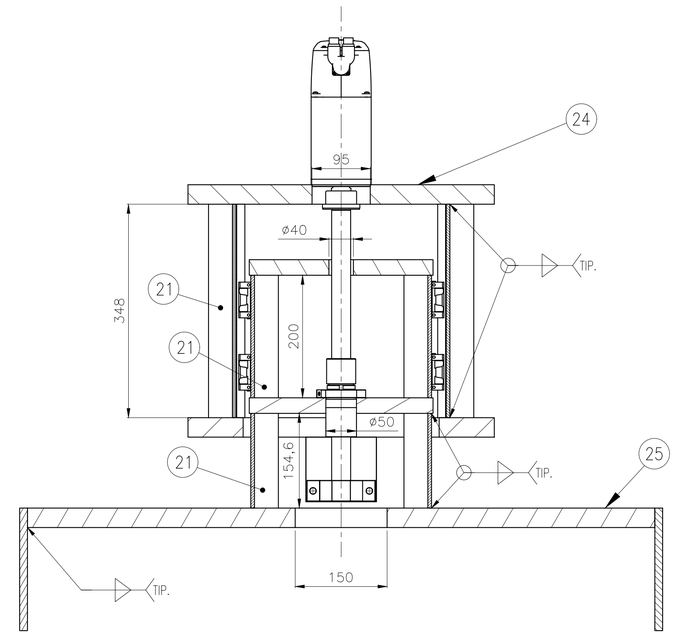
VISTA FRONTAL
ESCALA 1:4



VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:8



VISTA SUPERIOR
ESCALA 1:4



CORTE B - B
ESCALA 1:5

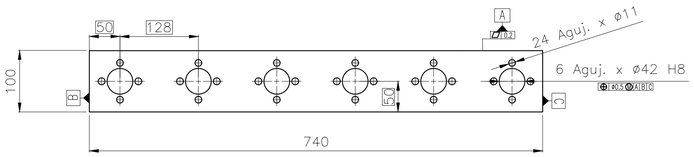
TOLERANCIAS GENERALES EN mm (DIN 7168)					
Rango de medidas	0,5<=3	3<=6	6<=30	30<=120	120<=400
Lineales	+/- 0,1	+/- 0,1	+/- 0,2	+/- 0,3	+/- 0,8
Angulares (valores tang.)	0,0175	0,0175	0,0085	0,0058	0,029
~	▽	▽▽	▽▽▽	▽▽▽▽	
12	12	3	0,8	0,2	

MATAR CANTOS

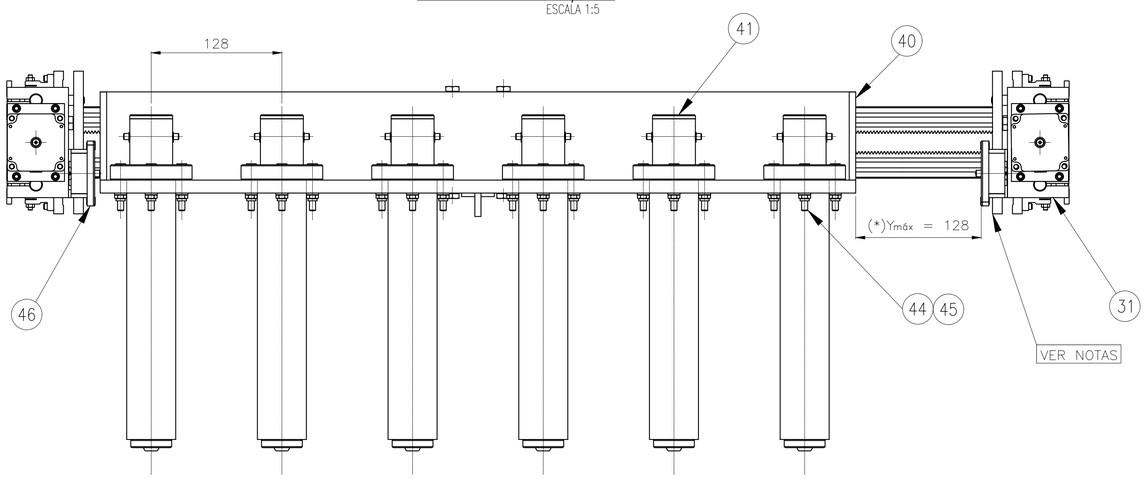
FCEIA — FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERIA Y AGRIMENSURA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

PARTE	ESCALA DIB.	HOJA N°:	CONTINUA EN:	N°	Rev.
PRENSA CON HUSILLO DE BOLAS	1:4	03	04	PL-03-PH	0

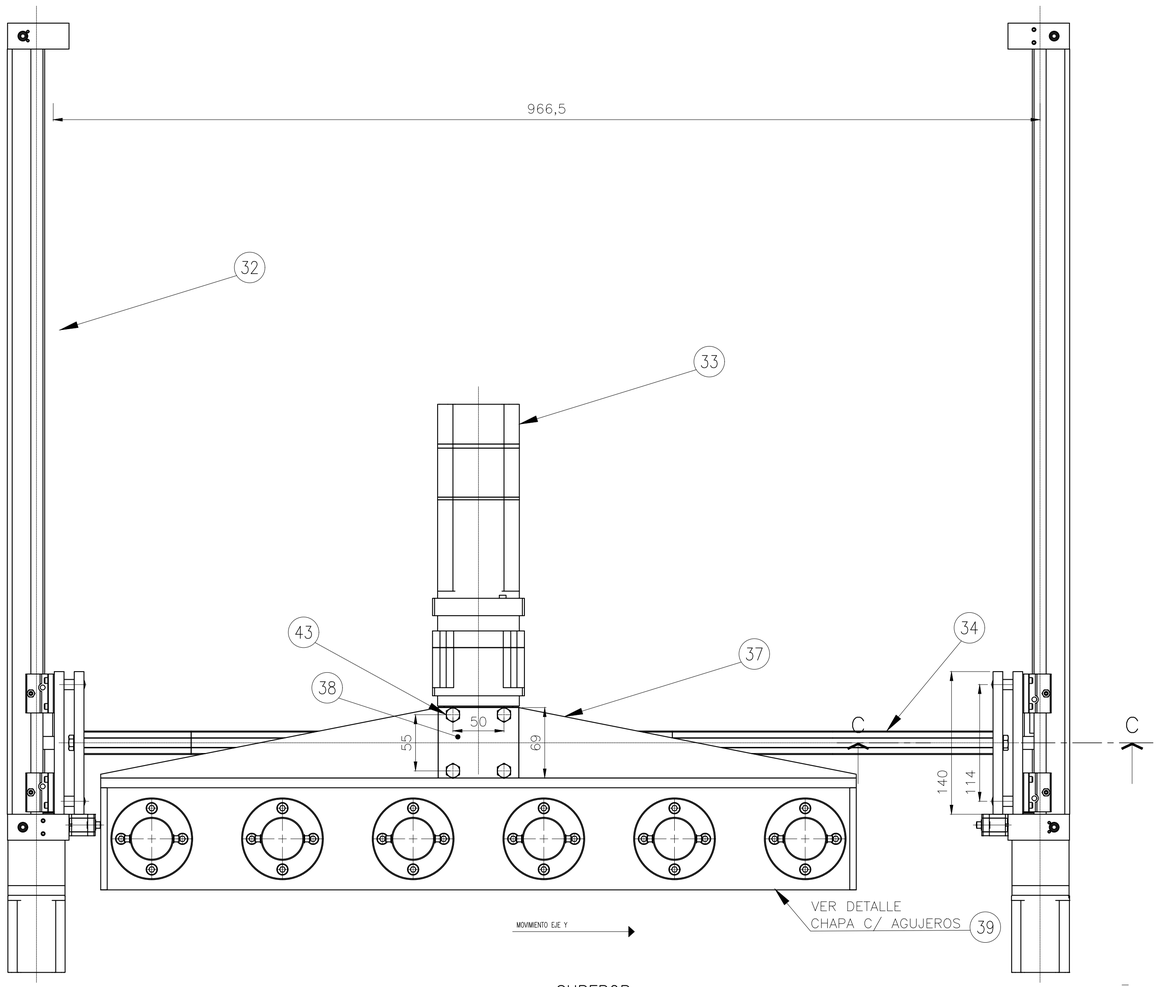
HOJA Nº: 04	CONTINUA EN: 05	Nº PL-04-SXY	Rev. 0



VISTA DETALLE "CHAPA C/ AGUJ."
ESCALA 1:5



VISTA FRONTAL
ESCALA 1:3



VISTA SUPEROR
ESCALA 1:3

NOTAS GENERALES

LAS COTAS CON (*) DEFINEN LOS LÍMITES DE CARRERA (MÁXIMOS) DEL SISTEMA, PARA EL MOVIMIENTO EN EJE Y.

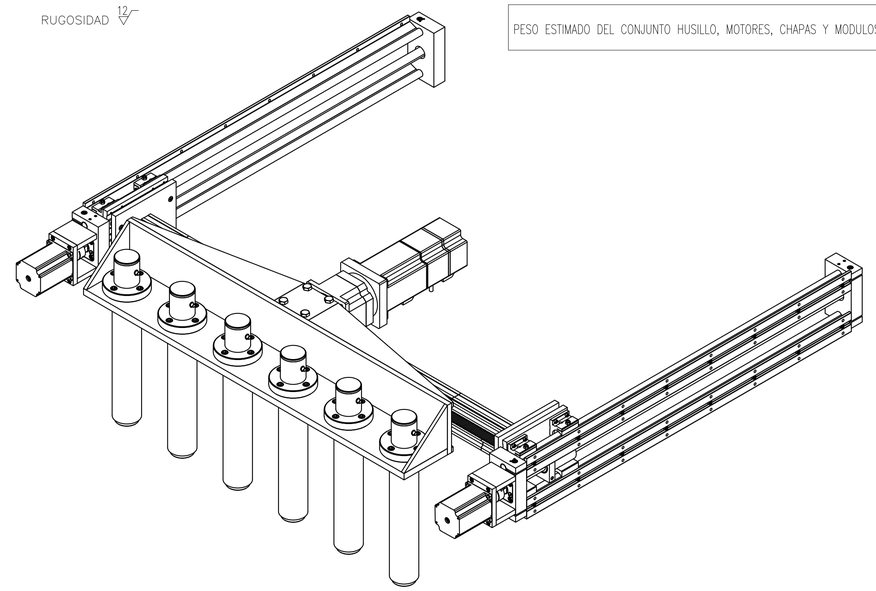
SOLDADURAS

LOS CORDONES DE SOLDADURA SERAN CONTINUOS Y DE ESPESOR DE FILETE a = 0,7 DEL MINIMO ESPESOR A SOLDAR, SEGUN NORMA AWS D1.1 SALVO INDICACION EN CONTRARIO.

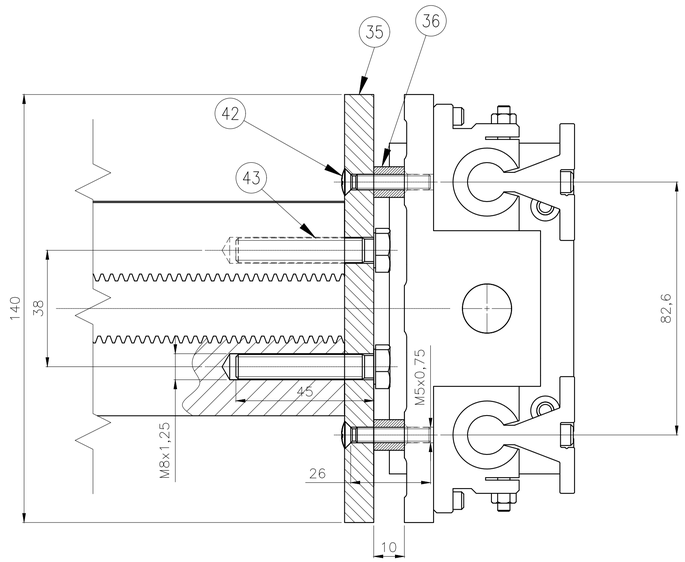
1–RUGOSIDADES SUPERFICIALES S/IRAM 4537(1988)
2–TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS
X.X = ± 0,2
X.XX = ± 0,1
ANGULOS = ± 30'
RUGOSIDAD 12

POS. Nº	CANT.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
31	02	SERVOMOTOR STP–MTR–23079	SURE STEP MOTORS
32	02	ACTUADOR LINEAL LARSD2–08T24BP2C	SURE STEP MOTORS
33	01	REDUCTOR PIÑON–CREMALLERA LRCD 80	PRUD HOME TRANS.
34	02	CREMALLERA CRLRC L=950	PRUD HOME TRANS.
35	02	CHAPA 3/8" PARA UNIÓN	F24
36	08	BUJE PARA UNIÓN	SAE 1020
37	04	CHAPA TRIANGULAR SOPORTE 7/16"	F24
38	02	CHAPA CUADRADA 7/16"	F24
39	01	CHAPA 1/2" CON AGUJEROS P/ MÓDULOS	F24
41	06	MÓDULO MAGNÉTICO	VER HOJA 07
42	08	TORN. ALLEN DIN 7991 M5	CLASE 12.9
43	04	TORN. DIN 931 M8	CLASE 12.9
44	24	TORN. DIN 931 M10 x 45	CLASE 12.9
45	24	TUERCA DIN 934 – M10	CLASE 12.9
46	02	SENSOR FINAL DE CARRERA 9007 SPDT–DB IP20	TELEMECANIQUE

PESO ESTIMADO DEL CONJUNTO HUSILLO, MOTORES, CHAPAS Y MODULOS: 86kg.



VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:5



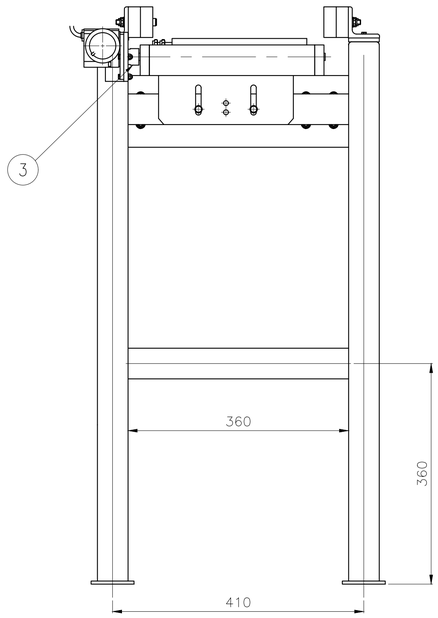
CORTE C – C
ESCALA 1:1

TOLERANCIAS GENERALES EN mm (DIN 7168)					
Rango de medidas	0,5<=3	3<=6	6<=30	30<=120	120<=400
Lineales	+/– 0,1	+/– 0,1	+/– 0,2	+/– 0,3	+/– 0,8
Angulares (valores tang.)	0,0175	0,0175	0,0085	0,0058	0,029
~	▽	▽▽	▽▽▽	▽▽▽▽	
16 ▽	12 ▽	3 ▽	0,8 ▽	0,2 ▽	

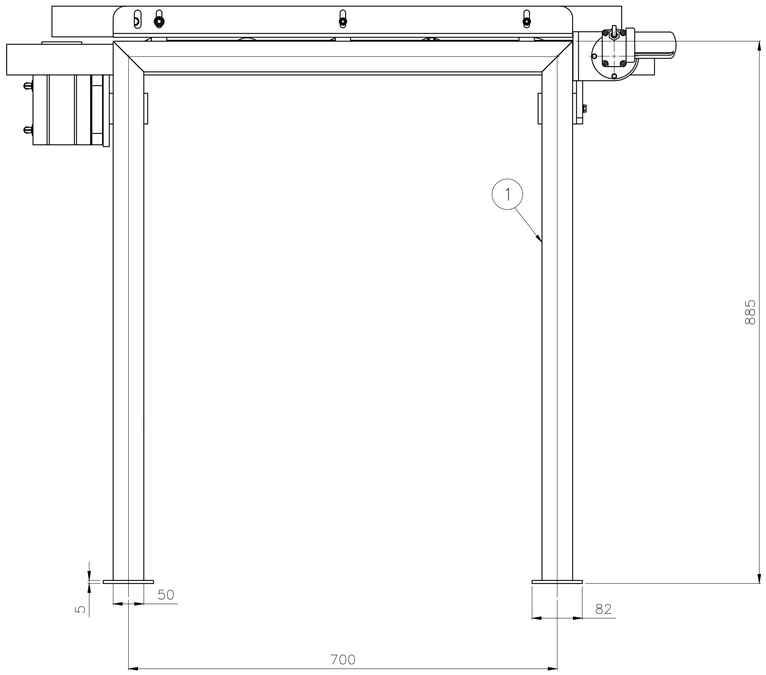
MATAR CANTOS

FCEIA – FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA – UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO	PARTE: SISTEMA PORTAMÓDULOS XY	ESCALA DIB. 1:3	HOJA Nº: 04	CONTINUA EN: 05	Nº PL–04–SXY	Rev. 0

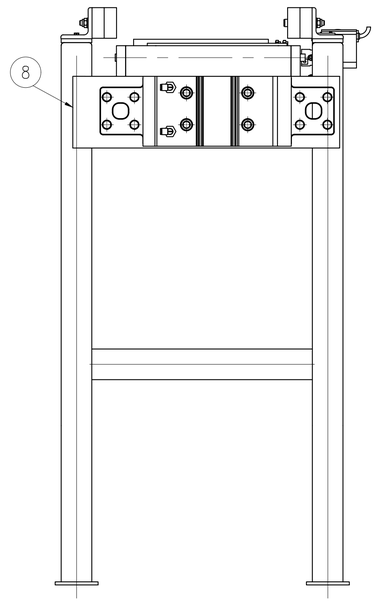
POS. N°	CANT.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
01	01	MESA DE PERFILERÍA	COMERCIAL
02	01	MOTORREDUCTOR SERIE T– 0,36 HP 1:30	MM REDUCTORES
03	01	ACOPLE MOTORREDUCTOR–RODILLO	COMERCIAL
04	01	SOPORTE MOTORREDUCTOR	VER HOJA 06
05	02	CADENA ISO 06B–1 p = 9,525 mm	SKF
06	03	PIÑON PHS 06B–1A17	SKF
07	01	TOPE NEUMÁTICO MO–AR–008–0050	VENTION
08	01	SOPORTE TOPE NEUMÁTICO	VER HOJA 06



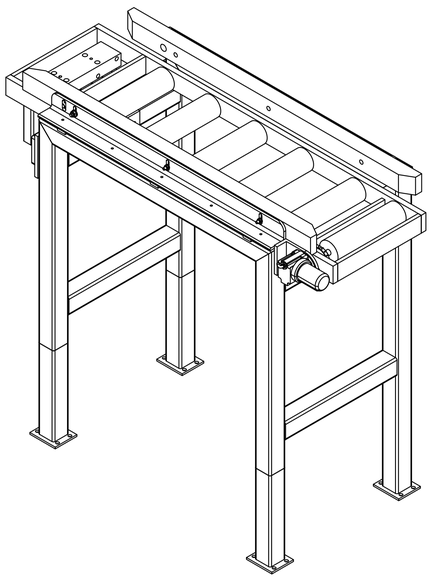
VISTA LATERAL IZQUIERDA
ESCALA 1:5



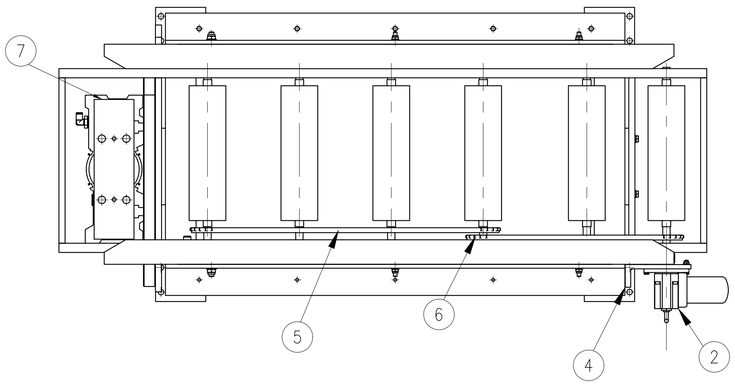
VISTA FRONTAL
ESCALA 1:5



VISTA LATERAL DERECHA
ESCALA 1:5



VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:7



VISTA SUPERIOR
ESCALA 1:5

IMPORTANTE

CANTIDADES

EN LISTA DE MATERIALES LAS CANTIDADES DADAS CORRESPONDEN A UNA (1) MESA TRANSPORTADORA
SE DEBERA CONSTRUIR TRES (3) MESAS TRANSPORTADORAS. SOLO LA MESA CENTRAL INCORPORA FRENO NEUMÁTICO POS N°07.

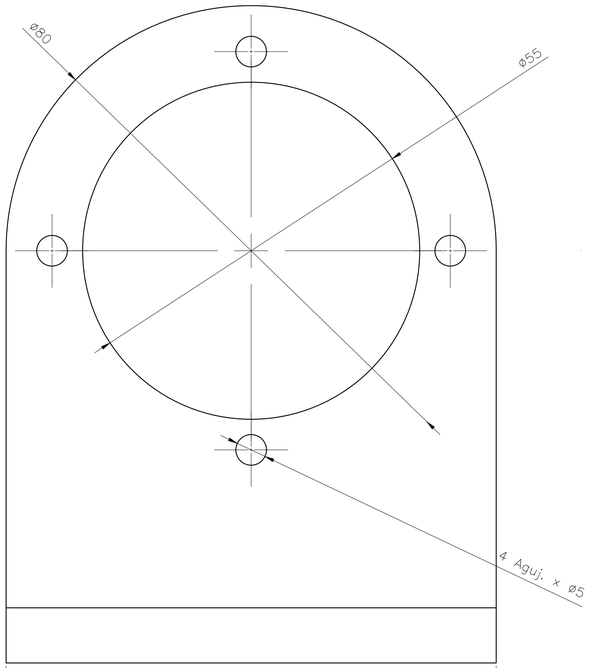
MATAR CANTOS

TOLERANCIAS GENERALES EN mm (DIN 7168)					
Rango de medidas	0,5<=3	3<=6	6<=30	30<=120	120<=400
Lineales	+/– 0,1	+/– 0,1	+/– 0,2	+/– 0,3	+/– 0,8
Angulares (valores tang.)	0,0175	0,0175	0,0085	0,0058	0,029

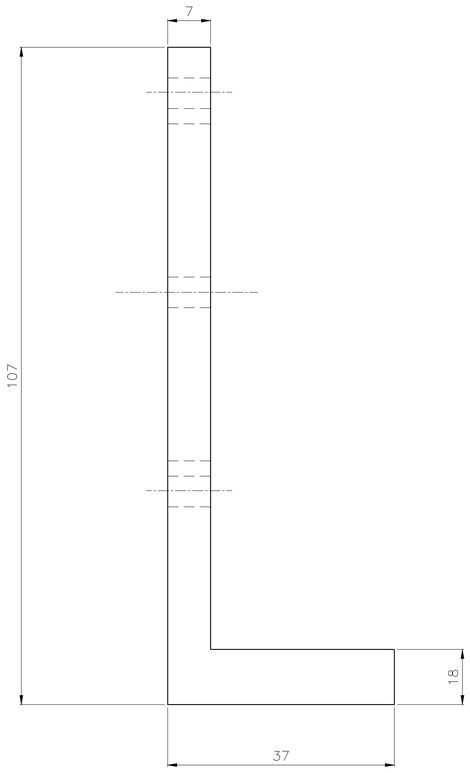
FCEIA — FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA — UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

PARTE	ESCALA DIB.	HOJA N°:	CONTINUA EN:	N°	Rev.
MESA TRANSPORTADORA	1:5	05	06	PL–05–ME–01	0

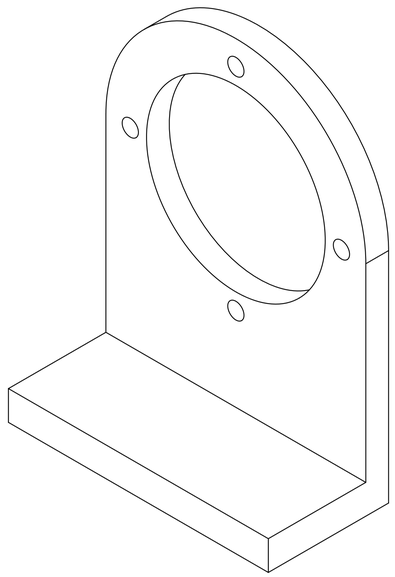
HOJA Nº	Nº	Rev.
06	PL-05-ME-02	0
CONTINUA EN: 07		



VISTA FRONTAL
ESCALA 2:1



VISTA LATERAL
ESCALA 2:1

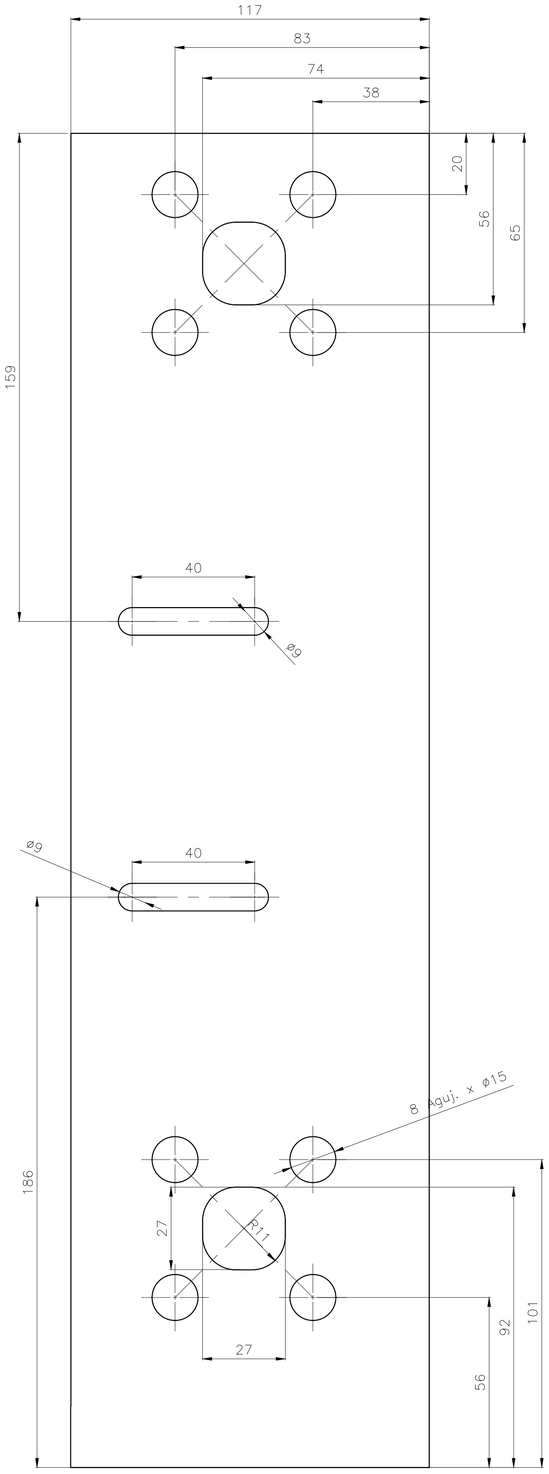


VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1.5:1

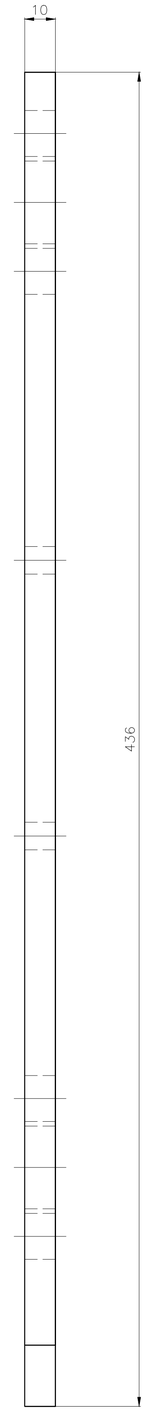
TOLERANCIAS GENERALES EN mm (DIN 7168)					
Rango de medidas	0,5<=3	3<=6	6<=30	30<=120	120<=400
Lineales	+/- 0,1	+/- 0,1	+/- 0,2	+/- 0,3	+/- 0,8
Angulares (valores tang.)	0,0175	0,0175	0,0085	0,0058	0,029
~	▽	▽▽	▽▽▽	▽▽▽▽	
12,5	12,5	3,2	0,8	0,2	

MATAR CANTOS

04	03	HOJA 05
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: PL-05-ME		ESCALA: 2:1
MAT.: F24		
PIEZA: SOPORTE MOTOREDUCTOR		



VISTA FRONTAL
ESCALA 1:1



VISTA LATERAL
ESCALA 1:1

TOLERANCIAS GENERALES EN mm (DIN 7168)					
Rango de medidas	0,5<=3	3<=6	6<=30	30<=120	120<=400
Lineales	+/- 0,1	+/- 0,1	+/- 0,2	+/- 0,3	+/- 0,8
Angulares (valores tang.)	0,0175	0,0175	0,0085	0,0058	0,029
~	▽	▽▽	▽▽▽	▽▽▽▽	
12,5	12,5	3,2	0,8	0,2	

MATAR CANTOS

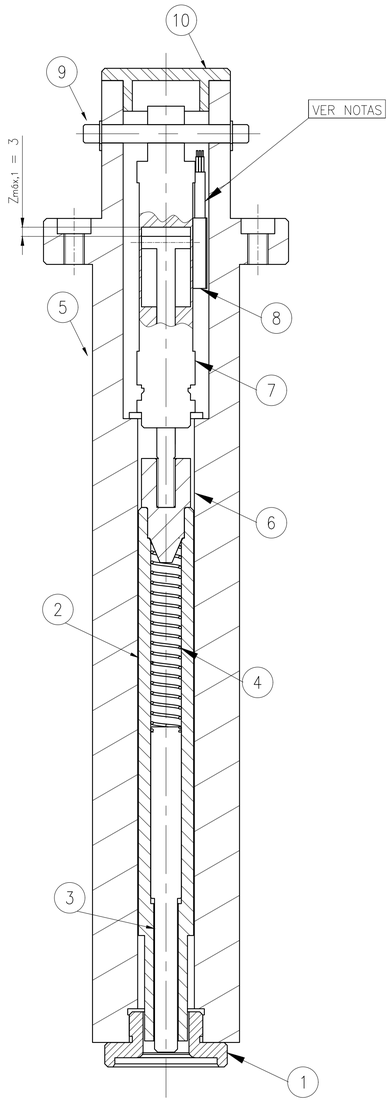
08	01	HOJA 05
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: PL-05-ME		ESCALA: 1:1
MAT.: F24		
PIEZA: SOPORTE TOPE NEUMATICO		

FCEIA — FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERIA Y AGRIMENSURA — UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

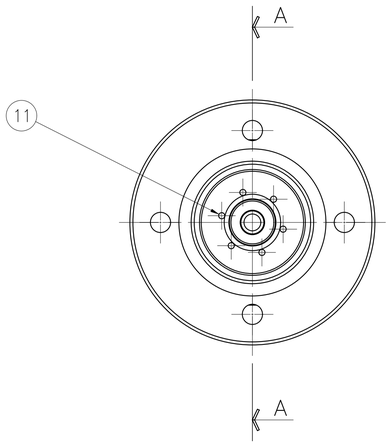
PARTE	ESCALA DIB.	HOJA Nº:	CONTINUA EN:	Nº	Rev.
DESPIECE MESA	–	06	07	PL-05-ME-02	0

NOTAS GENERALES

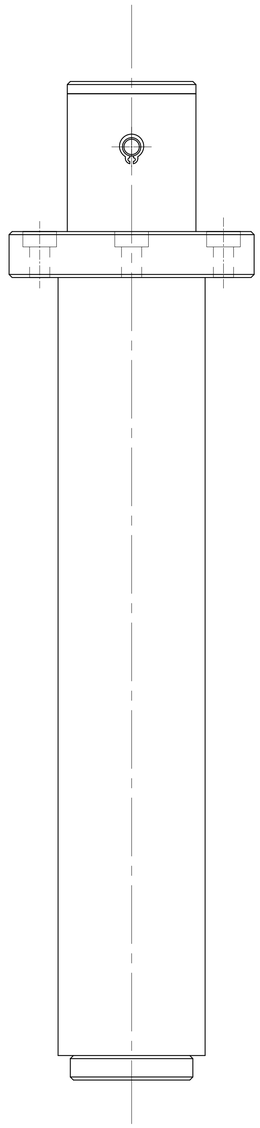
1-RUGOSIDADES SUPERFICIALES S/IRAM 4537(1988)
2-TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS
X.X = ± 0,2
X.XX = ± 0,1
ANGULOS = ± 30'
RUGOSIDAD 12



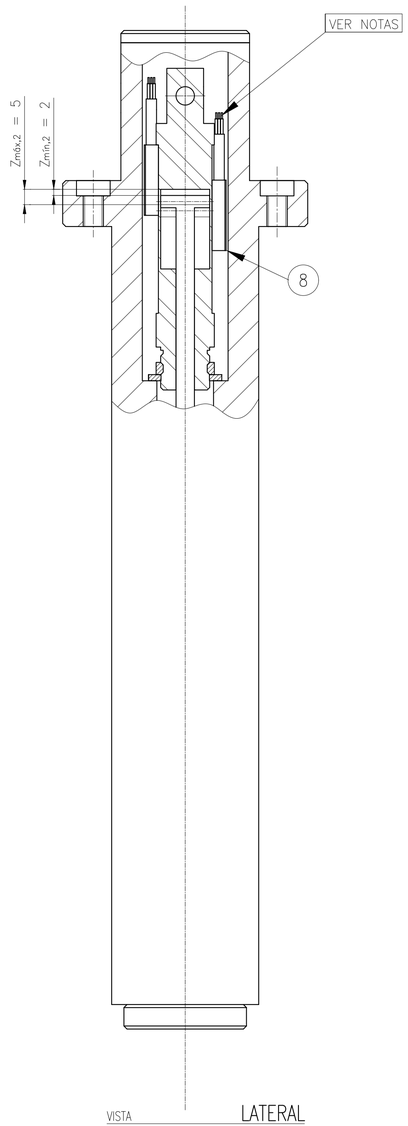
CORTE A – A
ESCALA 1:1



VISTA INFERIOR
ESCALA 1:1



VISTA FRONTAL
ESCALA 1:1



VISTA LATERAL
ESCALA 1:1

POS. Nº	CANT.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
01	01	CABEZAL MAGNÉTICO DE SUJECIÓN	VER HOJA 08
02	01	CAMISA EMPUJADORA	VER HOJA 08
03	01	VÁSTAGO EMPUJADOR	VER HOJA 08
04	01	RESORTE HELICOIDAL DE COMPRESIÓN	MISUMI WL20-35
05	01	CUERPO MODULO	VER HOJA 08
06	01	ACOPLE MECÁNICO	VER HOJA 08
07	01	ACTUADOR NEUMÁTICO LINEAL	ASCO NEUMATICS
08	03	SENSOR INDUCTIVO DE PROXIMIDAD	ASCO NEUMATICS
09	01	PASADOR DE POSICIONAMIENTO	VER HOJA 08
10	01	TAPA SUPERIOR ROSCADA	VER HOJA 08
11	06	IMAN HXNN 0,90F	MISUMI HXNN4

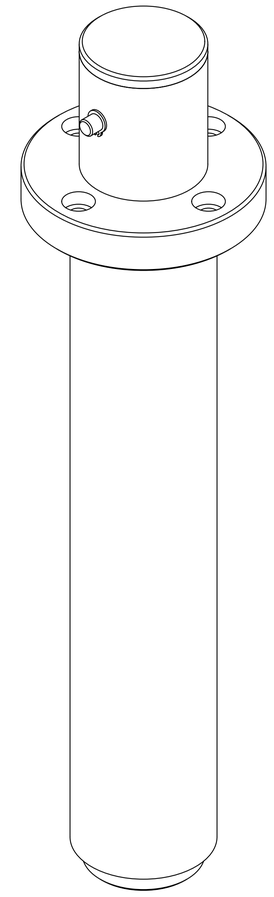
IMPORTANTE

NOTAS

SENSORES INDUCTIVOS
(POS. 08) VER INFORME DE PROYECTO (INCISO 3.4.4.); DISTANCIAS Y ACLARACIONES DE SENSOR RESPECTO A CILINDRO NEUMÁTICO PARA ENSAMBLAR SUBCONJUNTO (GIRADOR + TRABAS DE VÁLVULA).

POSICIONAR SENSORES RESPECTO A LAS SIGUIENTES DISTANCIAS:

P/ SUBCONJ. DE 4V SENSOR 1 – Zmín,1 = 0mm ; Zmáx,1 = 3mm
P/ SUBCONJ. DE 2V SENSOR 2 Y 3 – Zmín,2 = 2mm ; Zmáx,2 = 5mm



VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:1

IMPORTANTE

CANTIDADES
EN LISTA DE MATERIALES LAS CANTIDADES DADAS CORRESPONDEN A UN (1) MODULO.
SE DEBERAN CONSTRUIR SEIS (6) MODULOS.

PESO ESTIMADO DE UN (1) MÓDULO CON SUS COMPONENTES: 7kg.

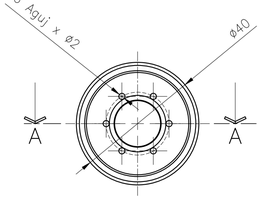
MATAR CANTOS

TOLERANCIAS GENERALES EN mm (DIN 7168)					
Rango de medidas	0,5<=3	3<=6	6<=30	30<=120	120<=400
Lineales	+/- 0,1	+/- 0,1	+/- 0,2	+/- 0,3	+/- 0,8
Angulares (valores tang.)	0,0175	0,0175	0,0085	0,0058	0,029
~	▽	▽▽	▽▽▽	▽▽▽▽	
12	12	3	0,8	0,2	

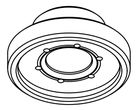
FCEIA – FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA – UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

PARTE	ESCALA DIB.	HOJA Nº:	CONTINUA EN:	Nº	Rev.
MÓDULO MAGNÉTICO	1:1	07	08	PL-06-MO-01	0

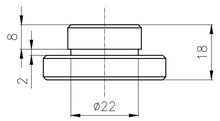
HOJA Nº	CONTINUA EN:	Nº	Rev.
08	–	PL–06–MO–02	0



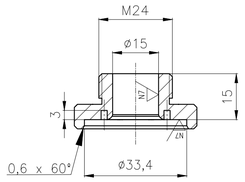
VISTA INFERIOR
ESCALA 1:1



VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:1



VISTA FRONTAL
ESCALA 1:1



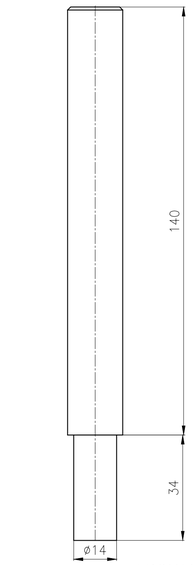
CORTE A – A
ESCALA 1:1

CHAFLANES NO ACOTADOS: 1 X 45°

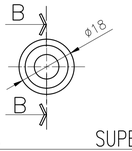
MATAR CANTOS

TOLERANCIAS GENERALES EN mm (DIN 7168)					
Rango de medidas	0,5<=3	3<=6	6<=30	30<=120	120<=400
Lineales	+/– 0,1	+/– 0,1	+/– 0,2	+/– 0,3	+/– 0,8
Angulares (valores tang.)	0,0175	0,0175	0,0085	0,0058	0,029
~	▽	▽▽	▽▽▽	▽▽▽▽	
12	12	3	0,8	0,2	

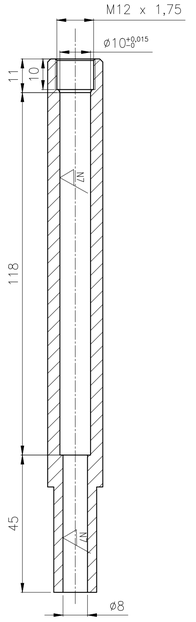
01	01	HOJA 07
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: PL–06–MO–02		ESCALA: 1:1
MAT.: AISI 316L		
PIEZA: CABEZAL MAGNÉTICO		



VISTA FRONTAL
ESCALA 1:1



VISTA SUPERIOR
ESCALA 1:1



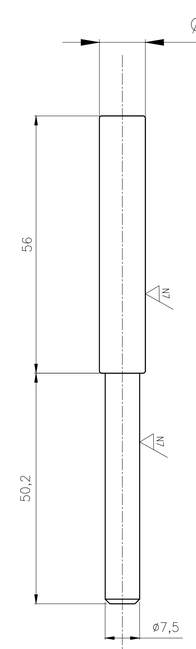
CORTE B – B
ESCALA 1:1

CHAFLANES NO ACOTADOS: 1 X 45°

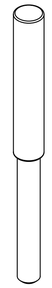
MATAR CANTOS

TOLERANCIAS GENERALES EN mm (DIN 7168)					
Rango de medidas	0,5<=3	3<=6	6<=30	30<=120	120<=400
Lineales	+/– 0,1	+/– 0,1	+/– 0,2	+/– 0,3	+/– 0,8
Angulares (valores tang.)	0,0175	0,0175	0,0085	0,0058	0,029
~	▽	▽▽	▽▽▽	▽▽▽▽	
12	12	3	0,8	0,2	

02	01	HOJA 07
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: PL–06–MO–02		ESCALA: 1:1
MAT.: SAE 1045		
PIEZA: CAMISA EMPUJADORA		



VISTA FRONTAL
ESCALA 1.5:1



VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:1

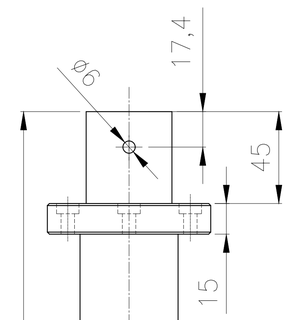
MATAR CANTOS

RADIOS NO ACOTADOS: R1

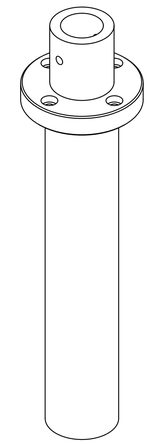
CHAFLANES NO ACOTADOS: 1 X 45°

TOLERANCIAS GENERALES EN mm (DIN 7168)					
Rango de medidas	0,5<=3	3<=6	6<=30	30<=120	120<=400
Lineales	+/– 0,1	+/– 0,1	+/– 0,2	+/– 0,3	+/– 0,8
Angulares (valores tang.)	0,0175	0,0175	0,0085	0,0058	0,029
~	▽	▽▽	▽▽▽	▽▽▽▽	
12	12	3	0,8	0,2	

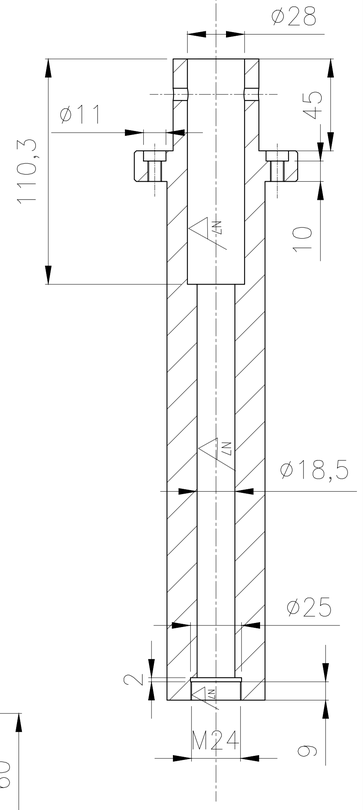
03	01	HOJA 07
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: PL–06–MO–02		ESCALA: 1:1
MAT.: SAE 1045		
PIEZA: VÁSTAGO EMPUJADOR		



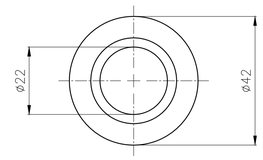
VISTA FRONTAL
ESCALA 1:1.5



VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:2

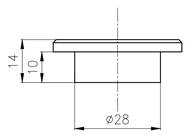


CORTE C – C
ESCALA 1:1.5



VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1.5:1

VISTA INFERIOR
ESCALA 1:1



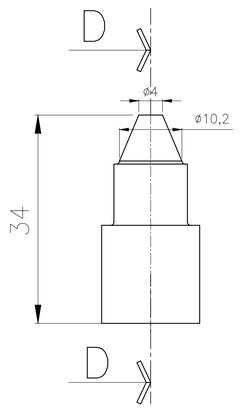
VISTA FRONTAL
ESCALA 1:1

CHAFLANES NO ACOTADOS: 1 X 45°

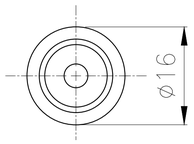
MATAR CANTOS

TOLERANCIAS GENERALES EN mm (DIN 7168)					
Rango de medidas	0,5<=3	3<=6	6<=30	30<=120	120<=400
Lineales	+/– 0,1	+/– 0,1	+/– 0,2	+/– 0,3	+/– 0,8
Angulares (valores tang.)	0,0175	0,0175	0,0085	0,0058	0,029
~	▽	▽▽	▽▽▽	▽▽▽▽	
12	12	3	0,8	0,2	

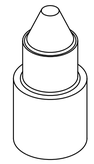
10	01	HOJA 07
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: PL–06–MO–02		ESCALA: 1:1
MAT.: SAE 1045		
PIEZA: TAPA SUPERIOR ROSCADA		



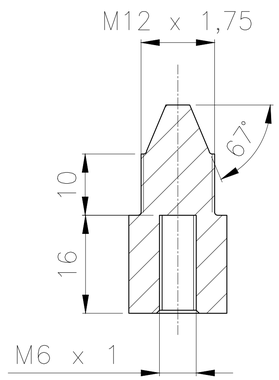
VISTA FRONTAL
ESCALA 2:1



VISTA SUPERIOR
ESCALA 2:1



VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1.5:1



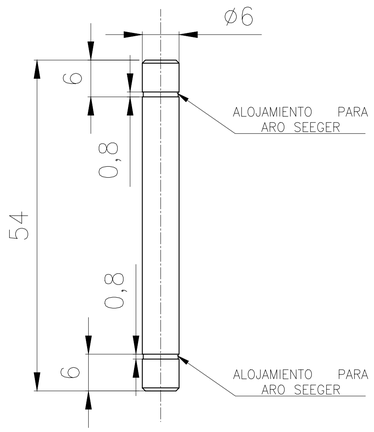
CORTE D – D
ESCALA 2:1

RADIOS NO ACOTADOS: R1

MATAR CANTOS

TOLERANCIAS GENERALES EN mm (DIN 7168)					
Rango de medidas	0,5<=3	3<=6	6<=30	30<=120	120<=400
Lineales	+/– 0,1	+/– 0,1	+/– 0,2	+/– 0,3	+/– 0,8
Angulares (valores tang.)	0,0175	0,0175	0,0085	0,0058	0,029
~	▽	▽▽	▽▽▽	▽▽▽▽	
12	12	3	0,8	0,2	

06	01	HOJA 07
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: PL–06–MO–02		ESCALA: 1:1
MAT.: SAE 1045		
PIEZA: ACOPLE MECÁNICO		



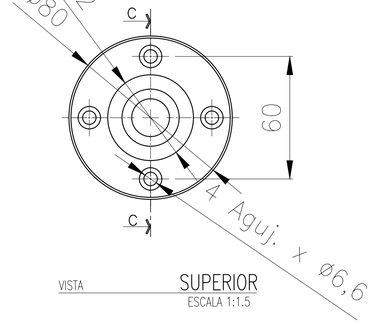
VISTA FRONTAL
ESCALA 2:1

CHAFLANES NO ACOTADOS: 1 X 45°

MATAR CANTOS

TOLERANCIAS GENERALES EN mm (DIN 7168)					
Rango de medidas	0,5<=3	3<=6	6<=30	30<=120	120<=400
Lineales	+/– 0,1	+/– 0,1	+/– 0,2	+/– 0,3	+/– 0,8
Angulares (valores tang.)	0,0175	0,0175	0,0085	0,0058	0,029
~	▽	▽▽	▽▽▽	▽▽▽▽	
12	12	3	0,8	0,2	

09	01	HOJA 07
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: PL–06–MO–02		ESCALA: 1:1
MAT.: SAE 1045		
PIEZA: PERNO PASANTE		



VISTA SUPERIOR
ESCALA 1:1.5

CHAFLANES NO ACOTADOS: 1 X 45°

MATAR CANTOS

TOLERANCIAS GENERALES EN mm (DIN 7168)					
Rango de medidas	0,5<=3	3<=6	6<=30	30<=120	120<=400
Lineales	+/– 0,1	+/– 0,1	+/– 0,2	+/– 0,3	+/– 0,8
Angulares (valores tang.)	0,0175	0,0175	0,0085	0,0058	0,029
~	▽	▽▽	▽▽▽	▽▽▽▽	
12	12	3	0,8	0,2	

05	01	HOJA 07
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: PL–06–MO–02		ESCALA: 1:1
MAT.: SAE 1045		
PIEZA: CUERPO MÓDULO		

FCEIA — FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA — UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

PARTE	ESCALA DIB.	HOJA Nº:	CONTINUA EN:	Nº	Rev.
DESPIECE MÓDULO	–	08	–	PL–06–MO–02	0