



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Diseño, fabricación y verificación de un sistema de frenado
neumático para HyperLoop UPV.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: González-Barranca Domingo, Ricardo

Tutor/a: Salvador Herranz, Gustavo Manuel

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



Diseño, fabricación y validación de un sistema de frenado neumático para Hyperloop UPV

González-barranca Domingo Ricardo; autor

M. Salvador Herranz Gustavo; tutor



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Resumen

Hyperloop es un concepto de medio de transporte que cada día es más popular debido a las empresas que apuestan por él y por la tecnología innovadora y rompedora que incluye. Parte de este éxito es debido a la antigua competición que se celebraba en Estados Unidos y patrocinado por Elon Musk, además de por la reciente EHW, European Hyperloop Week.

La tecnología hyperloop tiene diversas maneras de implementarse, aunque la más famosa y llamativa es diseñar un tren de forma tubular. Este tren viaja por dentro de un tubo al que se le ha hecho el vacío levitando, de forma que en su interior hay una presión cercana a 0 bar. De esta forma se consigue eliminar la mayor cantidad de rozamiento posible, alcanzando grandes velocidades, de manera que puede recorrer grandes distancias en poco tiempo.

Hyperloop UPV es un equipo de estudiantes que lleva 7 años desarrollando prototipos de hyperloop para demostrar que esta tecnología está más cerca que nunca. Año tras año los alumnos que forman el grupo diseñan un nuevo prototipo, mejorando el del año anterior.

Este documento expone todo el proceso de diseño, fabricación y validación de los actuadores neumáticos que monta el prototipo de este año para poder frenar, tanto en caso de emergencia como en combinación del freno electromagnético del motor.

El objetivo final de este proyecto es el buen funcionamiento del sistema durante la competición de la EHW durante el mes de Julio de este año.



Resum

Hyperloop és un concepte de mitjà de transport que cada dia és més popular a causa de les empreses que aposten per ell i per la tecnologia innovadora i trencadora que inclou. Part d'aquest èxit és degut a l'antiga competició que se celebrava als Estats Units i patrocinat per Elon Musk, a més de per la recent EHW, European Hyperloop Week.

La tecnologia hyperloop té diverses maneres d'implementar-se, encara que la més famosa i cridanera és dissenyar un tren de manera tubular. Aquest tren viatja per dins d'un tub al qual se li ha fet el buit levitant, de manera que en el seu interior hi ha una pressió pròxima a 0 bar. D'aquesta manera s'aconsegueix eliminar la major quantitat de fregament possible, aconseguint grans velocitats, de manera que pot recórrer grans distàncies en poc temps.

Hyperloop UPV és un equip d'estudiants que porta 7 anys desenvolupant prototips de hyperloop per a demostrar que aquesta tecnologia està més a prop que mai. Any rere any els alumnes que formen el grup dissenyen un nou prototip, millorant el de l'any anterior.

Aquest document exposa tot el procés de disseny, fabricació i validació dels actuadors pneumàtics que munta el prototip d'enguany per a poder frenar, tant en cas d'emergència com en combinació del fre electromagnètic del motor.

L'objectiu final d'aquest projecte és el bon funcionament del sistema durant la competició de la EHW durant el mes de Juliol d'enguany.

Abstract

Hyperloop is a transport concept that is becoming increasingly popular due to the companies that are committed to it and the innovative and groundbreaking technology it includes. Part of this success is due to the old competition held in the United States and sponsored by Elon Musk, as well as the recent EHW, European Hyperloop Week.

Hyperloop technology can be implemented in a variety of ways, but the most famous and eye-catching is to design a tubular train. This train travels inside a tube levitating where a vacuum environment is created, so that inside it there is a pressure close to 0 bar. In this way it is possible to eliminate as much friction as possible, reaching high speeds, so that it can travel long distances in a short time.

Hyperloop UPV is a team of students who have been developing hyperloop prototypes for 7 years to demonstrate that this technology is closer than ever. Year after year, the students who make up the group design a new prototype, improving on the previous year's prototype.

This document sets out the whole process of design, manufacture and validation of the pneumatic actuators that this year's prototype is fitted with to be able to brake, both in case of emergency and in combination with the electromagnetic brake of the motor.

The final objective of this project is the proper functioning of the system during the EHW competition during the month of July this year.



Índice general del documento

MEMORIA.....	7
ANEXOS.....	65
PRESUPUESTO.....	81
PLIEGO DE CONDICIONES.....	90
PLANOS.....	98



MEMORIA



Contenido

1.Introducción	14
1.1 Historia.....	14
1.2 El equipo	14
2.Estudio de necesidades.....	18
2.1 Limitaciones.....	18
2.2 Requerimientos	18
3.Soluciones y alternativas.....	21
3.1 Tipo de freno	21
3.2 Sistema de activación.....	22
4. Desarrollo de la solución.....	24
4.1 Idea de desarrollo	24
4.2 Cálculos para el predimensionado.....	25
4.2 Émbolo.....	26
4.3 Placa	27
4.4 Cámara	28
4.5 Guías	29
4.6 Sistema de retorno.....	30
4.7 Soporte al chasis.....	31
4.8 Simulaciones	32
4.8.1 Émbolo	33
4.8.2 Placa	35
4.8.3 Cámara	36
4.8.4 Guías	37
4.8.5 Sistema de retorno.....	39
4.8.6 Soporte al chasis.....	40
4.9 Simulación del conjunto completo.....	43
5. Comprobación del actuador en condiciones reales	49
5.1 Test de dureza de las pastillas de freno	49
5.1.1 Procedimiento.....	50
5.1.2 Resultados	50
5.2 Test coeficiente de fricción de las pastillas de freno.....	51
5.2.1 Procedimientos	52
5.2.2 Resultados	54
5.3 Test de fugas y sobrepresión en el actuador.....	56
5.3.1 Procedimientos	57
5.3.2 Resultados	59



5.4 Test de fuerza del actuador.....	59
5.4.1 Procedimientos	60
5.4.2 Resultados	62
6. Conclusiones	63
7. Bibliografía	64
Bibliografía	64

Índice de figuras

Ilustración- 1: Concepto de hyperloop por Zeleros.....	14
Ilustración- 2: Auran, séptimo prototipo de Hyperloop UPV	15
Ilustración- 3: LIM, Linear Induction Motor	15
Ilustración- 4: HEMS	16
Ilustración- 5: EMS	16
Ilustración- 6: Infraestructura.....	16
Ilustración- 7: Interior de una sección de la infraestructura	17
Ilustración- 8: Posición de los actuadores en Auran	20
Ilustración- 9: Freno de tipo arrastre	21
Ilustración- 10: Freno de tipo garra.....	22
Ilustración- 11: Sistema neumático de Auran	23
Ilustración- 12: Actuador neumático de Auran	24
Ilustración- 13: Émbolo del actuador	26
Ilustración- 14: Vista frontal del émbolo	27
Ilustración- 15: Placa de frenado vista en picado.....	27
Ilustración- 16: Placa de frenado vista en contra picado.....	28
Ilustración- 17: Vista delantera de la cámara	28
Ilustración- 18: Vista trasera de la cámara	29
Ilustración- 19: Conjunto del guiado.....	30
Ilustración- 20: Conjunto del sistema de retorno	31
Ilustración- 21: Soporte al chasis	31
Ilustración- 22: Posición de los actuadores en el chasis.....	32
Ilustración- 23: Distancias plancha lateral-actuador	33
Ilustración- 24: Condiciones de contorno simulación émbolo	34
Ilustración- 25: Distribución de tensiones émbolo.....	34
Ilustración- 26: Factor de seguridad émbolo.....	35
Ilustración- 27: Condiciones de contorno simulación placa.....	35
Ilustración- 28: Distribución de tensiones placa	36
Ilustración- 29: Factor de seguridad placa	36
Ilustración- 30: Condiciones de contorno simulación cámara	36
Ilustración- 31: Distribución de tensiones cámara	37
Ilustración- 32: Factor de seguridad cámara	37
Ilustración- 33: Condiciones de contorno simulación guías	38
Ilustración- 34: Distribución de tensiones guías	38
Ilustración- 35: Factor de seguridad guías	39
Ilustración- 36: Condiciones de contorno simulación sistema de retorno.....	39
Ilustración- 37: Distribución de tensiones sistema de retorno	40
Ilustración- 38: Factor de seguridad sistema de retorno.....	40
Ilustración- 39: Condiciones de contorno simulación a tracción soporte al chasis	41
Ilustración- 40: Distribución de tensiones soporte al chasis en tracción.....	41
Ilustración- 41: Factor de seguridad soporte al chasis en tracción.....	42
Ilustración- 42: Condiciones contorno simulación compresión soporte al chasis	42
Ilustración- 43: Distribución de tensiones soporte al chasis en compresión	42
Ilustración- 44: Factor de seguridad soporte al chasis en compresión	43
Ilustración- 45: Geomtría simulación completa.....	43
Ilustración- 46: Tiempo de actuación.....	44
Ilustración- 47: Detalle mallado.....	45



Ilustración- 48: Mallado simulación completa.....	45
Ilustración- 49: Distribución de tensiones simulación completa.....	46
Ilustración- 50: Factor de seguridad simulación completa.....	46
Ilustración- 51: Detalle tensión guías 1	47
Ilustración- 52: Detalle tensión guías 2.....	47
Ilustración- 53: Deformación simulación completa	48
Ilustración- 54: Durómetro.....	49
Ilustración- 55: Ensayo de dureza	50
Ilustración- 56: Diagrama del sólido libre para la caída de la pastilla de freno	52
Ilustración- 57: Diagrama sistema neumático	57
Ilustración- 58: Bancada.....	59
Ilustración- 59: Detalle motor en bancada	60



Índice de tablas

Tabla 1: Cálculos de tiempo de frenado.....	19
Tabla 2: Procedimientos test de dureza.....	50
Tabla 3: Valores de dureza.....	51
Tabla 4: Procedimientos test coeficiente de fricción.....	52
Tabla 5: Resultados coeficiente de fricción	54
Tabla 6: Procedimientos test fugas y sobrepresión	57
Tabla 7: Procedimientos test fuerza actuador.....	60
Tabla 8: Resultados test de fuerza.....	62



1.Introducción

1.1 Historia

Hyperloop es un concepto de medio de transporte que existe desde el S.XIX aunque no ha sido hasta los últimos cuando ha empezado a ganar una gran popularidad. La innovadora tecnología que incorpora, las altas velocidades que es capaz de alcanzar y que es un medio de transporte respetuoso con el medio ambiente han hecho que muchas empresas y gobiernos de todo el mundo centren su atención y recursos en desarrollar este concepto y traerlo a nuestras vidas.

El concepto más popular sobre hyperloop consiste en diseñar cápsulas que viajan levitando por dentro de una infraestructura con una presión ambiente cercana al vacío. La idea de combinar la levitación con el vacío consigue reducir la fricción con cualquier medio a valores muy reducidos, de manera que se pueden alcanzar velocidades muy elevadas y mantenerlas aportando muy poca energía.



Ilustración- 1: Concepto de hyperloop por Zeleros

Hoy en día empieza a ser más común ver tecnología de ciencia ficción en nuestras vidas, coches autónomos e inteligencia artificial están a la orden del día. Gran parte de esta tecnología ha sido desarrollado dentro de universidades o grupos de investigación muy reducidos.

Algo similar pasa con la tecnología hyperloop, muchas universidades a lo largo del mundo compiten todos los años por desarrollar el prototipo de hyperloop más escalable y el mejor.

Antaño la competición que permitía que las universidades mostraran al mundo de que eran capaces sus alumnos era la competición patrocinada por Elon Musk y SpaceX. Debido a la pandemia global del COVID-19 la competición cesó su actividad. La motivación de los estudiantes hizo que varias de las universidades más importantes de la antigua competición acordaran crear una nueva competición para seguir desarrollando la tecnología del futuro, así es como nace la EHW.

1.2 El equipo

El equipo Hyperloop UPV es uno de los pocos en todo el mundo que ha participado en todas las ediciones de la competición de SpaceX. Además, es uno de los organizadores de la

EHW, participando y recibiendo la primera edición en Valencia durante el año de 2021. Este año participará en la competición durante el mes de Julio de 2022 en Delft, Holanda.

Desde sus inicios el equipo ha desarrollado un nuevo prototipo año tras año, intentando mejorar el del año anterior, no obstante, no ha sido hasta el año pasado y este donde se han dado grandes pasos hacia delante.

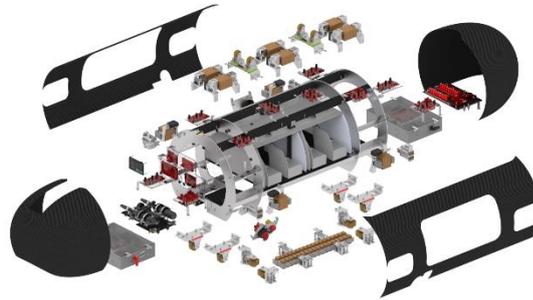


Ilustración- 2: Auran, séptimo prototipo de Hyperloop UPV

El año pasado el equipo consiguió implementar de manera exitosa un motor de inducción lineal. Con este motor es posible propulsar al prototipo sin necesidad de tocar ninguna superficie, de manera que se reduce considerablemente el rozamiento, aumentando la eficiencia energética.



Ilustración- 3: LIM, Linear Induction Motor

Este año el equipo ha mejorado el diseño del motor del año pasado, consiguiendo que sea más ligero y eficiente, pero la gran incorporación de este año es la levitación. A pesar de usar un motor de inducción lineal el año pasado mucha energía era disipada por el rozamiento de los sistemas de guiado con el medio. Este año con la levitación el prototipo es considerablemente más eficiente que el año pasado.

La levitación se consigue usando un sistema denominado HEMS, Hybrid Electromagnetic Suspension. Este sistema consta de dos grandes partes, unos imanes permanentes que se encargan de compensar el peso del prototipo, y una bobina alrededor de un yugo de acero, de manera que cuando se induce corriente eléctrica crea un campo magnético que en conjunto con los imanes permiten la levitación del prototipo.

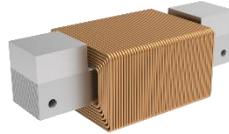


Ilustración- 4: HEMS

Para el guiado lateral se usan los EMS, Electromagnetics Suspension, que a diferencia de los HEMS solo cuentan con el yugo de acero y la bobina.



Ilustración- 5: EMS

Este año el prototipo viaja por dentro de una infraestructura tubular diseñada por el equipo. Dentro del tubo hay tres planchas, una superior y dos laterales. La superior es usada para que los HEMS se atraigan a ella y el prototipo pueda levitar y las laterales de igual forma para los EMS. Además, las planchas laterales se usan como superficie de contacto para frenar con los actuadores neumáticos.

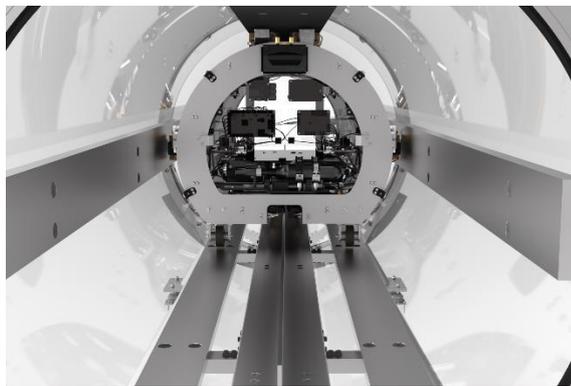


Ilustración- 6: Infraestructura



Ilustración- 7: Interior de una sección de la infraestructura

Por otra parte, y aprovechando que este año el prototipo presentando es el más escalable de todos los desarrollados, por la tecnología que incorpora y su forma, se ha incluido un diseño de interior a escala para que sea más fácil visualizar un medio de transporte real y no tan solo un prototipo.

2. Estudio de necesidades

El diseño de los actuadores neumáticos ha sido muy libre desde el primer momento, confiando plenamente en el autor desde dentro del equipo y siguiendo una metodología similar a la *Agile* para seguir el desarrollo del proyecto.

Al comienzo de la fase de diseño se plantearon las principales limitaciones que iba a tener el diseño de manera que se pudiera integrar de forma correcta en el prototipo. Por otra parte, se estudiaron los requerimientos de diseño de los actuadores para que permitan alcanzar los objetivos globales del prototipo.

2.1 Limitaciones

El gran objetivo del desarrollo de este año es conseguir que el prototipo levite tanto de forma pasiva como de forma activa, en estático y en movimiento.

Para que los HEMS consuman la menor energía posible el prototipo ha de pesar lo menos posible, de forma que los actuadores han de ahorrar todo el peso extra que pueda sobrar. Esto supone hacer una serie de iteraciones del diseño para ahorrar peso.

Por otra parte, los materiales ferromagnéticos han de evitarse en la medida de lo posible debido a que los actuadores se sitúan al lado de los EMS y una cantidad excesiva de este tipo de materiales podría crear perturbaciones en el campo electromagnético.

2.2 Requerimientos

Debido la infraestructura que presenta este año el equipo, un tubo de 20 metros, y al tiempo que dura la demostración del prototipo, 6 segundos, ha de ser capaz de reducir su velocidad de 30 km/h a 0 km/h en torno a 1 segundo.

Para poder conseguir este objetivo es vital tener en cuenta el peso del prototipo final y la fuerza de frenado de los actuadores, para ello se supone una fuerza de frenado de 1000 N y un peso del prototipo que varía desde los 90 kg hasta los 200 kg. Esta diferencia es debida que a principio de año no se conocía exactamente el peso final del prototipo.

Tabla 1: Cálculos de tiempo de frenado

Peso(kg)	Gs	Gs*gravedad	Tiempo frenado	Dist.frenado
90	1,19	11,67	0,71	2,97
100	1,07	10,51	0,79	3,30
110	0,97	9,55	0,87	3,64
120	0,89	8,76	0,95	3,97
130	0,82	8,08	1,03	4,30
140	0,77	7,51	1,11	4,63
150	0,71	7,00	1,19	4,96
160	0,67	6,57	1,27	5,29
170	0,63	6,18	1,35	5,62
180	0,60	5,84	1,43	5,95
190	0,56	5,53	1,51	6,28
200	0,54	5,25	1,59	6,61

Como se puede observar hasta los 140 kg se frena aproximadamente en 1 segundo, por suerte, el sistema de frenado no es el único que depende del peso, de manera que durante todo el desarrollo del prototipo el peso ha sido muy controlado. Al final del desarrollo de este el peso final es de unos 120 kg aproximadamente.

$$Gs = \frac{F}{\frac{9,81}{Peso}} \quad (1)$$

$$Gs * gravedad = Gs * 9,81 \quad (2)$$

$$Tiempo frenado = \frac{Vmáx}{Gs * gravedad} \quad (3)$$

$$Dist. frenado = T. frenado * Vmáx - 0,5 * Gs * gravedad * T. frenado^{0,5} \quad (4)$$

La velocidad máxima supuesta es de 30 km/h y para los cálculos se ha usado 8,33 m/s. Esta velocidad es la usada para el diseño de todos los sistemas del prototipo.

Por otra parte la EHW pide que todos los sistemas presentados tengan como mínimo un factor de seguridad de 2 en su situación límite, la de máximo estrés. Este requerimiento se ha de tener en cuenta junto a la limitación del peso.

El año pasado el equipo diseñó de igual forma que este unos actuadores neumáticos para frenar al prototipo. Estos actuadores eran de tipo pinza, muy complejos y con demasiados componentes, lo que dificultó mucho su montaje y más adelante impidió el buen deslizamiento de unas guías que incorporaba. Este año se ha intentado reducir al máximo posible la complejidad del diseño pero sin perder especificaciones de diseño.

Por último, se ha de asegurar una frenada estable y segura en todo momento, sino el diseño de estos actuadores no tendría sentido alguno.

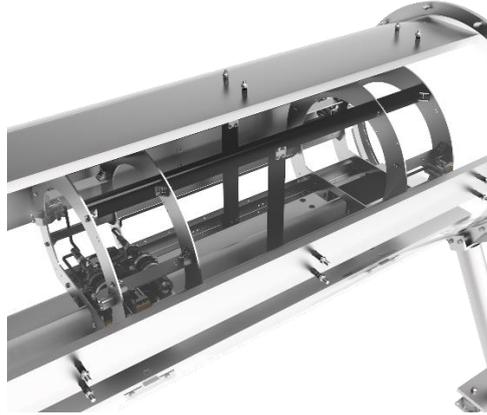


Ilustración- 8: Posición de los actuadores en Auran

3.Soluciones y alternativas

Una vez definidos los requisitos y las limitaciones principales del diseño surgen diversas propuestas para llevar a cabo el cometido.

Es de vital importancia analizar cada una de ellas detenidamente, evaluando tanto sus ventajas como desventajas para poder escoger la opción que mejor se adapte a la situación y necesidades del equipo.

Como se puede ver en el punto 1.2 este año el equipo ha desarrollado una infraestructura totalmente renovada respecto a la de años anteriores y con un concepto muy escalable. Dentro de la infraestructura hay 3 planchas de acero, 2 de las cuales se usan para frenar.

Surgen diversas dudas acerca de como plantear el diseño del actuador para que sea lo más eficiente posible y cumpla con todos los requerimientos:

- Superficie de frenado
- Freno de garra
- Freno de arrastre
- Sistema hidráulico
- Sistema neumático
- Sistema eléctrico

3.1 Tipo de freno

Antes de pensar como ha de ser el actuador es de vital importancia tener en cuenta la superficie de contacto para la frenada ya que esta va a definir el tamaño del actuador, dependiendo de donde se monten los actuadores en el prototipo, y el tipo de freno que se diseñe, de garra o de arrastre.

El freno de garra es un concepto muy común hoy en día, todos los vehículos a motor utilitarios lo incorporan, motocicletas y coches. Generando fricción por ambas caras de un disco metálico consiguen disipar la energía cinética y frenar al vehículo. Por otra parte, el freno de arrastre tan solo fricciona contra la superficie de frenado por un único lado.



Ilustración- 9: Freno de tipo arrastre

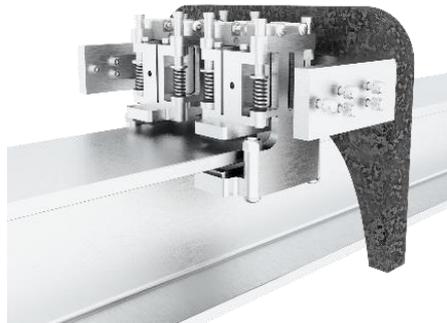


Ilustración- 10: Freno de tipo garra

Existen diferentes superficies contra las que frenar, la plancha de acero superior, las planchas de acero laterales o el raíl de aluminio que se encuentra en la parte inferior del tubo de la infraestructura.

En caso de frenar contra el raíl se pueden usar tanto los frenos de garra como los de arrastre, la única diferencia es si incorporar 2 o 4 actuadores. En caso de incorporar 2 actuadores han de ser de tipo garra, lo que complica mucho su diseño, aunque este reto ya se afrontó el año pasado el equipo, y en caso de incluir 4 han de ser tipo arrastre.

Para frenar contra el raíl han de ir situados en la parte inferior del chasis, donde el mayor inconveniente es el espacio, ya que es donde se encuentra el motor de inducción lineal, y a pesar de haber reducido su tamaño considerablemente ocupa la gran mayoría del espacio inferior.

Si se frenase contra la plancha superior los frenos no podrían ser de arrastre, porque al frenar impulsarían al prototipo hacia abajo en vez de frenarlo, de manera que tienen que ser de tipo de garra. El mayor inconveniente es el espacio que queda libre entre la plancha superior y el tubo, es muy pequeño.

Con las planchas laterales pasa algo similar con la superior. Si se incorporan los frenos de garra hay muy poco espacio para que quepa parte del actuador entre la plancha y el tubo, sin embargo, si se pueden incluir los frenos de arrastre.

Teniendo toda esta información en cuenta se toma la decisión de usar las planchas laterales como superficie de frenado y usar frenos de tipo arrastre debido a que hay espacio suficiente en el prototipo para alojar a los frenos y se puede conseguir una frenada estable añadiendo 4 actuadores de manera simétrica en el prototipo.

3.2 Sistema de activación

Hay diferentes métodos de activación del sistema de frenado, es importante escoger uno que se adapte al tamaño y necesidades del prototipo, al igual que a los requerimientos del sistema en sí. Tres tipos de sistemas se han tenido en cuenta para esta labor, neumático, hidráulico y eléctrico.

Un actuador eléctrico bien puede ser un pistón lineal accionado mediante un motor eléctrico y que mediante un sistema de transmisión se alcancen los valores de fuerza y de velocidad necesarios para que el actuador satisfaga los requerimientos.

El sistema hidráulico es muy similar al que utilizan los vehículos de calle. Consta de un tanque donde almacenar el líquido y mediante un vástago introducir presión en el sistema que se transmite al actuador, el cual también es un actuador lineal.

El método neumático se parece mucho al hidráulico, en un tanque se almacena aire a presión y mediante un sistema neumático se consigue reducir la presión desde los tanques hasta el actuador, donde llega la presión deseada para desplazar de nuevo a un actuador lineal.

Cada uno de estos sistemas tiene tanto sus ventajas como sus desventajas, sin embargo, hay que tener en mente ciertos conceptos para elegir el sistema correcto. A principio de año a parte del requerimiento de ejercer unos 1000 N de fuerza de frenado neta, los actuadores debían de tener una carrera de unos 100 mm, lo que descartaba automáticamente a los actuadores hidráulicos.

Si se observa un freno de un coche o de una moto convencional se puede ver como la carrera máxima de estos es de apenas unos milímetros. Para alcanzar un desplazamiento de 100 mm sería necesario un tanque de gran volumen, mucho peso, y no sería nada fácil alcanzar una velocidad de activación del actuador tal que se cumpliera el tiempo de frenado requerido de 1 segundo.

De esta forma 2 opciones siguen siendo posibles, eléctrico o neumático. Dado que el equipo lleva usando ya varios años los actuadores neumáticos hay una gran experiencia acumulada y mucha información. El año pasado el equipo dio el paso delante de desarrollar sus propios actuadores en vez de comprarlos, de forma que es seguro que se puede asegurar la estanqueidad de los mismos y que se pueden cumplir los requisitos.

Por otra parte, con un sistema neumático se puede alcanzar la carrera máxima deseada y rápidamente debido a la velocidad del aire. Además, variando entre la superficie de contacto entre el émbolo y el aire, y la presión del mismo es muy sencillo calcular la fuerza del actuador. Son por estas razones por las que se escoge el sistema neumático.

De esta forma el actuador queda definido como un freno de arrastre de activación neumática.



Ilustración- 11: Sistema neumático de Auran

4. Desarrollo de la solución

La solución planteada se basa en un actuador con un cuerpo principal, la cámara, donde se alberga el émbolo. El aire a presión entra en la cámara empujando al émbolo, al cual está unida la placa de las pastillas de freno. Se ha añadido un sistema de guías para mantener en todo momento la misma posición entre la placa de las pastillas y la cámara, además de un sistema de retorno mediante muelles. El actuador en sí se puede ver en la siguiente imagen:



Ilustración- 12: Actuador neumático de Auran

Las principales características del actuador son:

- Diámetro del pistón: 40 mm
- Máximo desplazamiento del émbolo: 40 mm
- Presión de trabajo: 8 bar
- Fuerza del actuador a 8 bar: 1005.31 N
- Constante de rigidez de los muelles: 1.36 N/mm
- Coeficiente de fricción: 0.37
- Fuerza final del actuador con muelles: 262.68 N
- Fuerza total: 1050.74 N
- Distancia de frenado: 3.94 m
- Fuerza de deceleración: 0.89 gs

A continuación se desarrolla todo el diseño de los actuadores, desde los cálculos hasta el motivo y justificación de cada una de sus partes. Se mostrarán las simulaciones realizadas para validar de manera preliminar el diseño y a continuación los *tests* realizados para validar de forma real el diseño.

4.1 Idea de desarrollo

Una vez queda claro el concepto del actuador se procede a comenzar a darle forma. De esta forma se piensa en un actuador neumático de un solo émbolo. El émbolo debe ir albergado en una cámara, donde entrará el aire a presión empujando al émbolo hacia el exterior.

El émbolo llevará acoplado una placa donde se situarán las pastillas de freno, los elementos encargados de generar la fricción necesaria para frenar. Es muy importante comprobar que la dureza de las pastillas es menor que la de la plancha de acero lateral, de lo contrario se dañaría la plancha. En uno de los *tests* se comprobará esta característica.

Se ha de incorporar un sistema de guiado de manera que se rigidice el conjunto y el émbolo no se pueda desviar o girar bien durante la extensión o contracción de este o durante la frenada.

Para el retorno, cuando se deje de inyectar aire a presión, se añadirá un sistema de muelles a tracción en cada actuador para que almacenen energía cuando se está frenando y una vez se deje de frenar transformen esta energía en movimiento para volver a la posición de retorno.

4.2 Cálculos para el predimensionado

Con el fin de poder ejercer 1000 N de fuerza de frenado neta cada actuador ha de ejercer una fuerza mayor de 250 N ya que este valor se reparte entre los 4 actuadores y se ha de tener en cuenta el coeficiente de fricción de las pastillas de freno que se van a utilizar.

De esta forma la fuerza total de frenado de frenado quedará como:

$$\text{Fuerza total} = \text{Fuerza unitaria} * \text{Coeficiente de fricción} * N^{\circ} \text{ actuadores} - \text{Pérdidas} \quad (5)$$

Para poder comenzar con el cálculo de la fuerza unitaria es de vital importancia conocer el valor del coeficiente de fricción de las pastillas de freno. Para esta situación se van a utilizar pastillas de freno de motocicleta del material compuesto XRAC. El año pasado las mismas pastillas fueron usadas y testeadas, obteniendo un coeficiente de fricción de 0.37, valor que se va a usar para los cálculos. Este valor será calculado de nuevo este año en uno de los *tests*.

Tras varias iteraciones del diseño de la infraestructura, del chasis y de la posición de los actuadores en él, la carrera se redujo de 100 a 35 mm. Esta reducción es muy considerable y ayudará a rebajar los esfuerzos que aparezcan durante la frenada y el tamaño de los actuadores.

Para el sistema de retorno se incorporan 2 muelles por actuador. Estos muelles tendrán una precarga de 5 mm de forma que almacenen cierta energía que mantenga todo el conjunto del actuador cerrado mientras no se frena. Estos muelles representan las pérdidas de la expresión anterior.

$$\text{Pérdidas} = 8 * \text{Constante elástica} * (\text{Precarga} + \text{Carrera}) \quad (6)$$

Los muelles se escogen de forma comercial adecuándose a las necesidades del diseño, longitud, hilo, diámetro interior y exterior, y constante de rigidez. Este valor se fija en 1.366 N/mm.

Utilizando las 2 expresiones anteriores, 5 y 6, y conociendo el valor de la fuerza total deseada se puede calcular el valor de fuerza unitaria.

$$\text{Fuerza unitaria} = \frac{\text{Fuerza total} + \text{Pérdidas}}{\text{Coeficiente de fricción} * N^{\circ} \text{ actuadores}} \quad (7)$$

$$\text{Pérdidas} = 8 * 1.366 * (5 + 35) = 54.64 \text{ N} \quad (6)$$

$$\text{Fuerza unitaria} = \frac{1000 + 54.64}{0.37 * 8} = 356.30 \text{ N} \quad (7)$$

Conociendo este valor hay que buscar unos valores de presión y de superficie del émbolo de manera que la fuerza resultante multiplicada por el coeficiente de fricción se aproxime al valor de la fuerza unitaria.

Cuanto menor sea el área del émbolo más pequeño será el actuador y por tanto menos peso, por contrapartida ha de soportar las mismas cargas independientemente del tamaño. Y por otra parte la presión no puede ser ilimitada por temas de seguridad y por sobrepresión dentro del actuador, además de que sería más difícil asegurar la estanqueidad del conjunto.

El sistema neumático de este año está preparado para sacar una presión máxima de 10 bar, por no llegar al límite del mismo se fija la presión de trabajo en 8 bar, esto fija la superficie del émbolo a un círculo de diámetro de 40 mm, de manera que:

$$\text{Fuerza unitaria} = \text{Área} * \text{presión} * \text{Coeficiente de rozamiento} \quad (8)$$

$$\text{Área} = \frac{d^2 * \pi}{4} = (40 * 10^{-3})^2 * \frac{\pi}{4} = 0.0012566 \text{ m}^2 \quad (9)$$

$$\text{Fuerza unitaria} = 0.0012566 * 8 * 10^5 * 0.37 = 371,96 \text{ N} \quad (8)$$

Con estos valores se supera ligeramente el valor mínimo de fuerza unitaria necesaria para cumplir los requisitos de fuerza de frenado y de tiempo.

4.2 Émbolo

La principal función del pistón es transmitir la fuerza generada por el aire a presión a las pastillas de freno.

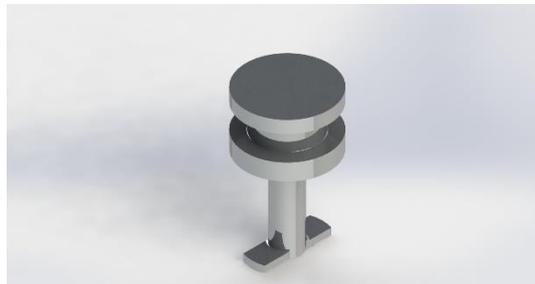


Ilustración- 13: Émbolo del actuador

El pistón está diseñado de tal manera que la cara superior es un círculo de diámetro 40 mm, valor necesario para conseguir la fuerza unitaria necesaria para el frenado. Como se puede ver el émbolo tiene un cambio de sección muy significativo, pasa de diámetro 40 mm a 13 mm, esto se debe a la reducción de peso. El valor de diámetro 13 mm no es aleatorio, sino que ha sido optimizado por un proceso iterativo de simulaciones, hasta alcanzar un valor lo suficientemente pequeño para conseguir un factor de seguridad mínimo de 2.

En la parte inferior el émbolo tiene un orificio roscado para que se pueda unir a la placa donde están albergadas las pastillas de freno. Francisco Galindo, trabajador de la empresa SMC, nos recomendó que los émbolos es mejor que tengan cierto grado de flexibilidad, ya que de lo contrario rigidizan mucho a los actuadores, es por eso por lo que el émbolo tan solo va unido a la placa por un único tornillo. Las 2 alas en la parte inferior se añaden para repartir de forma más homogénea la fuerza sobre la placa.

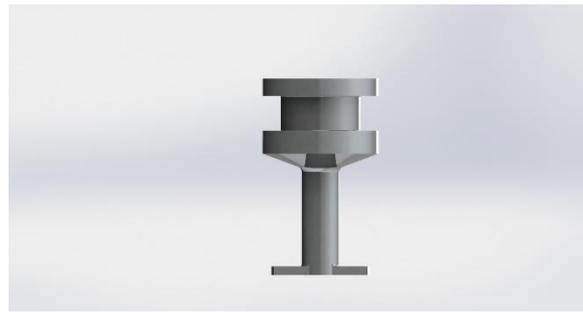


Ilustración- 14: Vista frontal del émbolo

En la parte superior el émbolo tiene una ranura hecha a medida para añadir una junta de simple efecto para pistones neumáticos, modelo DK105. Esta junta cuenta con un labio de estanqueidad redondeado, lo que facilita el paso de la película de aceite lubricador, mientras que mantiene la estanqueidad del conjunto completo.

Para la construcción del émbolo se ha elegido usar el aluminio 7075-T6 por sus buenas características mecánicas y su bajo peso. Con una densidad de 2800 kg/m^3 consigue tener una resistencia muy similar a la de un acero, pero pesando casi 3 veces menos.

4.3 Placa

La función principal de este componente es albergar las pastillas de freno, aunque es cierto que desempeña otras funciones, principalmente de unión de componentes.



Ilustración- 15: Placa de frenado vista en picado

Como se puede ver en la anterior figura la placa tiene diferentes orificios para unir la gran mayoría de componentes del conjunto. De manera simétrica en los extremos se encuentran 3 orificios usados para unir las guías a la placa. En el centro hay un orificio para atornillar el émbolo a la placa. Por último, se encuentra un pequeño orificio arriba/debajo de la placa para situar un pequeño imán.

Este imán se usa como detector para un sensor de tipo *reed*. Este sensor se coloca en el cuerpo principal, la cámara, su funcionamiento es de tipo capacitivo, es decir, se activa o desactiva en función de la presencia o no de un imán. La idea es fijar al sensor a la cámara a una distancia tal que cuando el actuador esté en reposo el sensor mande una señal de activación. Al activarse el actuador el imán se aleja del sensor y este se apaga, mandando una señal de desactivación. Esta señal se usa por razones de seguridad, para saber en todo momento cuantos actuadores hay en reposo o activados.

La forma que tiene la placa no es una cualquiera, sino que es la mínima para albergar a todos los componentes y sellar a la cámara cuando el actuador se encuentra en posición de reposo.

Por de bajo de la placa se han mecanizado unos espacios para albergar las pastillas de freno como se puede ver en la siguiente imagen. Todos los orificios de los tornillos por debajo tiene un avellanado de manera que las cabezas de los tornillos queden a ras de la placa y no interfieran con la frenada, aunque al añadir las pastillas de freno se añade un margen de seguridad.

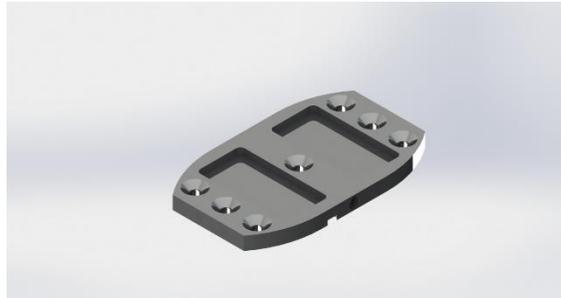


Ilustración- 16: Placa de frenado vista en contra picado

La placa tiene un espesor de 6 mm, y los vaciados para albergar las pastillas de freno tienen un espesor de 3 mm. Estos valores se han obtenido mediante un proceso iterativo de diseño simulando con el software ANSYS.

Por último, a ambos lateral de la placa se han mecanizado unos orificios roscados de M5 para añadir los soportes del sistema de retorno del actuador. De igual forma que el émbolo, este componente se ha fabricado en aluminio 7075-T6.

4.4 Cámara

La cámara es sin lugar a duda el componente más complejo de todo el actuador debido a que tiene albergar al émbolo, aguantar el aire a presión, unirse al chasis del prototipo e incorporar el sistema de guiado. Una primera impresión de la cámara se puede ver en la siguiente figura.



Ilustración- 17: Vista delantera de la cámara

Las dimensiones principales de la cámara son tales que el émbolo quepa dentro de ella y que al extenderse en su carrera máxima ninguna parte de la junta tórica que tiene el émbolo quede expuesta al exterior, siempre se mantenga dentro de la cámara por razones de seguridad y asegurar el buen retorno de este.

Como se puede ver en la ilustración anterior, la 17, la cámara tiene un par de orificios mecanizados y roscados al igual que la placa para añadir el sistema de retorno del actuador. Debajo de uno de ellos y como se puede ver en la figura anterior hay un orificio más, donde se añade un racor M5 de conexión rápida para conectar el circuito del aire y que pueda entrar dentro de la cámara.

La cámara por dentro tiene la suficiente altura para que cuando el émbolo se encuentre totalmente recogido quede un espacio libre entre el techo interior de la cámara y la parte superior del émbolo. El anterior orificio, por donde entra el aire, está situado justo a mitad de este *gap* que existe, de esta forma se asegura la correcta entrada del aire en la cámara.

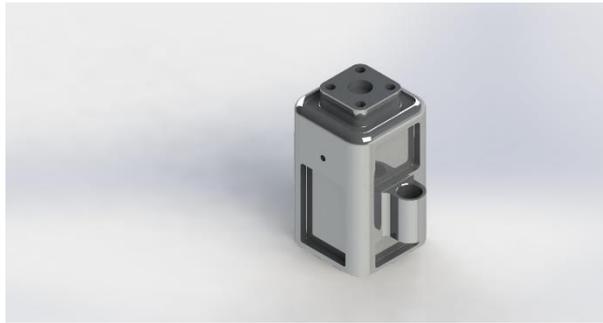


Ilustración- 18: Vista trasera de la cámara

Como se puede ver en la ilustración 18, la cámara tiene un ranurado en su parte delante donde se coloca el sensor *reed* del que antes se ha hablado. Con esta ranura se consigue ajustar la distancia que necesita el sensor para detectar el imán, además de aligerar un poco el peso.

A los laterales de la cámara se encuentra el sistema de guiado. Por dentro de estos 2 salientes pasan las guías que harán que todo el conjunto se encuentre siempre en la misma posición. Estos laterales están optimizados al máximo, tanto es espesor, como en altura y cuanto sobresalen de la cámara para asegurar en todo momento la seguridad del actuador y aligerar el peso al máximo.

En la parte superior de la cámara se ha añadido un saliente con 4 orificios roscados para añadir el soporte que unirá todo el actuador al chasis, como se puede ver en la ilustración 18. Todo el cuerpo está lleno de vaciados, en la parte superior, laterales, delante y detrás para optimizar al máximo el peso ya que es el componente más pesado de todo el conjunto. De igual forma que los anteriores componentes están contruidos en aluminio 7075-T6.

4.5 Guías

Como se puede ver en la ilustración 19, el conjunto de las guías está formado por 3 componentes, el soporte de la guía que une la guía a la placa, la guía en sí, y un tope para limitar el desplazamiento de la guía.



Ilustración- 19: Conjunto del guiado

El soporte de la guía es de vital importancia para asegurar un buen contacto entre la placa y la guía. Un primer tornillo atraviesa la placa, el soporte de la guía y se introduce en la misma guía. Este tornillo va por el orificio central de los 3 que se pueden ver en la ilustración 19. A continuación, los dos orificios laterales unen la placa con el soporte directamente.

Una vez la guía está unida a la placa se puede introducir por el orificio que incluye la cámara para las guías, como se puede ver en la ilustración 12. Para que cuando el émbolo llegue a su carrera máxima no se salga de la cámara se añaden los tapones de las guías, el elemento superior que se puede ver en la ilustración 19.

La longitud de la guía es tal que al desplazarse el émbolo 40 mm los tapones de las guías, que van roscados a las mismas, chocan con los orificios de las guías en la cámara impidiendo que el conjunto se desplace más.

El diámetro final de las guías, 12 mm, ha sido determinado mediante un proceso iterativo de simulaciones de nuevo. Tanto el tapón como el soporte de la guía están contruidos en aluminio 7075-T6, mientras que la guía es de acero cromado. La guía es de un material diferente debido a que va a soportar grandes esfuerzos de flexión durante la frenada, además de que para conseguir un buen deslizamiento con la cámara no puede ser el mismo material, sino el coeficiente de fricción sería demasiado grande y no se conseguiría un desplazamiento suave. El año pasado la cámara y las guías se fabricaron con los mismos materiales que este año y se comprobó el buen deslizamiento de estos 2 materiales.

4.6 Sistema de retorno

El sistema de retorno consiste en 2 muelles de tracción anclados a la cámara, parte fija, y a la placa, parte móvil, de manera que cuando se extiende el conjunto estos almacenan la energía suficiente para devolver al sistema a su posición de reposo cuando se deja de inyectar aire a presión en la cámara. El sistema se puede ver en la siguiente figura:



Ilustración- 20: Conjunto del sistema de retorno

Como ya se sabe, uno de los soportes del muelle va roscado en la cámara y el otro en la cámara, el muelle uno los 2. Dos de estos sistemas se incluyen por actuador.

Como el desplazamiento máximo de los muelles está limitado a la carrera máxima del émbolo, la única variable que permite variar la energía que almacenan los muelles es su constante de rigidez. Un valor inicial de 1.366 N/mm fue escogido, debido a la experiencia dentro del equipo, aunque más adelante en el test de fugas y sobrepresión se comprobará el buen retorno del conjunto. Además, no solo se han comprado estos muelles, sino que se han comprado 2 modelos más para ajustar el buen retorno del émbolo.

Debido a la pequeña sección transversal de los soportes de los muelles y a la fuerza que tienen que soportar no ha sido posible construirlos en aluminio como la mayoría de los componentes, sino que se ha tenido que usar un acero inoxidable.

4.7 Soporte al chasis

Una vez queda definido todo el actuador queda unirlos al chasis es por ello por lo que se diseña un soporte, para no modificar demasiado el diseño final del actuador y que sea el soporte el que se adecue a la posición que tiene que llevar el actuador en el chasis.



Ilustración- 21: Soporte al chasis

El chasis está compuesto principalmente de 2 elementos, los largueros, tanto de aluminio como de fibra de carbono, y las costillas, los 4 elementos circulares de aluminio que se pueden ver en los extremos del chasis en la ilustración 22.

El soporte del actuador lleva 2 orificios para unir a las costillas de los extremos, estos orificios están en diagonal para optimizar al máximo el volumen del soporte. Como se puede ver en la ilustración 22, el actuador queda entre 2 costillas, sin embargo, el soporte queda a un lado y al otro de una costilla, esto es así para dar suficiente espacio entre las 2 costillas para el actuador y el EMS que va situado al lado de cada actuador, y por eso la curva que tiene el soporte en el medio del cuerpo, para salvar a la costilla.

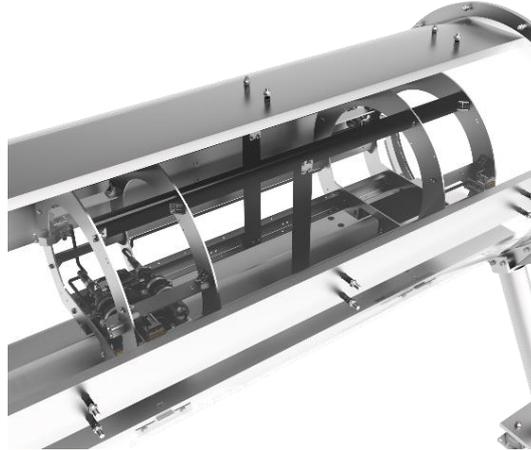


Ilustración- 22: Posición de los actuadores en el chasis

Por la otra parte del soporte hay 4 orificios para unir el soporte al cuerpo de la cámara del actuador. Las dimensiones del soporte están ajustadas de manera que lateralmente el actuador tenga espacio suficiente para añadir el racor que introduce el aire en la cámara y dejar espacio suficiente para el EMS. De tal forma, la dimensión transversal es tal que la placa del actuador quede a 35 mm de la plancha lateral de la infraestructura.

Como se puede ver en la ilustración 21, el soporte lleva muy pocos vaciados ya que sus dimensiones están muy ajustadas a las tensiones que sufre. Es de remarcar que es el único componente que no es simétrico cuando se coloca en el chasis, esto produce que las tensiones que sufre cuando el prototipo viaja en un sentido sean distintas a cuando el prototipo viaja en el sentido contrario, lo que ha complicado su diseño ya que cuando sufre a tracción las tensiones son mucho más elevadas, como se verá adelante en las simulaciones. De igual forma se ha usado el aluminio 7075-T6 para su construcción.

4.8 Simulaciones

Los componentes mostrados a lo largo del punto 4 han pasado por un largo proceso iterativo para determinar la geometría y sus dimensiones más adecuadas para llevar a cabo labor de frenar el prototipo bajo las condiciones deseadas.

A la hora de estudiar los requerimientos que ha de satisfacer el actuador este ha de cumplir tanto con un factor de seguridad mínimo exigido por la competición, como con una deformación máxima. La deformación máxima ha de ser tal que si el prototipo frena estando levitando la distancia entre la parte superior de la pastilla de freno y la plancha lateral sea mayor a la deformación máxima.

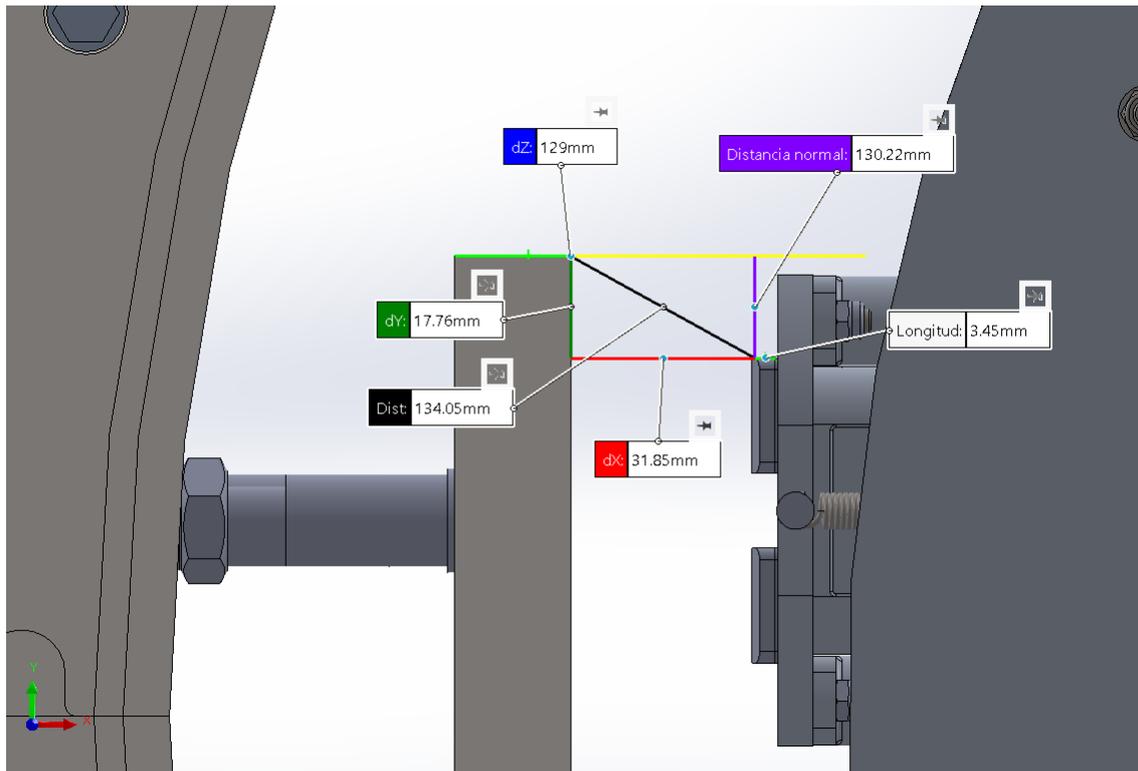


Ilustración- 23: Distancias plancha lateral-actuador

Como se puede ver en la ilustración 23, hay una distancia vertical de 17.76 mm, sabiendo que el prototipo levita como máximo 12 mm eso deja una distancia vertical de 5.76 mm, de esta forma la deformación máxima admisible en la simulación de todo el actuador ha de ser menor a ese valor. Obviamente este valor solo refleja las condiciones de operación, también es necesario considerar una deformación máxima de forma que ningún componente entre en deformación plástica.

Las cargas que se aplican son las siguientes:

- Fuerza de frenado: 250 N
- Presión dentro de la cámara: 10 bar
- Fuerza creada por el aire a presión: 1900 N
- Fuerza de los muelles: 55 N

No a todas las piezas se les ha aplicado las mismas cargas, en cada caso en concreto se explicarán las cargas aplicadas y el motivo de porqué se aplican, además de cual es la deformación máxima admitida en cada caso. El factor de seguridad mínimo ha de ser de 2.

Primero se simulan todos los componentes por separado y se comprueba que cada uno de ellos resiste de forma segura, obteniendo un factor de seguridad mínimo de 2, a las cargas aplicadas. Más adelante se simula el actuador completo para comprobar la distribución de tensiones, la deformación máxima y el factor de seguridad.

4.8.1 Émbolo

Para el émbolo se han aplicado las fuerzas de frenado y la presión generada por el aire a presión como se puede ver en la siguiente figura.

A: Static Structural
 Static Structural
 Time: 1, s
 21/01/2022 16:48

- A** Fixed Support
- B** Displacement
- C** Pressure: 1, MPa
- D** Remote Force: 250, N

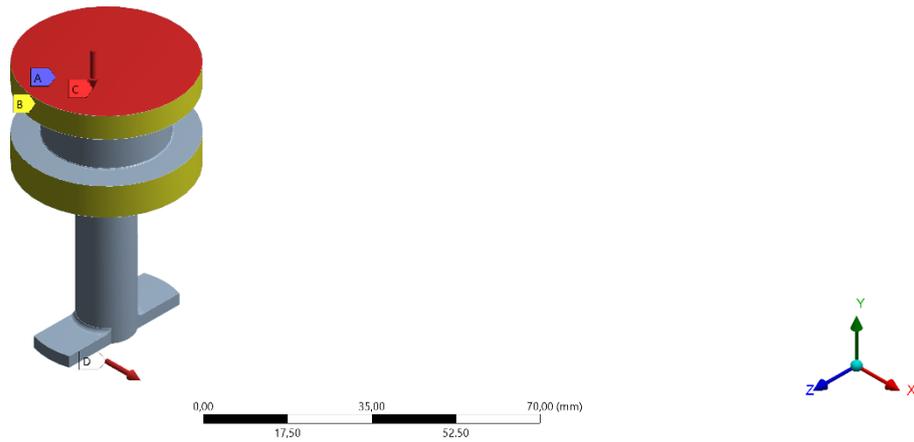


Ilustración- 24: Condiciones de contorno simulación émbolo

La presión del aire, 10 bar, se ha aplicado sobre la cara superior ya que es la única que se va a someter a ella en todo momento, durante la expansión y en el desplazamiento máximo. La fuerza de frenado se ha aplicado sobre la cara inferior ya que la placa transmitirá la fuerza al émbolo comenzando por esa cara.

Por otra parte, se ha restringido el movimiento en los ejes Z y X en las caras marcadas en amarillo debido a que estas caras siempre van a estar dentro de la cámara y se ha restringido completamente el movimiento, 3 direcciones y 3 giros, en la cara superior. Esto se hace para conseguir que la simulación converja, de lo contrario el émbolo se desplazaría en el sentido negativo del eje Y en la simulación. Los resultados obtenidos son los siguientes:

A: Static Structural
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1
 21/01/2022 16:48

75,663 Max
 67,256
 58,849
 50,442
 42,035
 33,628
 25,222
 16,815
 8,4076
0,00068733 Min

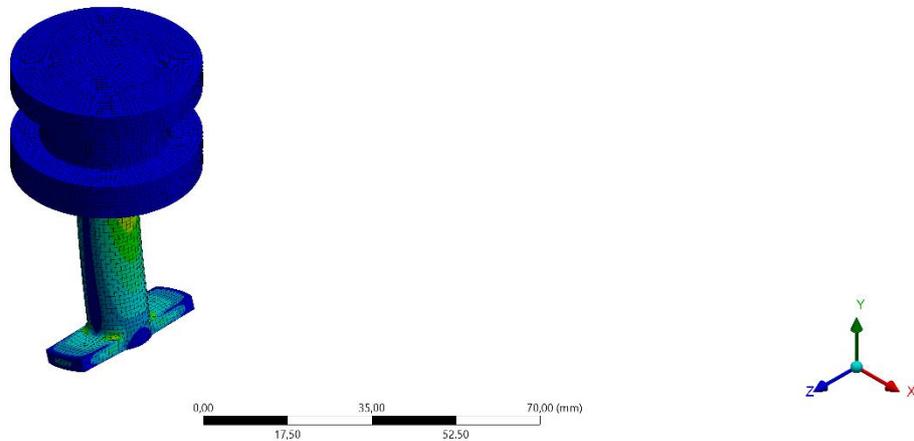


Ilustración- 25: Distribución de tensiones émbolo

A: Static Structural
 Safety Factor
 Type: Safety Factor
 Time: 1
 21/01/2022 16:48

15 Max
 10
 2,7094 Min
 0

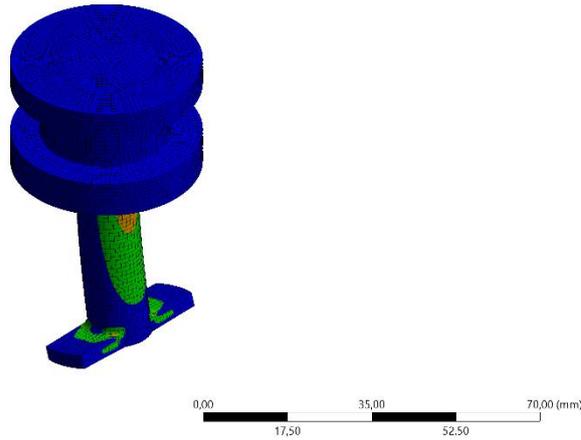


Ilustración- 26: Factor de seguridad émbolo

4.8.2 Placa

Para la placa se han aplicado las siguientes fuerzas: fuerza de frenado, fuerza creada por el aire a presión y fuerza de los muelles del sistema de retorno. Las condiciones de contorno se pueden ver en la siguiente imagen.

A: Static Structural
 Static Structural
 Time: 1, s
 21/01/2022 16:51

A Fixed Support
 B Displacement
 C Force: 1900, N
 D pads: 300, N
 E muelles 1: 55, N
 F muelles 2: 55, N

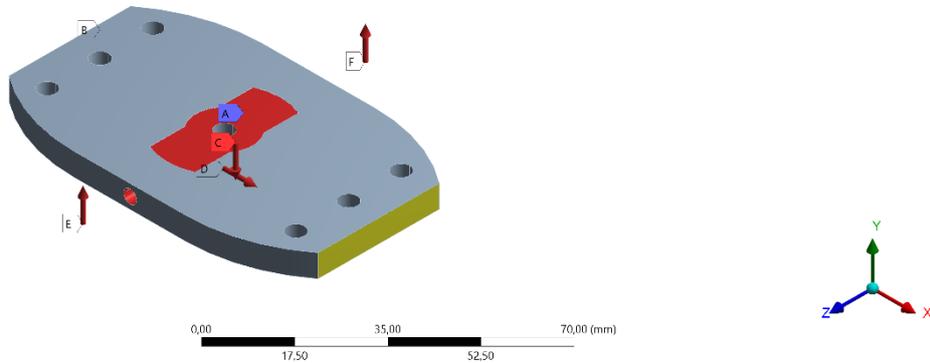


Ilustración- 27: Condiciones de contorno simulación placa

La fuerza de frenado se ha aplicado como una *remote force* sobre las caras donde asientan las pastillas de freno y a una distancia tal que simula la altura las pastillas de freno. La fuerza C representa la fuerza que le transmite el émbolo cuando está sometido a una presión de 10 bar, superior de la nominal. El cálculo de la fuerza C se realiza con la siguiente expresión:

$$F = P * A (10)$$

Donde P es la presión, 10 bar, y A es el área de la cara inferior del émbolo, la cual se puede ver en rojo en la ilustración 27.

Las fuerzas E y F representan la fuerza que van a transmitir los muelles a la placa cuando estén traccionados al máximo. Se ha aplicado una restricción de movimiento a la cara amarilla y a su simétrica en los ejes Z y X ya que las guías lo van a impedir y por último una restricción total del movimiento en la cara C para que la simulación converja. Los resultados obtenidos son los siguientes:

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
21/01/2022 16:52

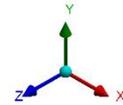
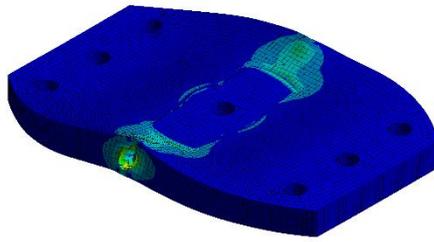
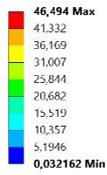


Ilustración- 28: Distribución de tensiones placa

A: Static Structural
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1
21/01/2022 16:52

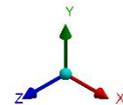
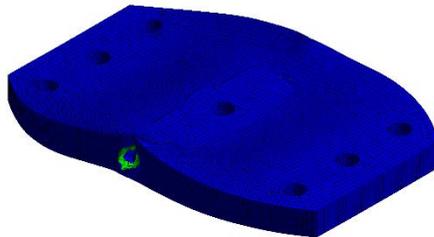


Ilustración- 29: Factor de seguridad placa

4.8.3 Cámara

En la simulación del cuerpo principal se han aplicado las 2 fuerzas más importantes, la de frenado y la presión del aire como se puede ver en la siguiente imagen:

A: Static Structural
Static Structural
Time: 1, s
21/01/2022 16:40
A Fixed Support
B Pressure: 1, MPa
C Remote Force: 300, N

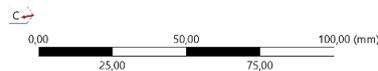
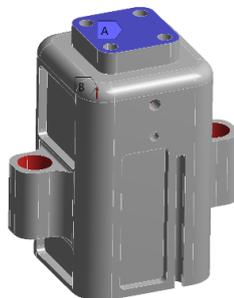


Ilustración- 30: Condiciones de contorno simulación cámara

La fuerza de la presión se ha aplicado sobre las caras internas de la cámara que son las únicas que de toda la pieza que la van a sufrir. Por otra parte, la fuerza de frenado se ha aplicado de nuevo como una *remote force* sobre las caras internas de las guías que es por donde se transmitirá esta fuerza a la cámara. Se aplica como una *remote force* y no como una fuerza sobre las caras directamente ya que, si no se perdería el flector que genera esta fuerza, en esta simulación y en todas en las que se aplica la fuerza de frenado.

Se ha restringido en movimiento en todas las direcciones en la cara superior ya que es donde se va a unir la cámara al soporte del chasis y para hacer converger a la simulación. Los resultados obtenidos son los siguientes:

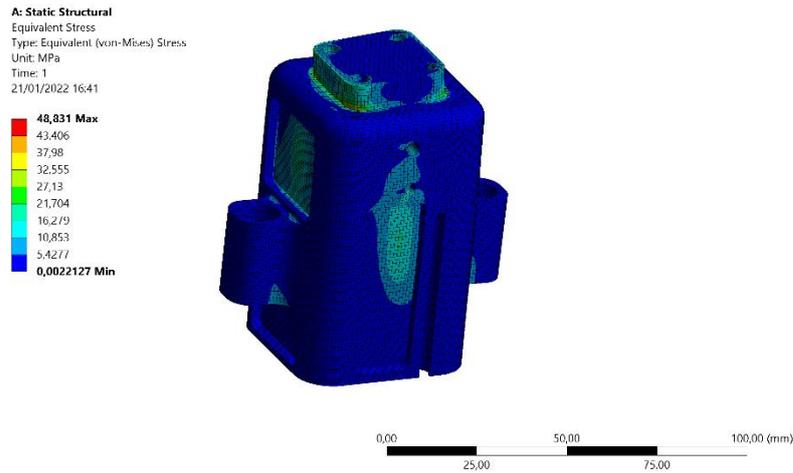


Ilustración- 31: Distribución de tensiones cámara

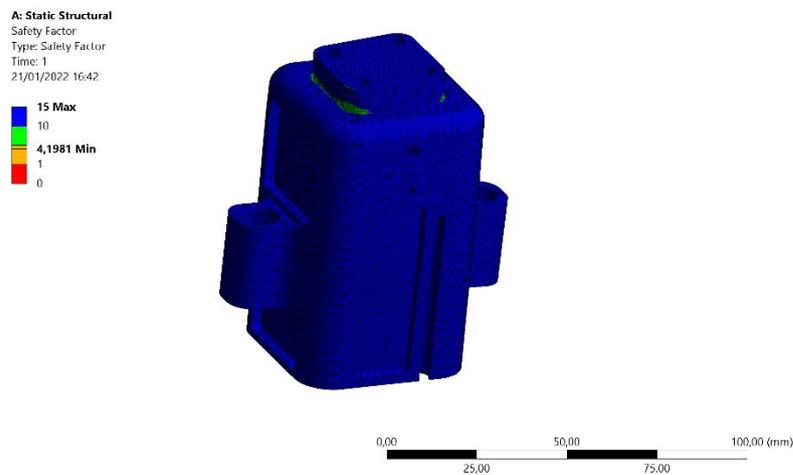


Ilustración- 32: Factor de seguridad cámara

4.8.4 Guías

Para las guías se han empleado las fuerzas de frenado y la fuerza de compresión que genera el pistón sobre la placa, que en este será de tracción a las guías, como se puede ver en la siguiente imagen:

A: Static Structural

Static Structural
Time: 1, s
21/01/2022 16:59

- A** Remote Force: 250, N
- B** Remote Force 2: 1000, N
- C** Fixed Support
- D** Displacement

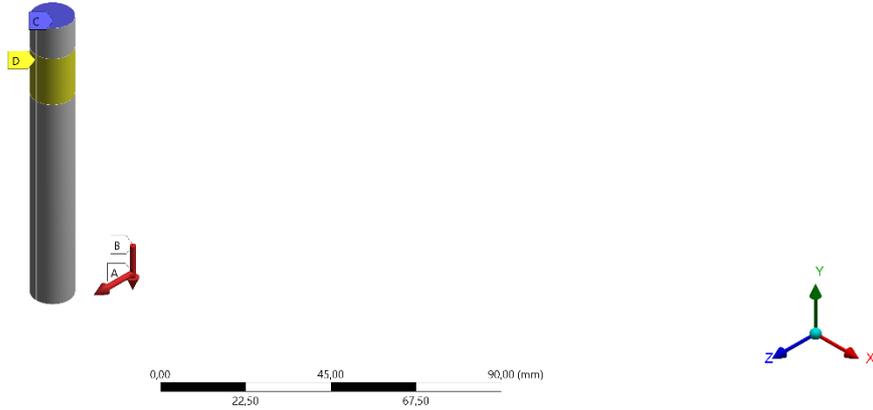


Ilustración- 33: Condiciones de contorno simulación guías

Como se puede ver las fuerzas de frenado y la creada por el émbolo están aplicadas como *remote forces* de nuevo por la razón que se ha explicado en el anterior punto, 4.8.3. En esta simulación el valor de la fuerza creada por el pistón es de 1000 N y no de 1900 N ya que esta se divide entre las 2 guías del actuador.

Por otra parte, se ha aplicado una restricción de desplazamiento en los ejes Z y X en las caras amarillas, que reflejan la parte de la guía que se queda dentro del guiado de la cámara cuando se expande. En la cara superior se ha aplicado una restricción total de los movimientos para que la simulación converja y ver el peor caso posible, ya que se va a generar el máximo flector sobre la guía con la fuerza de frenado. Los resultados obtenidos son los siguientes:

A: Static Structural

Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
21/01/2022 17:01

- 171,55 Max**
- 152,61
- 133,66
- 114,72
- 95,772
- 76,826
- 57,881
- 38,935
- 19,99
- 1,045 Min**

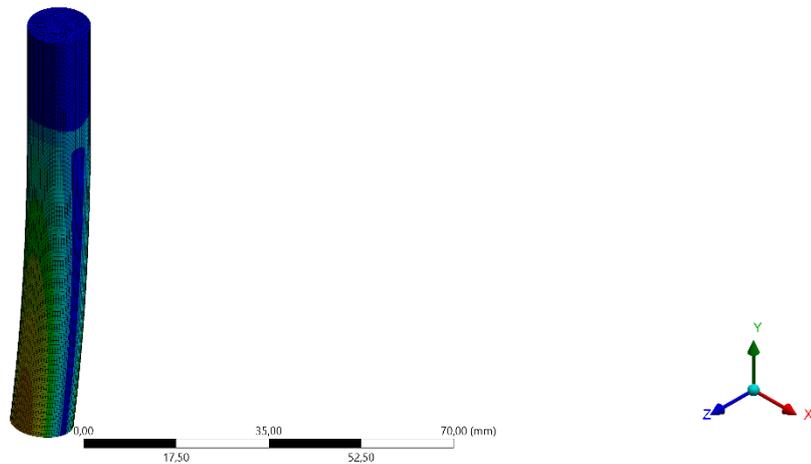


Ilustración- 34: Distribución de tensiones guías

A: Static Structural
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1
21/01/2022 17:01

15 Max
10
2,9145 Min
0

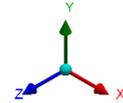
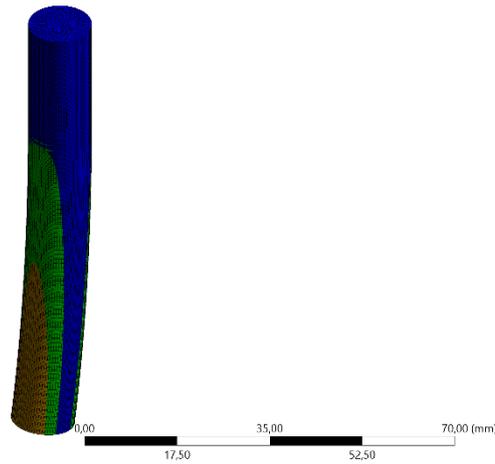


Ilustración- 35: Factor de seguridad guías

4.8.5 Sistema de retorno

En el sistema de retorno tan solo se ha simulado uno de los soportes del muelle ya que el sistema es completamente simétrico. Las condiciones de contorno aplicadas se pueden ver en la siguiente imagen:

A: Static Structural
Static Structural
Time: 1, s
21/01/2022 17:03

A Fixed Support
B Force: 55, N

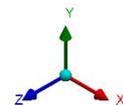
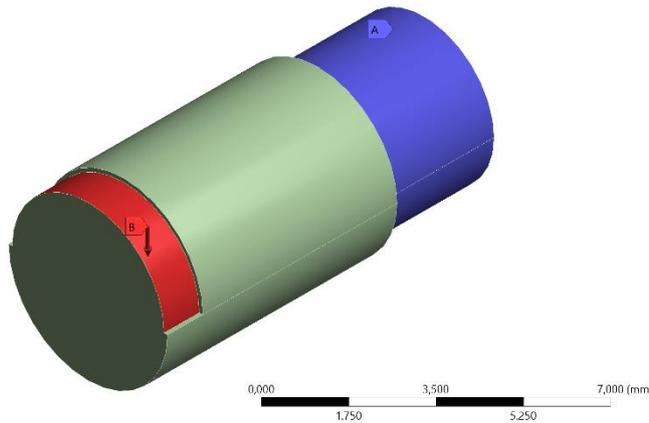


Ilustración- 36: Condiciones de contorno simulación sistema de retorno

Se ha aplicado una restricción de todos los movimientos en las caras azules, que son las que van roscadas tanto a la placa como a la cámara. Para aplicar la fuerza del muelle se ha supuesto el peor de los casos, en el que la fuerza se aplica desde el extremo, como se puede ver en la cara roja. Esta fuerza solo se aplica a media circunferencia por como el muelle coge al soporte, Los resultados obtenidos son los siguientes:

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
21/01/2022 17:04

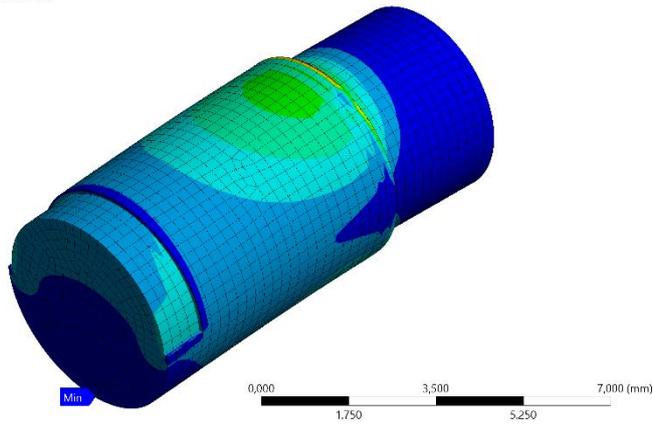
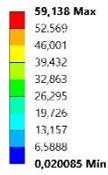


Ilustración- 37: Distribución de tensiones sistema de retorno

A: Static Structural
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1
21/01/2022 17:04

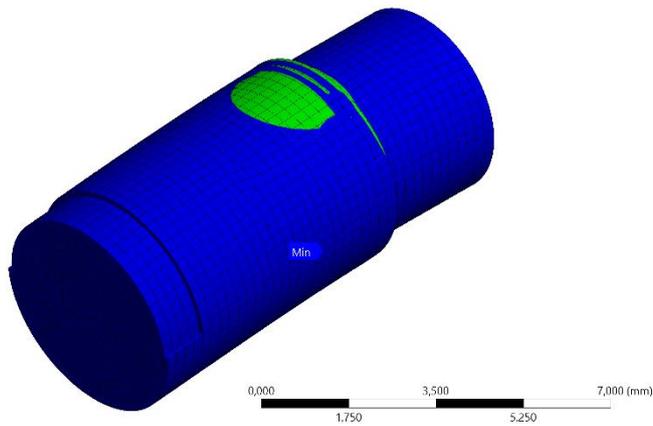


Ilustración- 38: Factor de seguridad sistema de retorno

4.8.6 Soporte al chasis

Este es el único componente donde la fuerza de frenado no es indiferente si se transmite como tracción o compresión por su posición en el chasis de forma que se han realizado 2 simulaciones, una por caso.

En el caso de tracción las condiciones de contorno aplicadas son las siguientes:

A: Static Structural
 Static Structural
 Time: 1, s
 21/01/2022 17:05

- A** Remote Displacement
- B** Force: 1010, N
- C** Remote Force: 250, N

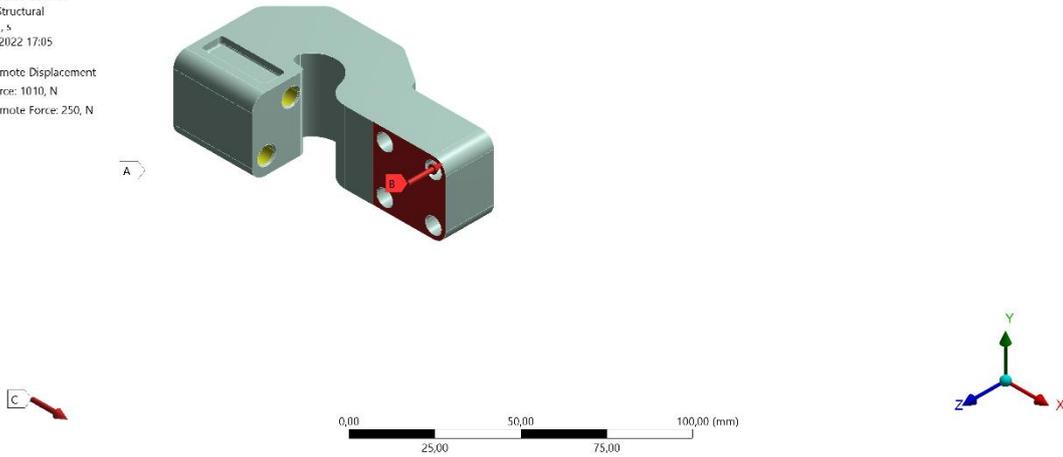


Ilustración- 39: Condiciones de contorno simulación a tracción soporte al chasis

Como se puede ver se han aplicado las fuerzas de frenado y la creada por el émbolo y el aire a presión, en este caso la fuerza es de menor valor porque el área de transmisión es mayor. Esta fuerza se transmite al soporte por el fenómeno de acción-reacción cuando las pastillas de freno friccionan contra la superficie de frenado. De nuevo, la fuerza de frenado se ha aplicado como una *remote force*, en este caso positiva en el eje X.

En las caras amarillas se ha aplicado una restricción de todos los movimientos, no de los giros, simulando los tornillos que unen el soporte al chasis. Los resultados obtenidos son los siguientes:

A: Static Structural
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1
 21/01/2022 17:06

99,379 Max
 88,341
 77,304
 66,266
 55,228
 44,191
 33,153
 22,115
 11,078
 0,040175 Min

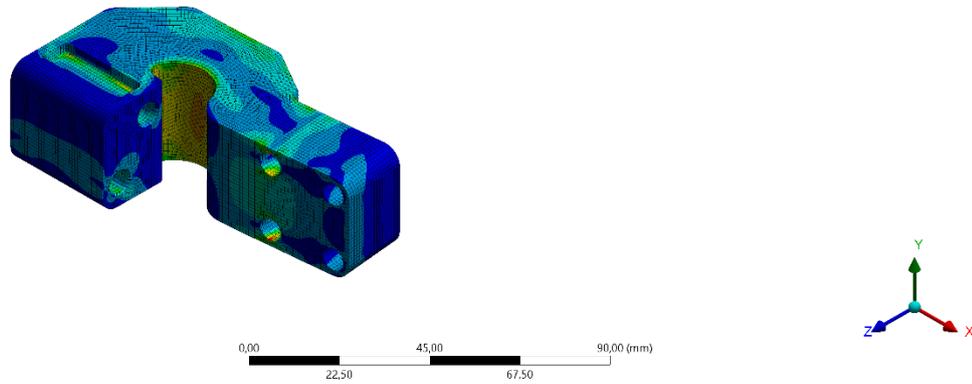


Ilustración- 40: Distribución de tensiones soporte al chasis en tracción

A: Static Structural
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1
21/01/2022 17:06

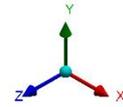
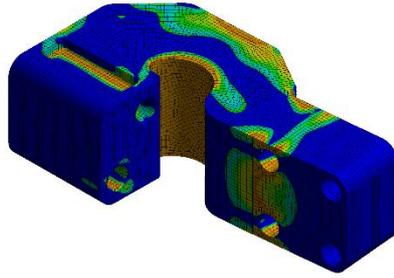
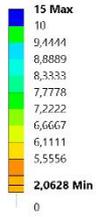


Ilustración- 41: Factor de seguridad soporte al chasis en tracción

Para el caso de compresión las condiciones de contorno aplicadas son las siguientes:

A: Static Structural
Static Structural
Time: 1, s
21/01/2022 17:09

- A Remote Displacement
- B Force: 1010, N
- C Remote Force: 250, N

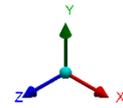
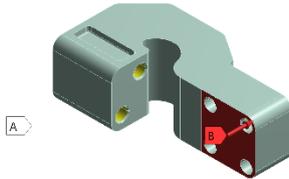


Ilustración- 42: Condiciones contorno simulación compresión soporte al chasis

Como se puede ver las condiciones son las mismas que en el caso de tracción, pero cambiando el sentido de la fuerza de frenado a negativa en el eje X. Los resultados obtenidos son los siguientes:

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
21/01/2022 17:09

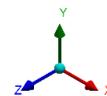
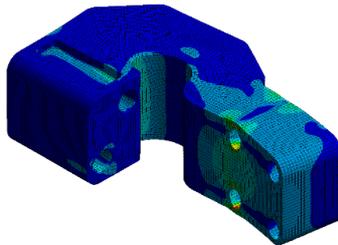
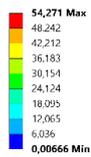


Ilustración- 43: Distribución de tensiones soporte al chasis en compresión

A: Static Structural
 Safety Factor
 Type: Safety Factor
 Time: 1
 21/01/2022 17:09

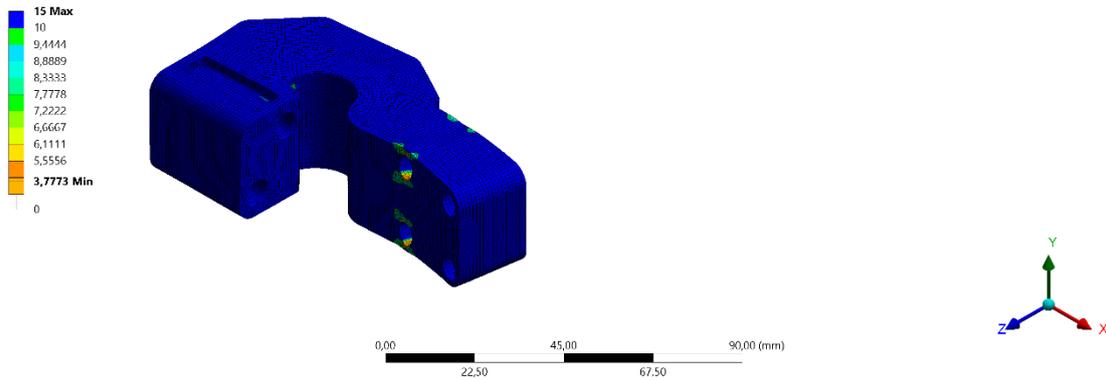


Ilustración- 44: Factor de seguridad soporte al chasis en compresión

4.9 Simulación del conjunto completo

Tal y como se puede en la ilustración 45 la geometría que se ha usado para la simulación ha sido simplificada sobre todo en los tornillos que unen el soporte con la cámara y los que unen las guías con la placa. Esta simplificación de geometría se hace con el fin de simplificar el mallado en esas zonas, del contrario complica mucho la convergencia de la simulación.

A: Static Structural
 Static Structural
 Time: 1, s
 05/06/2022 16:57

A caída: 250, N
B frenado: 250, N
C Remote Displacement

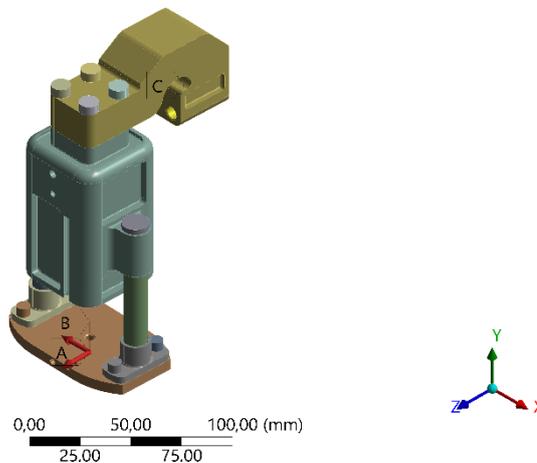


Ilustración- 45: Geomtría simulación completa

Se han realizado 2 simulaciones de todo el conjunto. Primero el caso donde solo interviene una fuerza, la de frenado, y una segunda simulación donde se añade una segunda fuerza, el peso del prototipo.

Idealmente los frenos tan solo han de frenar cuando el prototipo ha dejado de levitar sin embargo, existe la posibilidad de que en algún momento del transitorio entre dejar de levitar y caer se comience a frenar.

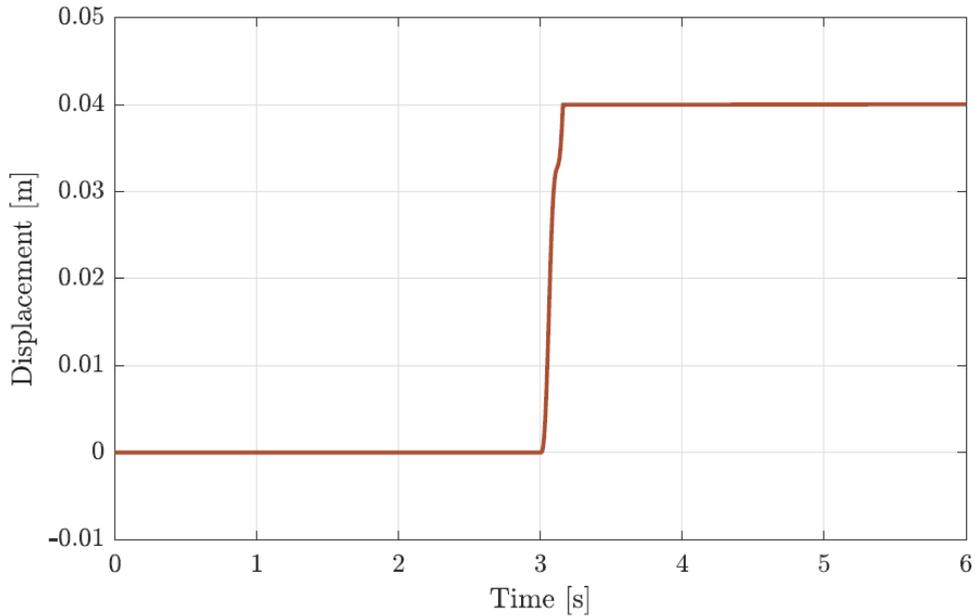


Ilustración- 46: Tiempo de actuación

Como se puede ver en la anterior ilustración, el tiempo de actuación del freno es de 0.16 segundos, y el tiempo de caída ideal es muy similar, 0.18 segundos. Aunque idealmente no debería de existir ningún problema se ha decidido tener en cuenta este caso.

La fuerza que se ha de añadir es un cortante de valor:

$$\text{Cortante} = \text{Fuerza imanes(mín)} - \text{Peso prototipo} \quad (11)$$

$$\text{Cortante} = 200 - 1200 = -1000 \text{ N}$$

De esta forma cada actuador ha de soportar a parte de la fuerza de frenado una fuerza extra de valor 250 N, ya que los 1000 N se dividen entre los 4 actuadores.

Para conseguir resultados fiables es conocido que hay que reducir el tamaño del mallado, de manera que se aumente el número de nodos, no obstante, existe un límite a partir del cual reducir más el tamaño de la malla no ayuda a obtener resultados más realistas. Como este límite es diferente para cada pieza se plantea el uso de diferentes tamaños en cada pieza usando lo que se conoce como *body sizing*.

Además, para el mallado se han usado hexaedros en vez de tetraedros debido a la mayor convergencia en el cálculo que poseen este tipo de simulaciones. Este tipo de mallado se implementa usando los tipos de mallado *hex dominant hex dominant* y *multizone*.

El mallado final que se usa en la simulación es el siguiente:

- Para todos los cuerpos, exceptuando los tornillos del soporte al chasis, se usa el método *hex dominant* en combinación con diferentes *body sizings*.
- Para los tornillos del soporte al chasis, que son los que más van a sufrir, se usa el método *multizone* para obtener resultados más realistas, debido a que este tipo de mallado se adapta mejor a este tipo de geometría, en combinación con un *body sizing*.

En la siguiente ilustración se puede ver en detalle el uso del *multizone* en los tornillos que unen la cámara con el soporte al chasis.

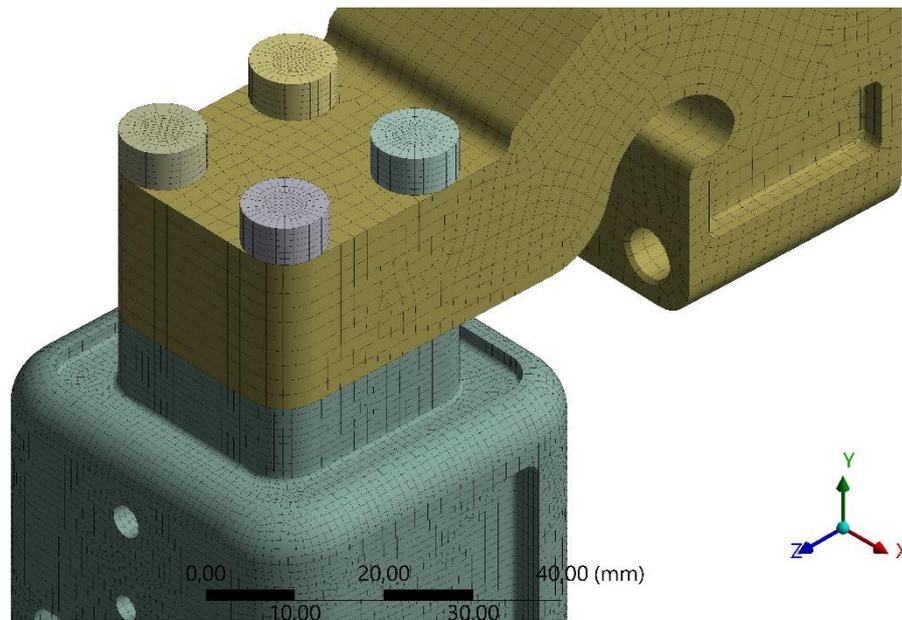


Ilustración- 47: Detalle mallado

En la siguiente ilustración se puede ver el mallado del conjunto completo que se ha usado en las 2 simulaciones:

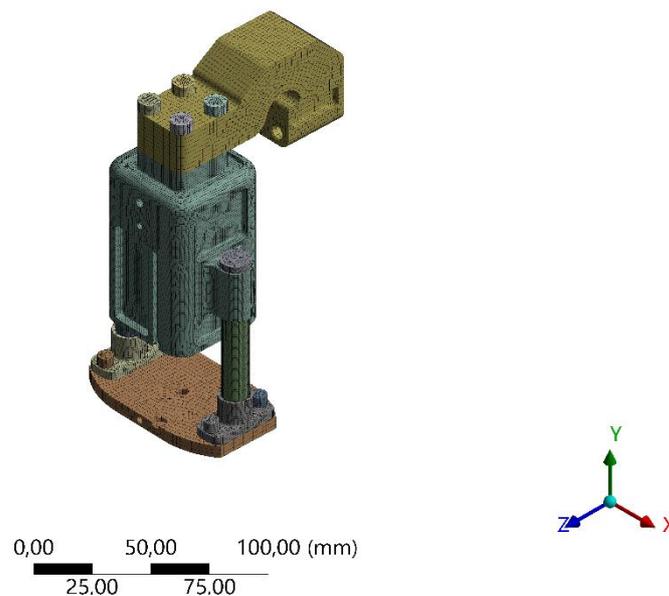


Ilustración- 48: Mallado simulación completa

Para ayudar a la convergencia de la simulación se han eliminado los contactos que el propio *software* incluye de manera predeterminada. Todos ellos se han sustituido por contactos de tipo *bonded* y *frictionless*.

Cada uno de ellos se ha usado en los siguientes casos:

- *Frictionless*: Contactos entre dos superficies cilíndricas, los cuerpos de los tornillos con sus respectivos orificios, las guías con sus soportes y la cámara. Además del contacto entre la superficie superior de la cámara y el soporte del chasis.
- *Bonded*: Resto de los contactos, partes superiores e inferiores de las guías y los tornillos y el soporte de las guías a la placa.

Como el caso más restrictivo de las 2 simulaciones es en el que se incluye la fuerza de la caída se muestran únicamente esos resultados.

A: Static Structural

Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

Time: 1

05/06/2022 16:58

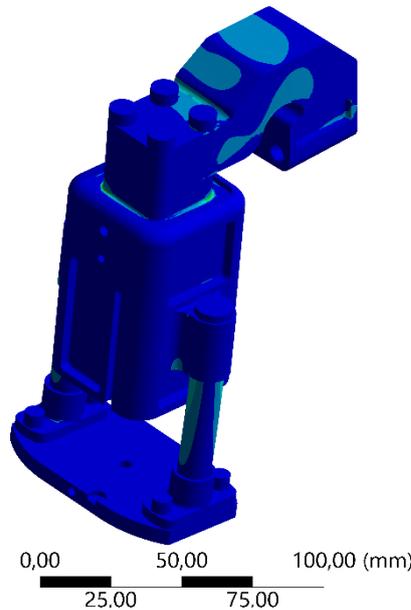
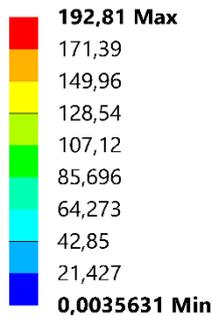


Ilustración- 49: Distribución de tensiones simulación completa

Como se puede ver en la anterior ilustración la distribución de las tensiones es muy homogénea a lo largo de toda la cámara, soporte al chasis y placa. Se puede ver como en las guías se concentra la tensión a medida que se aproximan hacia el punto de sujeción no obstante, el punto de tensión máxima se encuentra entre la cámara y el soporte al chasis. Con esta tensión máxima el factor de seguridad mínimo es el siguiente:

A: Static Structural

Safety Factor

Type: Safety Factor

Time: 1

05/06/2022 16:58

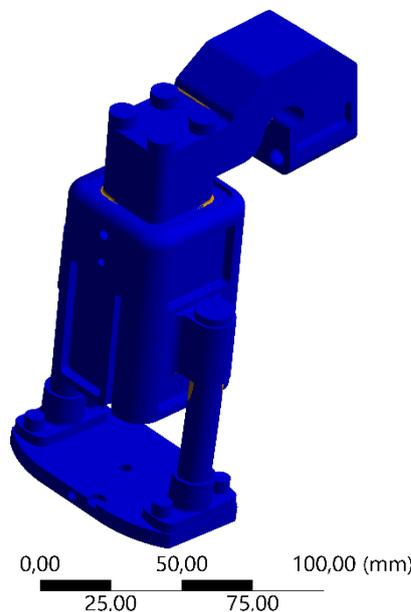


Ilustración- 50: Factor de seguridad simulación completa

Casi todo el conjunto tiene un factor de seguridad más que aceptable excepto en los puntos más críticos, los marcados en naranja en la anterior ilustración. Esto sucede a que las tensiones tienden a concentrarse en los vértices de ángulos rectos, y en los puntos naranjas tienen radio de curvatura muy pequeños, de 1 o 2 mm.

A parte de ver la distribución de tensiones por fuera del actuador es interesante ver las tensiones máximas en las guías, en los contactos con sus soportes y la cámara.

A: Static Structural

Pressure
Type: Pressure
Unit: MPa
Time: 1
05/06/2022 17:02

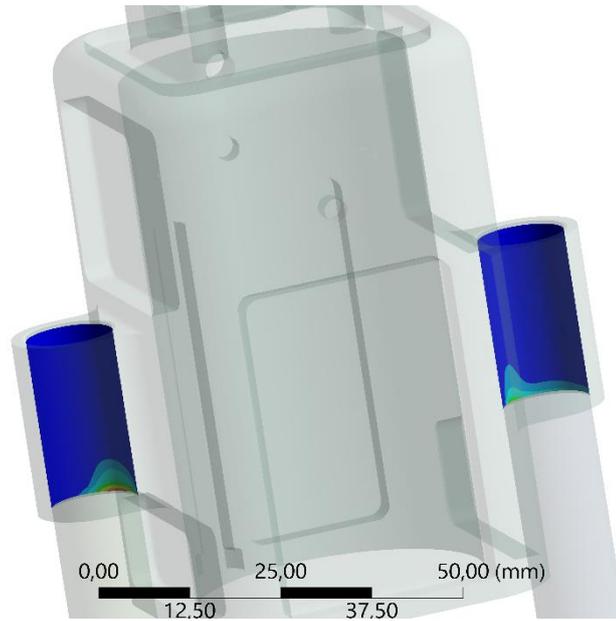
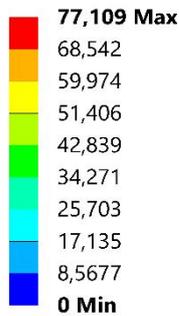


Ilustración- 51: Detalle tensión guías 1

A: Static Structural

Pressure
Type: Pressure
Unit: MPa
Time: 1
05/06/2022 16:59

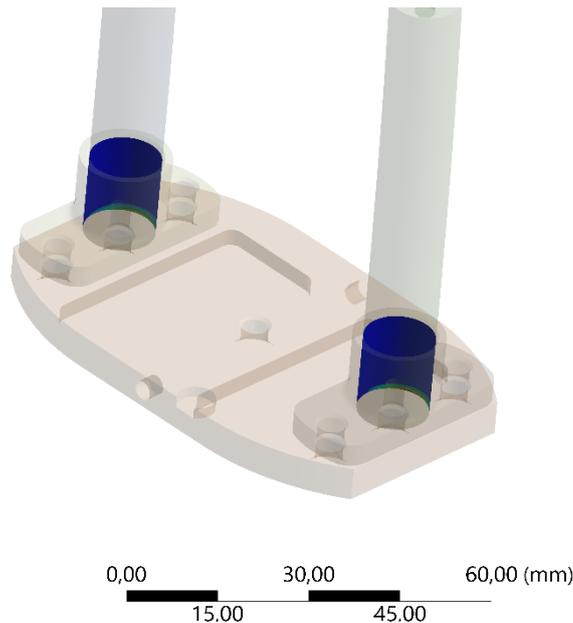
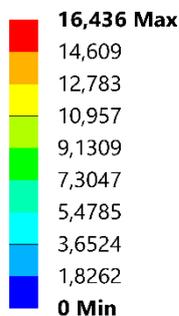


Ilustración- 52: Detalle tensión guías 2

Como se puede ver en las 2 anteriores ilustraciones las tensiones máximas tienen valores inferiores a los obtenidos por fuera del actuador, de manera que no es uno de los puntos críticos.

Uno de los aspectos críticos en el diseño es la deformación que va a sufrir el actuador. Esta se ha de encontrar en uno de los extremos de la placa, ya que el actuador actúa como una viga empotrada por uno de sus extremos, al chasis, y libre en el otro, la placa. De esta forma se obtiene la tensión máxima cerca del empotramiento, soporte al chasis, y deformación máxima en el extremo libre.

A: Static Structural

Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
05/06/2022 16:57

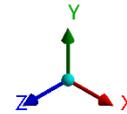
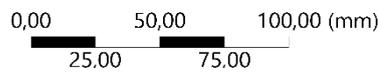
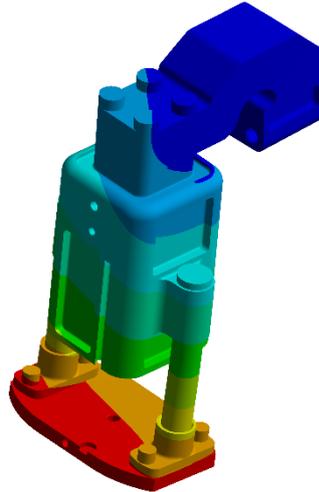
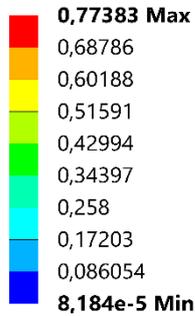


Ilustración- 53: Deformación simulación completa

Como era de esperar la deformación máxima se encuentra en la placa. El límite por diseño de la deformación era de algo más de 5 mm, y como se puede ver en la anterior ilustración la deformación máxima es de menos de 1 mm.

Con este resultado y en combinación con todos los anteriores, se da por válido el diseño del actuador, aunque se van a realizar una serie de *tests* para validar el diseño de este en condiciones reales.

5. Comprobación del actuador en condiciones reales

Para validar el diseño del actuador por completo no es suficiente únicamente tener las simulaciones con cargas estáticas aplicadas en el actuador, hay muchos otros fenómenos que se tienen que estudiar para garantizar el correcto y seguro uso de este.

Por otra parte, es necesario también validar las características más relevantes de las pastillas de freno, la dureza y su coeficiente de rozamiento.

Es por todo esto por lo que se van a realizar los siguientes *tests*:

- Test de dureza de las pastillas de frenos
- Test coeficiente de fricción de las pastillas de freno
- Test de sobrepresión y fugas en el actuador
- Test de fuerza del actuador

5.1 Test de dureza de las pastillas de freno

Con este *test* se pretende demostrar que la dureza de las pastillas de freno es menor que la de la plancha lateral de acero que sirve como superficie de frenado, de manera que siempre que se frene las pastillas serán el componente que se desgaste y no la plancha.

La dureza de un material caracteriza su resistencia a ser rallado o penetrado por otro material.

Esta propiedad será medida con un durómetro, sin embargo, hay diferentes métodos de medición, como el *Brinell*, *Vickers* o *Rockwell*. En este caso el método elegido para medir la dureza del material de las pastillas de frenos, XRAC, es el *Rockwell*. Este método consiste en penetrar la superficie del material con una punta de diamante o con una bola penetradora y medir la penetración para calcular la dureza.

Primero se aplica una precarga para calibrar el durómetro, SINO HBRVU-187.5, después se aplica la carga total. Como ambas cargas crean una marca, la dureza se puede calcular estableciendo una correlación entre ambas marcas y las cargas aplicadas.



Ilustración- 54: Durómetro

El procedimiento de este *test* será repetido 12 veces, de manera que se puedan obtener resultados fiables. En caso de obtener valores desconcertantes se repetiría el test.

Para el mismo se usa la escala F *Rockwell* con una bola penetradora de 1/16".



Ilustración- 55: Ensayo de dureza

5.1.1 Procedimiento

Tabla 2: Procedimientos test de dureza

Lista de procedimientos: <i>Descripción, secuencia de pasos, operaciones y observaciones a tener en cuenta</i>	Explicación del procedimiento: <i>Observaciones y detalles</i>
PRIMEROS PASOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Insertar el penetrador en el durómetro 	Se ha de usar una bola de 1/16" en la escala F <i>Rockwell</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Depositar la pastilla de freno en el durómetro 	
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar precarga de 10 kgf 	Este es el valor de calibración del durómetro
SEGUNDO GRUPO DE PASOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar la carga mayor de 60 kgf 	
<ul style="list-style-type: none"> • Repetir el procedimiento 12 veces 	Anotar el valor de la Dureza. Como el material de la pastilla de freno está hecha de un material heterogéneo, medir cada vez en una localización diferente de las demás en las pastillas de freno

5.1.2 Resultados

Una vez realizado el test los resultados obtenidos tras medir 12 veces la dureza en 2 pastillas de freno diferentes son los siguientes:

Tabla 3: Valores de dureza

Medida	Valor dureza
1	19,0
2	30,0
3	26,0
4	26,4
5	26,6
6	27,5
7	23,7
8	31,5
9	24,5
10	32,3
11	24,0
12	32,8

Con estos valores se calcula media y la desviación típica. Para dar por válida la muestra se calcula el intervalo $[\tilde{x}-2*\sigma; \tilde{x}+2*\sigma]$ y se comprueba que todos los valores tomados pertenezcan al intervalo.

La media se calcula como:

$$\tilde{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Valor dureza}}{n} \quad (12)$$

Y la desviación típica se calcula como:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (xi - \tilde{x})^2}{n - 1}} \quad (13)$$

De esta forma la media tiene un valor de 27,03 y la desviación típica de 4,08. Con estos 2 valores el intervalo queda definido como [18,87-35,18]. Como todos los valores de la muestra pertenecen al intervalo, se da por buena.

Tomando el valor de la media como valor de dureza de referencia se compara con la dureza de un acero S275, como la dureza de la pastilla de freno es mucho menor que la del acero se da por válido el modelo escogido de las pastillas.

5.2 Test coeficiente de fricción de las pastillas de freno

El principal objetivo de este *test* no es otro que determinar el coeficiente de rozamiento experimental de las pastillas de freno con la plancha lateral de frenado. El *test* consiste en dejar caer la pastilla de freno a lo largo de la plancha de acero con cierta inclinación.

La misma plancha que se usa para montar la infraestructura se usa en este *test*, se inclina con un cierto ángulo, y sobre ella se hace una marca, desde donde se dejará caer la pastilla. Esta distancia ha de ser medida, ya que este valor se usará más adelante en los cálculos.

Se pone encima de la pastilla de freno una pesa de 1 kg de forma que la trayectoria es más controlable y tarda más tiempo en deslizar por la plancha de acero, lo que asegura mayor precisión en las medidas.

Conociendo la masa total del conjunto pesa-pastilla de freno, la distancia recorrida, el ángulo de inclinación y el tiempo que tarda en recorrer la distancia, usando ecuaciones de cinemática se puede calcular el coeficiente de rozamiento.

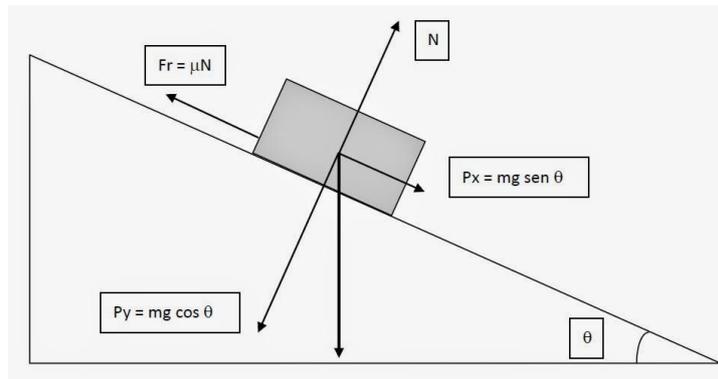


Ilustración- 56: Diagrama del sólido libre para la caída de la pastilla de freno

Para este *test* la plancha se inclina en 3 ángulos, 30°, 35° y 40°. Para cada ángulo se deja caer la pastilla de freno 3 veces. Con 9 medidas en 3 ángulos de caída diferentes se calculará la media del coeficiente de fricción.

Para medir el tiempo de caída se usa una aplicación llamada *Video tracker*, con la cual se puede medir hasta la milésima de segundo, de forma que el tiempo de caída tenga el valor más preciso posible.

5.2.1 Procedimientos

Tabla 4: Procedimientos test coeficiente de fricción

Lista de procedimientos: <i>Descripción, secuencia de pasos, operaciones y observaciones a tener en cuenta</i>	Explicación del procedimiento: <i>Observaciones y detalles</i>
PRIMEROS PASOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Usar planchas de madera para inclinar la plancha de acero hasta la inclinación deseada 	30°, 35° y 40°
<ul style="list-style-type: none"> • Medir la inclinación de la plancha de acero 	Medir con una aplicación móvil o un transportados de ángulos
<ul style="list-style-type: none"> • Marcar desde donde ha de caer la pastilla 	Medir la distancia total
<ul style="list-style-type: none"> • Poner la pastilla de freno en la marca 	Añadir el peso de 1 kg
<ul style="list-style-type: none"> • Empezar a grabar 	
<ul style="list-style-type: none"> • Mantener la pastilla de freno en su marca 	
SEGUNDO GRUPO DE PASOS	



<ul style="list-style-type: none">• Dejar caer a la pastilla	
<ul style="list-style-type: none">• Dejar de grabar	Solo cuando la pastilla de freno ha llegado al suelo
<ul style="list-style-type: none">• Repetir el mismo procedimiento	Si es la tercera vez que se mide la caída con esta inclinación aumentarla al siguiente valor

5.2.2 Resultados

Tabla 5: Resultados coeficiente de fricción

		Tiempo inicial	Tiempo final	Tiempo total [s]	Distancia recorrida [m]	Masa [kg]	N [N]	a [m/s ²]	Coef.fricción	Media coef.fricción
Ángulo 1 29.1º	Try 1	2,167	3,133	0,966	1	1,045	8,95	2,14	0,31	0,34
	Try 2	1,400	2,400	1,00				2,00	0,32	
	Try 3	0,917	2,017	1,100				1,65	0,36	
Ángulo 2 35.6º	Try 1	0,200	1,033	0,833			8,33	2,88	0,35	
	Try 2	0,333	1,150	0,817				3,00	0,34	
	Try 3	0,583	1,417	0,834				2,88	0,36	
Ángulo 3 39.2º	Try 1	0,817	1,583	0,766			7,94	3,41	0,37	
	Try 2	0,217	0,950	0,733				3,72	0,33	
	Try 3	0,267	1,017	0,750				3,56	0,35	

Como se puede ver, el valor final del coeficiente de fricción es 0.342 finalmente. Este valor varía en un 9% respecto al primer valor de 0.37. Esto supone que los actuadores van a hacer menos fuerza de la inicial, lo cual es un problema. No obstante, esto se puede solventar cuando se haga el test de fuerza.

En caso de que los actuadores no sean capaces de ejercer la fuerza necesaria se puede aumentar la presión de trabajo por encima de los 8 bar iniciales. De momento se asume y se trabaja con este valor.

La aceleración ha sido calculada como:

$$a = \frac{2 * Distancia recorrida}{Tiempo total^2} \quad (14)$$

Y el coeficiente de fricción como:



$$\text{Coeficiente de fricción} = \frac{\sin(\text{ángulo inclinación}) * 9,8 * \text{masa} * -\text{masa} * a}{N} \quad (15)$$

5.3 Test de fugas y sobrepresión en el actuador

Los principales objetivos de este *test* son los siguientes:

- Detectar cualquier posible fuga en el actuador
- Asegurar que el actuador puede aguantar hasta una presión de 10 bar
- Asegurar la correcta expansión del actuador

Cuando se está frenando es de vital importancia confirmar que todo, o casi todo, el aire está llegando al actuador neumático, de manera que se frene en el menor tiempo posible. Con este *test* se pretende demostrar que el actuador no tiene ningún tipo de fuga por la que perder caudal de aire.

Por otra parte, el actuador neumático está controlado por un sistema neumático, el cual, a su vez, está compuesto por diferentes elementos de seguridad. Si alguno de estos elementos fallase al actuador le puede llegar una presión mayor a la de diseño, 8 bar, pero nunca mayor de 10 bar, ya que la electroválvula instalada no lo permite, desviaría el caudal de aire al exterior y no al actuador.

Para detectar las fugas se aplica un líquido detector de fugas en los posibles puntos de fuga, la entrada de aire a la cámara y el alojamiento del émbolo en la cámara. Este líquido produce burbujas y sonido en presencia de fugas, de manera que mientras el actuador esté extendido se comprobará de manera visual y sonora las zonas de posibles fugas.

La presión del aire se incrementará de forma progresiva, comprobando que el actuador no presenta ningún fallo ni fuga. Para ello se usará un sistema neumático, con los elementos de seguridad necesarios para asegurar su correcto uso, además de un manómetro para saber en todo momento la presión del circuito, y por lo tanto, la presión que recibe el actuador.

Este *test* es importante también para comprobar el correcto funcionamiento del sistema de retorno. En caso de que el actuador no sea capaz de volver a la posición de reposo, cerrado, por si solo, los muelles se han de cambiar por unos más cortos o bien con una constante de rigidez más alta. De nuevo esto afecta a la fuerza total ejercida por el actuador, y en el *test* de fuerza se puede ajustar si se desea aumentando la presión de trabajo.

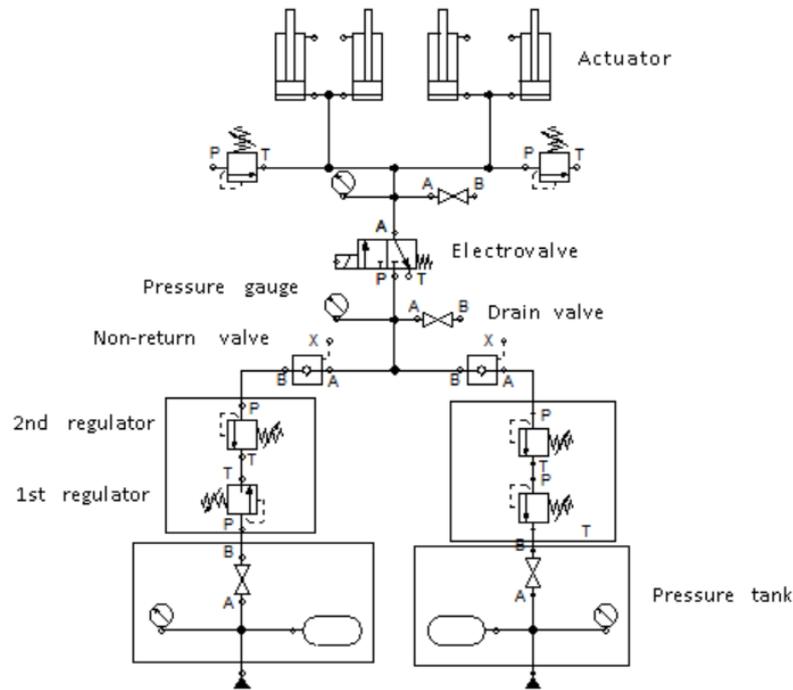


Ilustración- 57: Diagrama sistema neumático

5.3.1 Procedimientos

Tabla 6: Procedimientos test fugas y sobrepresión

Lista de procedimientos: <i>Descripción, secuencia de pasos, operaciones y observaciones a tener en cuenta</i>	Explicación del procedimiento: <i>Observaciones y detalles</i>
PRIMEROS PASOS	
<ul style="list-style-type: none"> Montar el actuador con el soporte al chasis a una plancha de madera mirando al suelo 	
<ul style="list-style-type: none"> Añadir una plancha de metal debajo del actuador 	Esto se hace para que el actuador impacte contra una superficie similar a la plancha lateral de la infraestructura
<ul style="list-style-type: none"> Sujetar la plancha de madera contra una superficie de forma segura 	
<ul style="list-style-type: none"> Conectar el Sistema neumático al actuador 	
<ul style="list-style-type: none"> Recargar la botella de aire a 300 bar 	<ul style="list-style-type: none"> -Enchufar el compresor y la bomba de agua -Asegurar que la bomba de agua funciona correctamente -Apretar el tornillo de fugas del compresor -Conectar la botella

	<ul style="list-style-type: none"> -Recargar la botella hasta 300 bar -Desapretar el tornillo de fugas del compresor, esperar hasta que el manómetro del compresor marque 0 bar y esperar 15 segundos más -Desconectar la botella
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar el líquido detector al actuador 	
<ul style="list-style-type: none"> • Conectar la botella al sistema neumático en posición “cerrada” 	
SEGUNDO GRUPO DE PASOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Conectar la electroválvula a una fuente de alimentación 	La fuente ha de suministrar 24 V
<ul style="list-style-type: none"> • Encender la fuente de alimentación para que la electroválvula esté cerrada 	Asegurar que la electroválvula está cerrada. Se tiene que encender una luz roja, y un “click” se tiene que haber escuchado al encender la fuente de alimentación
<ul style="list-style-type: none"> • Abrir la botella de aire hasta que el manómetro aguas debajo de la electroválvula marca la presión deseada (4-6-8-10 bar) 	Incrementar cada vez la presión
<ul style="list-style-type: none"> • Avisar a la gente de alrededor que el test va a comenzar 	
<ul style="list-style-type: none"> • Asegurar que la gente presente en el <i>test</i> lleva los EPIs necesarios 	
<ul style="list-style-type: none"> • Apagar la fuente de alimentación para abrir la electroválvula 	
<ul style="list-style-type: none"> • Escuchar y mirar atentamente para detectar cualquier sonido o burbuja creado por el líquido detector 	Si no se detecta nada durante 10 segundos se puede pasar al siguiente paso
<ul style="list-style-type: none"> • Encender la fuente de alimentación para cerrar la electroválvula 	
<ul style="list-style-type: none"> • Asegurar que el actuador ha regresado a la posición de reposo 	Si esto se ha conseguido pasar al siguiente paso
<ul style="list-style-type: none"> • Cerrar la botella de aire 	
<ul style="list-style-type: none"> • Desconectar la fuente de alimentación 	
<ul style="list-style-type: none"> • Desconectar la botella de aire para que pueda ser recargada 	
<ul style="list-style-type: none"> • Repetir el <i>test</i> con la nueva presión deseada 	

5.3.2 Resultados

Para poder ver los resultados del *test* hay que acceder a este vídeo. En él se puede ver el procedimiento completo realizado y cómo funciona el actuador.

Como se puede ver en el vídeo, el actuador no presenta ningún tipo de fuga en ninguna de las presiones seleccionadas. Esto es un gran resultado, ya que el tiempo de expansión del actuador será el mínimo, además de que el volumen de aire empleado para expandir al actuador es el mínimo y se pueden realizar más ciclos sin tener que recargar la botella de aire.

Por otra parte, el actuador tiene cierto rozamiento entre 2 de los componentes, la cámara y los soportes de las guías. Para solucionar este problema se desmonta el actuador por completo y se lijan un poco los soportes de las guías. Aún así, se deciden cambiar los muelles por unos de misma constante de rigidez, pero 10 mm más cortos, lo que implica que hacen mayor al estar extendidos y hacen que el actuador regrese a su posición de reposo.

Como ya se ha explicado, en el *test* de fuerza se valorará si con esta configuración la fuerza ejercida es suficiente o no, y si se tiene que aumentar la presión de trabajo.

5.4 Test de fuerza del actuador

El principal objetivo de este *test* es determinar la fuerza que pueden ejercer los actuadores finalmente. Si este valor dista mucho del de diseño, 1000 N, se tendrán que hacer ciertos ajustes para alcanzar el valor deseado.

Después de asegurar el buen funcionamiento del actuador por si solo, es hora de probar que el actuador puede ser usado para su fin, frenar el prototipo.

Para este test, se va a usar una bancada con una rueda flotante, como se puede ver en la siguiente ilustración. Dos de los actuadores se colocan mirando a la rueda, uno por cada lado.



Ilustración- 58: Bancada

La rueda es movida por el motor del prototipo, el LIM. Una vez se alcanza la velocidad deseada el motor deja de acelerar la rueda para que los actuadores puedan frenar la rueda.



Ilustración- 59: Detalle motor en bancada

En este *test* es muy importante medir la velocidad angular de la rueda antes de frenar, y el tiempo de frenado. Con estos dos valores y aplicando la segunda ley de Newton, se puede calcular la fuerza ejercida por los 2 actuadores, y más adelante la fuerza total de los 4 actuadores.

5.4.1 Procedimientos

Tabla 7: Procedimientos test fuerza actuador

Lista de procedimientos: <i>Descripción, secuencia de pasos, operaciones y observaciones a tener en cuenta</i>	Explicación del procedimiento: <i>Detalles y observaciones</i>
PRIMEROS PASOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Montar los 2 actuadores en la bancada 	
<ul style="list-style-type: none"> • Preparar y conectar el sistema neumático a los actuadores 	Conectar la electroválvula a la fuente de alimentación de 24V, asegurar que se enciende la luz roja.
<ul style="list-style-type: none"> • Cargar las botellas de aire 	Cargar las botellas hasta 300-350 bar, asegurando que el compresor nunca pasa los 55 °C
<ul style="list-style-type: none"> • Acercar el extintor cerca de la bancada 	
<ul style="list-style-type: none"> • Montar el motor en la bancada 	

<ul style="list-style-type: none"> Montar el circuito de potencia de alimentación del motor 	
<p>Conectar las 2 baterías en serie a su correspondiente caja</p>	
<p>Conectar las botellas de aire al sistema neumático</p>	
SEGUNDO GRUPO DE PASOS	
<ul style="list-style-type: none"> Abrir las botellas de aire 	
<ul style="list-style-type: none"> Cerrar el MID 	
<ul style="list-style-type: none"> Usar la GUI para cerrar el contactor 	
<ul style="list-style-type: none"> Usar la GUI para precargar los capacitadores del <i>inverter</i> 	
<ul style="list-style-type: none"> Usar la GUI para hacer que los <i>switches</i> del <i>driver</i> conmuten 	
<ul style="list-style-type: none"> Usar la GUI para establecer un sistema de 3 fases de corriente para alimentar al motor a corriente constante 	<p>Después de este paso, la rueda debería comenzar a moverse</p>
<ul style="list-style-type: none"> Usar la GUI para cambiar el orden de las fases U y W del motor 	<p>Antes de este paso, se inyectará durante un periodo corto de tiempo corriente DC para hacer el transitorio más suave</p>
<ul style="list-style-type: none"> Usar la GUI para abrir los contactores 	
<ul style="list-style-type: none"> Apagar la fuente de alimentación de 24 V para activar los frenos 	
<ul style="list-style-type: none"> Cuando se detenga la rueda encender de nuevo la fuente de alimentación de 24 V 	<p>Los actuadores han de regresar a su posición de reposo</p>

5.4.2 Resultados

Calculando el tiempo de frenado, y conociendo la velocidad máxima de la rueda antes de comenzar a frenar, es relativamente sencillo hacer el cálculo de la fuerza total de los 2 actuadores que frenan a la rueda. A continuación se muestran los resultados obtenidos durante el ensayo:

Tabla 8: Resultados test de fuerza

masa rueda (kg)	radio (m)	radio frenos (m)	tiempo inicial (s)	tiempo final (s)	tiempo (s)	velocidad inicial (m/s)	aceleración (m/s ²)	fuerza (N)	media (N)
84	0,975	0,85	1,432	0	1,432	8,33	5,82	488,63	491,32
			1,502		1,502		5,55	465,86	
			1,347		1,347		6,18	519,47	

Sabiendo que la fuerza de 2 actuadores de 491,32 N, la fuerza total de los 4 será de 982,64, valor que tan solo está un 2% por debajo del valor de diseño inicial, por lo que se da por válida la combinación de estas pastillas de freno, con los muelles de mayor constante de rigidez y con una presión de trabajo de 8 bar.



6. Conclusiones

Una vez finalizado el proyecto son muchas las conclusiones que se pueden extraer del proyecto. Como conclusión principal se ha alcanzado con éxito el diseño de un freno neumático que es capaz de detener al prototipo de Hyperloop UPV de este año.

Por otra parte, se ha cumplido los requerimientos de diseñar un sistema más sencillo al del año anterior, ligero para facilitar la levitación del prototipo y fiable.

Con respecto a conclusiones relativas, puede destacarse que se ha podido validar la fabricación de cada uno de los componentes según las especificaciones determinadas en los planos, así como un montaje sencillo del actuador, y una integración rápida y accesible en el chasis.

Se han podido llevar a cabo diversas pruebas para validar el correcto funcionamiento del actuador por sí mismo antes de integrarlo en el prototipo.

7. Bibliografía

Bibliografía

1. **Zeleros.** Welcome to the future of transportation: Zeleros Hyperloop. [En línea] 2021. <https://zeleros.com/>.
2. **EHW.** *European Hyperloop Week 2021 Rules and Regulations.* 2021.
3. —. Event - European Hyperloop Week. [En línea] 2021. <https://hyperloopweek.com/event/>.
4. **Metalcheck.** Catálogo de producciones. [En línea] 2022. <http://www.metalcheck-cnc.com/descargas/#>.
5. **UPV, Hyperloop.** *Final Demonstration Document.* 2022.
6. **X, Space.** Hyperloop Alpha Document,. [En línea] 2013. <https://www.tesla.com/hyperloop-alpha.pdf>.
7. **Brulteco.** SpaceX Hyperloop Pod Competition, 2017. [En línea] 2020. <https://www.brulteco.com/spacex-hyperloop-competition-2017/>.



ANEXOS



Índice anexos

Anexo A: Líquido detector de fugas	67
Anexo B: Ferodo XRAC	68
Anexo C: Junta tórica DK105	69
Anexo D: Sensor reed	71
Anexo E: Durómetro	73
Anexo F: Acero cromado	76
Anexo G: Aluminio 7075-T6	79



Anexo A: Líquido detector de fugas

Technical Data



Performance you can trust

LEAK DETECTOR Spray

Gas leak detection system in aerosol form

Product Overview

ROCOL® LEAK DETECTOR Spray is a specially formulated fluid designed specifically to identify even the smallest, positive pressure, gaseous leak on plastic and metallic pipework and fittings.

ROCOL LEAK DETECTOR Spray leaves a thin uniform film of surface-active agents that accurately identify any leakage or bleeding of joints.

Features and Benefits

- ROCOL LEAK DETECTOR Spray is suitable for use with most gases.
- ROCOL LEAK DETECTOR Spray can be used with most types of refrigerant gases.
- The product has a low chlorine content ensuring maximum plastic compatibility.
- ROCOL LEAK DETECTOR Spray is compatible with most metals and plastics.
- ROCOL LEAK DETECTOR Spray is supplied in a convenient aerosol format to ensure consistent and accurate application.
- No wastage or spillage.
- For use by registered Gas Installers.
- VOSA MOT Special Notice 1-2011 states that it is compulsory for MOT Test Stations to stock "A proprietary leak detection spray which meets BS EN 14291:2004 requirements".
- ROCOL LEAK DETECTOR Spray meets the requirements of BS EN14291:2004 - (Foam producing solutions for leak detection on gas installations).
- Ideal for use on bottled gases including oxygen and acetylene.
- Meets the product specification given in IGE/UP/1B Edition 2.
- Meets the oxygen compatibility requirements of MIL-PRF-25567E.

Directions for Storage and Use

- Caution should be taken when using water based products in conjunction with corrosive gases.
- Shake can well before use.
- Spray from a distance of 25 to 30 cm onto the area to be tested.
- Bubbles in the applied film indicate the location of a leak.
- Test compatibility with painted or coated surfaces, plastics and rubbers prior to application.
- It is advisable to wipe the residue off after testing.
- BS EN14291:2004 states that leak detection products should be rinsed off plastic and copper pipes after testing.
- The storage temperature should be kept below +50°C, and the storage area should be out of direct sunlight.
- Shelf life is 4 years from date of manufacture.

Typical Applications

ROCOL LEAK DETECTOR Spray is ideal for leak testing all types of plastic and metallic pipework handling most types of positive pressure gaseous mediums including oxygen (MIL-PRF-25567E).

ROCOL LEAK DETECTOR Spray is suitable for use with Natural Gas, Town Gas, Refrigerant Gas, Chlorine Gas, Compressed Air, LPG, Acetylene, Hydrogen, Nitrogen, Nitrous Oxide, Oxygen and many more...

ROCOL LEAK DETECTOR Spray is suitable for confirming a fuel leak on gas powered vehicles.

Pack Sizes

Pack Size	Part Code
300ml	32030

T +44 (0)113 267 9400
F +44 (0)113 262 2740
E customerservice@rocol.com
www.rocol.com

ROCOL House, Swillington, Leeds LS26 8BS

Registered Company No. 02889 VAT No. GB 091 67
Registered Office No. 02889 VAT No. GB 091 67

ROCOL A division of **ITW** Ltd



BSI
MIL-PRF-25567
Certificate No. 01 1248



BSI
MIL-PRF-25567
Certificate No. 01 0526



BSI
MIL-PRF-25567
Certificate No. 01 0717



INVESTORS
IN PEOPLE

Anexo B: Ferodo XRAC

MATERIAL DE FRICCIÓN
PASTILLAS DE FRENO PARA VEHÍCULO INDUSTRIAL

BAJO TU CONTROL

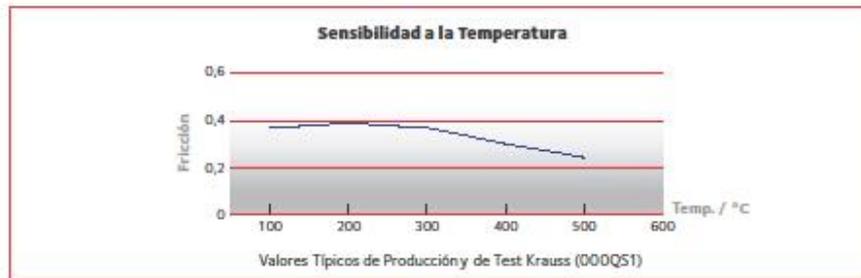
MATERIAL DE FRICCIÓN FER4567

Descripción

Material de fricción moldeado, libre de amianto, conteniendo modificadores de fricción y fibras reforzantes dispersas irregularmente en matriz fenólica.

Características Físicas y Técnicas

Densidad	3.19 g/cm ³
Resistencia Mínima al Cizallamiento	250 N/cm ²



Condiciones de Funcionamiento

Max. Presión de Contacto	P = 800 N/cm ²
Max. Velocidad Deslizante	V = 30 m/s
Max. Temperatura en Continuo	T = 350 °C
Max. Temperatura Puntual	T = 800 °C

Nota Importante de Seguridad

Este material se usa en pastillas para diferentes tipos y tamaños de sistemas de frenos de disco de aire. Por motivos de seguridad es obligatorio cumplir con las recomendaciones específicas a cada tipo de freno respecto a tipo de disco, espesor e inspección, así como el procedimiento de sustitución de pastillas, incluidos el ajuste del freno y el rodaje.

FICHA DE DATOS



www.ferodo.es

Ferodo es una marca registrada por ZF

www.ferodo.es

Anexo C: Junta tórica DK105

JUNTAS DE PISTÓN

DK 105

COLLARÍN DE SIMPLE EFECTO —



DISEÑO

El modelo **DK 105** es una junta de simple efecto para pistones de cilindros neumáticos. Este perfil también es apto para cilindros hidráulicos de baja presión.

El labio de estanqueidad tiene el extremo redondeado para facilitar el paso de la película de aceite y, por lo tanto, mejorar su lubricación.

- Mejor lubricación del labio activo.
- Facilidad de montaje.
- Solución fiable y económica.

Pieza recomendada para cilindros de simple efecto, pudiéndose montar en cilindros de doble efecto usando la configuración *back-to-back* con alojamientos separados.

Esta pieza puede mecanizarse en poliuretano de baja dureza adecuado para neumática, y en elastómeros. Véase apartado de materiales.

INFORMACIÓN TÉCNICA

MATERIALES RECOMENDADOS

Material	Dureza Shore	Temperatura de servicio	Observaciones
HPU Soft	90 A	-20 °C ...+110 °C	Poliuretano resistente a la abrasión de baja dureza, para neumática.
NBR	85 A	-30 °C ...+110 °C	Caucho nitrilo adecuado para ambientes limpios.
H-NBR	85 A	-20 °C ...+150 °C	Elastómero de mayor resistencia al desgaste que el NBR.
FPM	82 A	-20 °C ...+200 °C	Fuorelastómero para fluidos químicamente agresivos o a alta temperatura.

Hay disponibilidad de más formulaciones de poliuretanos y elastómeros, según sean las condiciones de trabajo.

CAMPO DE APLICACIÓN

- Velocidad $\leq 0,5$ m/s
- Temperatura: según material escogido
- Presión de servicio (Neumática) $\leq 2,0$ MPa (20 bar)
- Presión de servicio (Hidráulica) ≤ 16 MPa (160 bar)
- Para diámetros de camisa de 13 mm $\leq \text{ØD} \leq 580$ mm (otros diámetros, a consultar)

SERVICIOS

- Neumática
- Carretillas
- Pieza de recambio
- ...



Neumática
 Hidráulica
 Hidráulica Ligera
 Hidráulica Media
 Hidráulica Pesada

SIGUE ...

Del diseño a la fabricación
FICHA TÉCNICA
JUNTAS DE PISTÓN



DK 105 COLLARÍN DE SIMPLE EFECTO

MONTAJE

Para el montaje del collarín, éste se debe dilatar e insertar en el pistón y deslizarlo manualmente hasta su alojamiento.

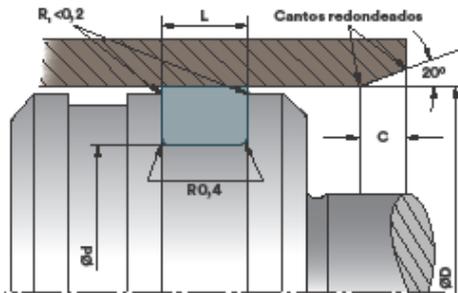
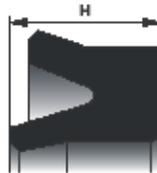
Los collarines de elastómero pueden dilatarse hasta un 30 % mientras que los collarines de poliuretano

no deben deformarse más del 20 %. En caso contrario, existe el riesgo que la deformación pueda ser permanente.

Para facilitar la dilatación de la pieza, se puede sumergir la misma en un baño de aceite a 80 °C.

INSTALACIÓN

Collarín orientado hacia el lado de mayor presión.



Cotas necesarias para fabricación	
ØD	Diámetro de la camisa
Ød	Diámetro interior del alojamiento
H	Altura de la pieza
L	Altura del alojamiento

Alojamientos recomendados			
ØD	Ød	L	C
13 ... < 25	D - 8	6,0	3,5
25 ... < 50	D - 10	7,0	4,0
50 ... < 75	D - 12	8,0	4,5
75 ... < 150	D - 15	10,0	5,0
150 ... < 300	D - 20	12,0	6,0
300 ... < 500	D - 25	18,0	8,5
500 ... ≤ 580	D - 30	20,0	10,0

RANURAS DE EXTRUSIÓN

Ranura de extrusión radial máxima			
ØD	2 MPa	10 MPa	16 MPa
13 ... < 25	0,23	0,16	0,14
25 ... < 50	0,28	0,19	0,17
50 ... < 75	0,29	0,22	0,20
75 ... < 150	0,32	0,24	0,22
150 ... < 300	0,35	0,27	0,25
300 ... < 500	0,38	0,30	0,29
500 ... ≤ 580	0,40	0,34	0,32

Ranura de extrusión: valores para elastómeros de 85 °Sh A de dureza. Otros materiales, a consultar.

ACABADOS SUPERFICIALES Y TOLERANCIAS

Acabado superficial		
Rugosidad	R _{max}	R _a
Superficie del cilindro	< 2,5 µm	0,06 - 0,20 µm
Fondo de la ranura	< 8,3 µm	< 1,8 µm
Rancos de la ranura	< 15 µm	< 3 µm

Tolerancias recomendadas		
Ød	ØD	L
h10	H9	+0,2

Anexo D: Sensor reed

No. D'Z-TRF04E5



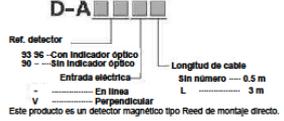
Manual de instalación y mantenimiento

Detector magnético (tipo Reed)
Serie D-A90/D-A93/D-A96 
D-A90V/D-A93V/D-A96V
(Principios básicos de seguridad según EN ISO 13849)



El detector magnético ha sido diseñado para detectar la posición de un imán en un cilindro neumático. El imán puede estar instalado, por ejemplo, en un embolo, una mesa deslizante, etc.
Este documento sólo es aplicable a productos validados conforme a la norma ISO 13849. Consulte el doc. nº D'Z-5M0116P.
Este manual debe leerse junto con el catálogo del producto correspondiente. Guarde este manual en un lugar seguro para futuras consultas.

Método de indicación del modelo



Normas de seguridad

Este producto es un equipo de clase A destinado a uso en un entorno industrial.
Este manual contiene información esencial para la protección de usuarios y otros contra posibles lesiones y daños a la propiedad.
Para garantizar un manejo correcto, siga estas instrucciones.
Asegúrese de comprender el significado de los siguientes mensajes (signos) antes de continuar con la lectura del texto y siga siempre las instrucciones.
Lea el manual de instalación y mantenimiento del aparato correspondiente y asegúrese de comprender su contenido antes de poner en funcionamiento la unidad.

MENSAJES IMPORTANTES

Lea este manual y siga las instrucciones.
Títulos como PELIGRO, ADVERTENCIA y PRECAUCIÓN están seguidos de información de seguridad importante que debe observarse estrictamente.

	PELIGRO	Indica un peligro con un alto nivel de riesgo que, si no se evita, provocará lesiones graves o la muerte.
	ADVERTENCIA	Indica un peligro con un nivel medio de riesgo que, si no se evita, podría causar lesiones graves o la muerte.
	PRECAUCIÓN	Indica un peligro con un bajo nivel de riesgo que, si no se evita, podría causar lesiones leves o moderadas.

Con estas normas de seguridad se pretende prevenir una situación peligrosa o daños al equipo. Estas normas indican el nivel de riesgo potencial mediante las siglas de "Precaución", "Advertencia" o "Peligro".
Para garantizar la seguridad, aléngase a las normas ISO 4414 (2ª ed.), JIS B 5370 (2ª ed.) y a otros reglamentos de seguridad.

Nota 1) ISO 4414: Transmisión de energía mediante fluido neumático - Recomendaciones para el uso de equipos de transmisión y sistemas de control.
Nota 2) JIS B 5370: Principio del sistema neumático.

Normas de seguridad (continuación)

ADVERTENCIA

1. La compatibilidad del equipo neumático es responsabilidad exclusiva de la persona que diseña el sistema o define sus especificaciones. Puesto que los productos aquí especificados pueden ser utilizados en diferentes condiciones de operación, la compatibilidad para una aplicación determinada se debe basar en especificaciones o en la realización de pruebas para confirmar la viabilidad de equipo bajo las condiciones de operación.

2. Solamente personal cualificado debe operar con máquinas o equipos neumáticos.
El aire comprimido puede ser peligroso si el personal no está familiarizado con él. Solo los operarios experimentados deben efectuar el montaje, manejo o reparación de los sistemas neumáticos.

3. No poner los equipos en marcha ni retirar componentes sin tomar las medidas de seguridad correspondientes.
1) La inspección y mantenimiento del equipo no se ha de efectuar sin confirmar que todos los elementos de la instalación están en posiciones seguras.
2) A la hora de sustituir componentes, confirme las especificaciones de seguridad del punto anterior. Corte el suministro eléctrico y el suministro de aire y extraiga todo el aire comprimido residual del sistema.
3) Antes de reiniciar la operación, tome las medidas oportunas para evitar movimientos repentinos de los actuadores, etc. Introduzca aire en el sistema de forma gradual para crear contrapresión, integrando, por ejemplo, una válvula de arranque progresivo.

4. Contacto con SMC en cualquiera de las siguientes casos:
1) Condiciones de operación por encima del valor reflejado en las especificaciones o en uso a la intemperie.
2) Instalación del equipo conjuntamente con energía atómica, vas de tren, navegación aérea, vehículos, equipos médicos, alimentos y bebidas o aparatos médicos.

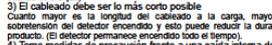
5. Condiciones de operación por encima del valor reflejado en las especificaciones o en uso a la intemperie.
1) Condiciones de operación por encima del valor reflejado en las especificaciones o en uso a la intemperie.
2) Instalación del equipo conjuntamente con energía atómica, vas de tren, navegación aérea, vehículos, equipos médicos, alimentos y bebidas o aparatos médicos.

Diseño y selección

1) Compruebe las especificaciones.
Lea detenidamente las características técnicas y utilice el producto de manera apropiada. El producto puede resultar dañado o funcionar inadecuadamente si se utiliza fuera de los límites de corriente de carga, voltaje, temperatura o impacto especificados.

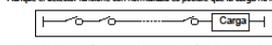
2) Tenga cuidado si se utilizan diversos actuadores a corta distancia los unos de los otros.
Para eliminar la posibilidad de interferencias magnéticas entre los detectores, asegure de que, cuando se usan dos o más actuadores en paralelo, mantengan una separación de al menos 40 mm.

3) El cableado debe ser lo más corto posible.
Cuanto mayor es la longitud del cableado a la carga, mayor es la sobretensión del detector inductivo y esto puede reducir la duración del producto. (El detector permanece encendido todo el tiempo).
4) Tome medidas de precaución frente a una caída interna de tensión en el detector.
1) Detectores con un LED indicador
- Si los detectores están conectados en serie como se muestra a continuación, tenga en cuenta que se producirá una gran caída de tensión debido a la resistencia interna del LED (véase la caída interna de tensión en las especificaciones del detector magnético).
(La caída de tensión será 70 veces mayor cuando se encuentran conectados "n" detectores.)
Aunque el detector funcione con normalidad es posible que la carga no lo haga.



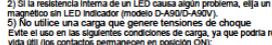
2) Si la resistencia interna de un LED causa algún problema, elija un detector magnético sin LED indicador (modelo D-ASIO-A90V).
3) No utilice una carga que genere tensiones de choque.
Evite el uso en las siguientes condiciones de carga, ya que podría reducir la vida útil (los contactos permanecen en posición ON):
- uso con una carga inductiva como un relé
- uso con cableado de más de 5 m de longitud entre el detector y la carga
6) Precauciones para uso en un circuito de seguridad.
Realice un mantenimiento periódico y confirme el correcto funcionamiento conforme a los requisitos de seguridad.
7) Deje suficiente espacio libre para los trabajos de mantenimiento. Adecuar un espacio libre para los trabajos de mantenimiento y la revisión.

Del mismo modo, al trabajar por debajo de una tensión específica, aunque el detector magnético funcione con normalidad, es posible que la carga no lo haga. Por ello, compruebe la fórmula indicada a continuación, una vez comprobado el voltaje mínimo de trabajo de la carga.



2) Si la resistencia interna de un LED causa algún problema, elija un detector magnético sin LED indicador (modelo D-ASIO-A90V).
3) No utilice una carga que genere tensiones de choque.
Evite el uso en las siguientes condiciones de carga, ya que podría reducir la vida útil (los contactos permanecen en posición ON):
- uso con una carga inductiva como un relé
- uso con cableado de más de 5 m de longitud entre el detector y la carga
6) Precauciones para uso en un circuito de seguridad.
Realice un mantenimiento periódico y confirme el correcto funcionamiento conforme a los requisitos de seguridad.
7) Deje suficiente espacio libre para los trabajos de mantenimiento. Adecuar un espacio libre para los trabajos de mantenimiento y la revisión.

Del mismo modo, al trabajar por debajo de una tensión específica, aunque el detector magnético funcione con normalidad, es posible que la carga no lo haga. Por ello, compruebe la fórmula indicada a continuación, una vez comprobado el voltaje mínimo de trabajo de la carga.



2) Si la resistencia interna de un LED causa algún problema, elija un detector magnético sin LED indicador (modelo D-ASIO-A90V).
3) No utilice una carga que genere tensiones de choque.
Evite el uso en las siguientes condiciones de carga, ya que podría reducir la vida útil (los contactos permanecen en posición ON):
- uso con una carga inductiva como un relé
- uso con cableado de más de 5 m de longitud entre el detector y la carga
6) Precauciones para uso en un circuito de seguridad.
Realice un mantenimiento periódico y confirme el correcto funcionamiento conforme a los requisitos de seguridad.
7) Deje suficiente espacio libre para los trabajos de mantenimiento. Adecuar un espacio libre para los trabajos de mantenimiento y la revisión.

Del mismo modo, al trabajar por debajo de una tensión específica, aunque el detector magnético funcione con normalidad, es posible que la carga no lo haga. Por ello, compruebe la fórmula indicada a continuación, una vez comprobado el voltaje mínimo de trabajo de la carga.

Montaje/Ajuste

1) Evite caídas o choques del detector magnético.
Evite caídas, choques o golpes repetidos (300 m/s² o más). Aunque el cuerpo del detector no resulte dañado es posible que la parte inferior del detector magnético lo esté y cause fallos de funcionamiento.

2) Nunca sujete un actuador de giro por los hilos conductores del detector. Nunca sujete un actuador por los cables, ya que no solo puede provocar una rotura de los hilos conductores sino también daños en los elementos internos del detector producidos por los esfuerzos.

3) Monte el detector con el par de apriete adecuado.
Al apretar un detector más allá del rango del par de apriete, se pueden dañar los tornillos de montaje, soportes de montaje o el propio detector.
Por otro lado, un apriete por debajo del par especificado puede hacer que el tornillo se afloje y que el detector se salga de la posición de detección correcta.

4) Monte el detector en el centro del rango de trabajo.
Ajuste la posición de montaje del detector magnético para que el embolo se detenga en el centro del rango de trabajo.
Si está montado al final del rango de trabajo (entre ON y OFF), el funcionamiento puede ser inestable.

Cableado

1) Evite doblar o estrilar los hilos conductores de forma repetida.
Los hilos conductores se pueden romper si se doblan o estrilan repetidamente.
2) Procure conectar la carga antes de activar el detector.
Si el detector se conecta y activa sin que la carga esté conectada a la fuente de alimentación, el detector resultará dañado de forma instantánea debido a la sobrecorriente.

3) Compruebe si el aislamiento del cableado está correctamente aislado. Asegúrese de que el aislamiento del cableado no esté defectuoso (contacto con otros circuitos, avería por toma de tierra, aislamiento inadecuado entre terminales, etc.). Se pueden producir arcos debido a un exceso de corriente hacia el detector.
4) No coloque el cableado cerca de líneas de potencia o de alta tensión. Conecte separadamente las líneas de potencia y las líneas de alta tensión, evitando conectar el conducto en paralelo. El rubio de estas otras líneas puede producir un funcionamiento defectuoso de los circuitos de control con detectores magnéticos.

5) Evite cargas cortocircuitadas.
Si se activa el detector con una carga cortocircuitada, éste se dañará instantáneamente debido al exceso de corriente.
6) Evite una conexión incorrecta.
Un detector de 24 VCC con LED tiene polaridad. El cable marrón es (+) y el cable azul es (-).
- Si se invierten las conexiones, el detector funcionará pero el LED no se encenderá.

Una corriente superior a la indicada, dañará el LED que dejará de funcionar.

Condiciones de trabajo

1) Nunca debe usarse cerca de gases explosivos.
La estructura de un detector magnético no está diseñada para evitar explosiones. Evite utilizarlo en presencia de un gas explosivo ya que podría tener lugar una explosión importante.

2) No debe usarse en zonas donde se genere un campo magnético. Los detectores presentarán fallos de funcionamiento o los imanes se desmagnetizarán dentro de los actuadores.
3) Nunca debe usarse en un ambiente donde el detector esté continuamente expuesto al agua.
Los detectores cumplen con la normativa IEC de protección IP67 resistente (JIS C 5020 construcción impermeable), evite utilizar detectores en aplicaciones con exposición continua a salpicaduras o proyecciones de agua. Un mal aislamiento o el abombamiento de la resina de encapsulación del interior de los detectores puede ocasionar un funcionamiento incorrecto.

4) No debe usarse en un ambiente junto con aceites o productos químicos.
Consulte con SMC si se prevé el uso de los detectores en ambientes con líquidos refrigerantes, disolventes, aceites o productos químicos. Si los detectores se usan bajo estas condiciones, incluso durante cortos periodos de tiempo, pueden resultar afectados por un aislamiento defectuoso. Fallos de funcionamiento debido a un hincharse de la resina, o un endurecimiento de los hilos conductores.

5) No debe usarse en un ambiente con ciclos térmicos.
Consulte con SMC si se usan detectores en ambientes donde existan ciclos térmicos que no correspondan a los cambios normales de temperatura, ya que los detectores pueden resultar dañados internamente.

Condiciones de trabajo (continuación)

6) No debe usarse en ambientes donde exista un impacto de choque excesivo.
Cuando se aplica un impacto excesivo (300 m/s² o más) sobre un detector tipo Reed durante su funcionamiento, el punto de contacto balaza y se cortará una señal momentáneamente (1 ms o menos). Consulte con SMC sobre la necesidad de utilizar un detector de estado sólido en función del ambiente.

7) Evite la acumulación de polvo de hierro o el contacto directo con sustancias magnéticas.
Si se acumula una gran cantidad de polvo de hierro como, p.ej. virutas de mecanizado o salpicaduras de soldadura, o se coloca una sustancia magnética (cualquier objeto atraído por un imán) muy próxima a un actuador con detector magnético, pueden producirse fallos de funcionamiento en dicho detector debido a una pérdida magnética dentro del actuador.

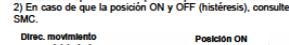
8) No debe usarse en ambientes donde exista un impacto de choque excesivo.
Cuando se aplica un impacto excesivo (300 m/s² o más) sobre un detector tipo Reed durante su funcionamiento, el punto de contacto balaza y se cortará una señal momentáneamente (1 ms o menos). Consulte con SMC sobre la necesidad de utilizar un detector de estado sólido en función del ambiente.

9) Evite la acumulación de polvo de hierro o el contacto directo con sustancias magnéticas.
Si se acumula una gran cantidad de polvo de hierro como, p.ej. virutas de mecanizado o salpicaduras de soldadura, o se coloca una sustancia magnética (cualquier objeto atraído por un imán) muy próxima a un actuador con detector magnético, pueden producirse fallos de funcionamiento en dicho detector debido a una pérdida magnética dentro del actuador.

Mantenimiento

1) Realice periódicamente el siguiente mantenimiento para prevenir posibles riesgos debido a fallos de funcionamiento inesperados.
1) Fije y apriete los tornillos de montaje del detector.
Si los tornillos están flojos o el detector está fuera de la posición inicial de montaje, apriete de nuevo los tornillos una vez que se haya reajustado la posición.
2) Verifique que los hilos conductores no están defectuosos.
Para prevenir un aislamiento defectuoso sustituya los detectores, hilos conductores, etc. en el caso de que estén dañados.

Otros
1) Consulte con SMC acerca de la resistencia al agua, la elasticidad del cable o la aplicación en superficies próximas a soldaduras.
2) En caso de que la posición ON y OFF (histéresis), consulte con SMC.



1) Realice periódicamente el siguiente mantenimiento para prevenir posibles riesgos debido a fallos de funcionamiento inesperados.
1) Fije y apriete los tornillos de montaje del detector.
Si los tornillos están flojos o el detector está fuera de la posición inicial de montaje, apriete de nuevo los tornillos una vez que se haya reajustado la posición.
2) Verifique que los hilos conductores no están defectuosos.
Para prevenir un aislamiento defectuoso sustituya los detectores, hilos conductores, etc. en el caso de que estén dañados.

Otros
1) Consulte con SMC acerca de la resistencia al agua, la elasticidad del cable o la aplicación en superficies próximas a soldaduras.
2) En caso de que la posición ON y OFF (histéresis), consulte con SMC.

Características técnicas

Referencia	D-AS3	D-AS3V	D-A96	D-ASIO-D-AS9V
Tipo de cableado	2 hilos	3 hilos	3 hilos	2 hilos
Aplicación	PLC (*)	Circuitos PLC	PLC, circuitos PLC	PLC, circuitos PLC
Tensión de carga	24 VCC	4 a 8 VCC	24 V CA/CC	48 V CA/CC
Corriente de carga	5 a 40 mA	20 mA máx.	50 mA máx.	40 mA máx.
Caída de tensión interna	2,4 V máx. (hasta 20 mA) 3 V máx. (hasta 40 mA)	2,7 V máx.	0,5 V máx.	—
Resistencia interna	—	—	—	1 Ω o menos (ocurrencia cada 3 m)
Circuito de protec. de contactos	—	Ninguno	—	—
Tiempo de respuesta	—	1,2 ms	—	—
LED indicador	El LED rojo se ilumina cuando está conectado	—	—	—
Prueba de impacto	—	300 m/s ²	—	—
Resistencia al aislamiento	50 MO o más a 500 VCC mega (entre el cable y la carcasa)	—	—	—
Resistencia dieléctrica	1500 VCA durante 1 minuto (entre el cable y la carcasa)	—	—	—
Temperatura ambiente	—	-10 a +67°	—	—
Protección	—	IEC 60529 estándar IP67, JIS C5020	—	—

PLC: Controlador lógico programable

No. D* ZZ-1FF24ES

Designación y funciones de las piezas

D-A90 / D-A83 / D-A80



D-A90V / D-A83V / D-A86V

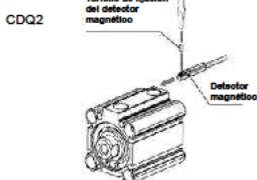


Instalación

Forma de montaje / Fijación de montaje
Cada actuador dispone de una fijación de montaje específica para montaje del detector magnético.

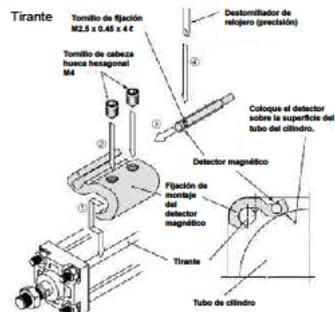
La "Forma de montaje/fijación de montaje" depende del tipo de actuador y del diám. int. del tubo. Véase el catálogo de actuadores.

Cuando monte un detector magnético por primera vez, asegúrese de que el actuador corresponde al tipo con imán integrado y elija las fijaciones que se adaptan al actuador.



Para apretar el tornillo de fijación (M2.5), utilice un destornillador pequeño plano con diámetro de empuñadura de 5 a 6 mm.

El par de apriete necesario es 0.1 a 0.2 Nm.



Instalación (continuación)

1) Montaje del tirante: Fije el detector magnético en la posición de detección con el tornillo de fijación M2.5 usando una fijación de montaje del detector en el tirante del cilindro, con la superficie inferior del detector haciendo buen contacto con el tubo del cilindro.
2) Fijelo en la posición de detección requerida con un tornillo de fijación (M4) usando un destornillador de cabeza hexagonal.
3) Montaje directo: Fije el detector en la ranura de montaje y ajústelo aproximadamente a la posición de detección.

4) Tras comprobar la posición de detección, apriete el tornillo de montaje (M2.5) y fije el detector magnético.

5) Si modifica la posición de detección, vuelva al paso 3.

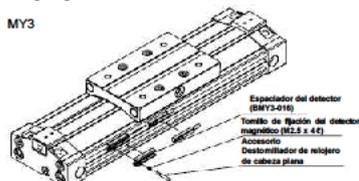
Nota 1) Para proteger los detectores, asegúrese de que el cuerpo principal está insertado en la ranura a una profundidad de 15 mm o más.

Nota 2) El par de apriete necesario del tornillo de cabeza hueca hexagonal (M4) es 1 a 1.2 Nm.

Nota 3) Para apretar el tornillo de fijación (M2.5), utilice un destornillador pequeño plano con diámetro de empuñadura de 5 a 6 mm. El par de apriete necesario es 0.05 a 0.15 Nm.

Como guía, gire 90° tras haber notado una resistencia sólida.

MY3



Cuando monte un detector magnético, inserte primero un espaciador en la ranura de montaje del detector.

Al hacerlo, compruebe que el sentido de montaje es correcto; vuelva a instalarlo en caso necesario.

A continuación, inserte un detector en la ranura y deslíelo hasta colocarlo bajo el espaciador del detector.

Una vez colocado en la posición de montaje, utilice un destornillador de relojero de cabeza plana para apretar el tornillo de montaje.

Nota) Para apretar el tornillo de fijación (M2.5), utilice un destornillador pequeño plano con diámetro de empuñadura de 5 a 6 mm.

El par de apriete necesario es 0.05 a 0.1 Nm.

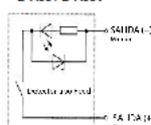
Como guía, gire 90° tras haber notado una resistencia sólida.

Circuito interno y cableado

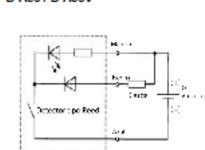
D-A90 / D-A90V



D-A83 / D-A83V

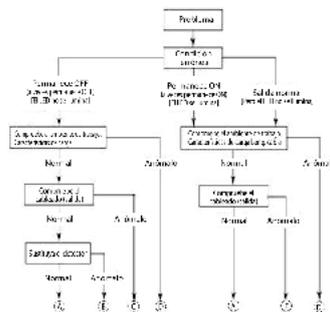


D-A96 / D-A86V



Resolución de problemas

En el caso de que se originen fallos de detección (permanece ON/OFF), realice una comprobación basándose en el siguiente diagrama.



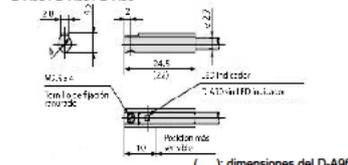
- ① Revisar el cableado.
- ② Revisar la posición de detección: girar el cuerpo principal del detector hasta que se note una resistencia sólida.
- ③ Girar el tubo del cilindro a la posición de detección requerida y comprobar la posición de detección.
- ④ Comprobar la posición de detección: girar el cuerpo principal del detector hasta que se note una resistencia sólida.
- ⑤ Revisar la posición de detección: girar el cuerpo principal del detector hasta que se note una resistencia sólida.

Limitaciones de uso

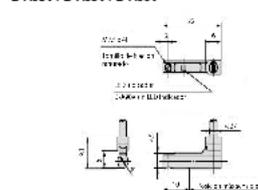
Cualquier uso de un sistema EN ISO 13840 debe estar dentro de los límites especificados y el estado de aplicación. El usuario es responsable de la especificación, diseño, implementación, validación y mantenimiento del sistema de seguridad (SRP/CS).

Esquema con dimensiones (mm)

D-A90 / D-A83 / D-A80



D-A90V / D-A83V / D-A86V



Identificación de

D-A90/D-A83

Marca del lote	7	2007
Marca	8	2008
	9	2009
	0	2010

D-A96/D-A90V/D-A83

Marca del lote	7	2007
Marca	8	2008
	9	2009
	0	2010

Contactos

AUSTRIA	(43) 2262 62280-0
BÉLGICA	(32) 3 355 1464
BULGARIA	(359) 2 974 4492
REP. CHECA	(420) 541 424 611
DINAMARCA	(45) 7025 2900
ESTONIA	(372) 651 0370
FINLANDIA	(358) 207 513513
FRANCIA	(33) 1 5476 1000
ALEMANIA	(49) 6103 4020
GRECIA	(30) 210 271 7265
HUNGRÍA	(36) 23 511 390
IRLANDA	(353) 1 403 9000
ITALIA	(39) 02 92711

SMC Corporation

SMC Corporation, Abilobara LDK15F-4-1
URL: <http://www.smccworld.com>
Las especificaciones pueden sufrir cambios.
© 2011 SMC Corporation Reserva

Anexo E: Durómetro

Product name: SINO HBRVU - 187.5 Brinell Rockwell & Vickers Optical Hardness Tester

This tester is used for determining the Brinell, Rockwell, and Vickers hardness of ferrous, nonferrous metals, hardmetals, carburized layers and chemical treating layers. It can be applied in the factories, scientific research institutes, laboratories and colleges.



Specifications

MODEL	HBRVU187.5
Type	Brinell, Rockwell & Vickers Optical
Preliminary test force (N)	98.07
Total test force for Rockwell hardness (N)	588.4, 980.7, 1471
Total test force for Brinell hardness (N)	306.5, 612.9, 1839
Total test force for Vickers hardness (N)	294.2, 980.7
Test range for Rockwell hardness	20~67 HRC / 30~100 HRB / 70~85 HRA
Test range for Brinell hardness	4~450 HB
Test range for Vickers hardness	14~1000 HV
Magnification of microscope x	37.5x, 75x
Min. calibrated value of micro-measuring drum wheel	0.004mm@37.5x, 0.002mm@75x
Max. height of specimens (mm)	160 for Rockwell, 100 for Vickers, Brinell
Max. depth of specimens (mm)	200
Power supply	AC220V, 50Hz
Dimension (DxWxH) (mm)	560 x 260 x 760
Net weight (kg)	90

Standard Package

MODEL	HBRVU187.5
Main machine	1
Accessory box of main apparatus	

Indenter	Conical angle 120 degree Diamond Rockwell indenter x 1 Pyramidal angle 136 degree Diamond Vickers x 1 Steel ball indenter 1.588mm x 1 2.5mmx1, 5mm x 1
Testing table	Large leveled / medium leveled V shaped, 1 for eac
Standard Rockwell hardness block	55~65 HRC x 1 25~35 HRC x 1 75~95 HRB x 1
Standard Brinell hardness block	200 +/- 50 HB 2.5/187.5/30 x 1
Standard Vickers hardness block	450 +/- 50 HV 30 x 1
Weights	5
Fuse	7A x 2
Lamp	6V 21 CP x 2
Power supply plug	1
Operation instructions	1
Attachment box of microscope	
Microscope	1
Micro-eyepiece	15x x 1
Objective	2.5x x 1, 5x x 1
Sliding test platform	Pyramidal platform x 1, V shaped platform x 1
Lamp shade	for external lighting x 1, for internal lighting x 1
Lamp	6V, 5W x 4

Type of Test	Primary Test Force (N)	Total Test Force (N)	Hardness Scale	Indenter	Measuring Installation	Examples of Measuring and Testing Materials
Rockwell hardness test	98.07	588.4	HRA	diamond cone indenter	optical measurement indicating mechanism	hard alloy carbon carburizing steel
		1471	HRC			quenched steel adjustable quality steel hard cast iron
		980.7	HRB	1.588mm steel ball indenter		mild steel aluminium alloy copper alloy forgeable cast iron



Brinell hardness test	306.5 / 612.9 / 1839	-	HB	2.5mm, 5mm steel ball indenter	microscope	non-ferrous metal cast iron soft alloy plastics
Vickers hardness test	294.2 / 980.7	-	HV 30	diamond angle conical indenter	microscope	the superficial hardness of metallic alloy carburized layer small type thin components

Anexo F: Acero cromado

Barra cromada – Características técnicas Chrome bar – Technical data / Tige chromée – Données techniques

Tipo de barra cromada Chrome Bar / Tige chromée	F114	F125
Acero Steel grade Nuance d'acier	CK45 -> DIN 17200	42CrMo4 -> DIN 17200
Espesor del Cromado Chrome layer thickness Épaisseur de la couche de chrome	25±5 µm	25±5 µm
Tolerancias Tolerances Tolérances	ISO f7	ISO f7
Dureza del recubrimiento Coating hardness Dureté du revêtement	900 - 1150 HV (0,1)	900 - 1150 HV (0,1)
Resistencia de la corrosión Resistance to corrosion Résistance à la corrosion	Min 200 h NSS -> ISO 9227 (*)	Min 200 h NSS -> ISO 9227 (*)
	Rating 9 ISO 10289	Rating 9 ISO 10289
Rugosidad superficial Surface roughness Rugosité de surface	Ra<0,2 µm Rt<2 µm -> ISO 4287-1	Ra<0,2 µm Rt<2 µm -> ISO 4287-1
Error de forma Roundness Rondeur	1/2 tolerancia -> Ø 1/2 tolerance -> Ø 1/2 tolérance -> Ø	1/2 tolerancia -> Ø 1/2 tolerance -> Ø 1/2 tolérance -> Ø
Rectitud Straightness Rectitude Rectitude	1 mm/m	1 mm/m
Características mecánicas / mechanical properties / propriétés mécaniques		
Resistencia a la rotura Breaking load Charge de rupture	650-830 N/mm ²	900-1200 N/mm ²
Limite Elástico Yield strength Limite d'élasticité	Min 440 N/mm ²	Min 650 N/mm ²
Alargamiento mín. Minimum Elongation Allongement minimal	15%	11%

(*) Para Ø <20 mm Rating 9 después de 120h

(*) For Ø <20 mm Rating 9 after 120h

(*) Pour Ø <20 mm Rating 9 après 120h.

Tipo de barra cromada Chrome Bar / Tige chromée	F114T	F125T
Acero Steel grade Nuance d'acier	CK45 -> DIN 17200	42CrMo4 -> DIN 17200
Tratamiento Treatment Traitement	Templado por inducción Induction hardened Trempeé par induction	
Dureza superficial debajo de la capa de cromo Surface hardness beneath the chrome layer Dureté de surface sous la couche de chrome	55-60 HRC	56-61 HRC
Profundidad del templado en función del diámetro Hardening depth depending on diameter Profondeur du durcissement en fonction du diamètre	12<Ø<15 --> 0,8 - 1,4 mm 45<Ø<80 --> 2,2 - 2,6 mm 100<Ø<140 --> 2,5 - 3,5 mm	12<Ø<15 --> 0,8 - 1,4 mm 45<Ø<80 --> 2,2 - 2,6 mm 100<Ø<140 --> 2,5 - 3,5 mm

Barra cromada – Tabla de referencias

Chrome bar – Size range / Tige chromée – Plage de dimensions

REF.	Ø (mm)	Ø (")	Peso (kg) Weight Poids
6	6		0,22
8	8		0,39
10	10		0,62
12	12		0,88
12,7	12,7	1/2	1,00
14	14		1,21
15	15		1,40
15,87	15,87	5/8	1,56
16	16		1,58
17	17		1,78
18	18		2,00
19,05	19,05	3/4	2,23
20	20		2,47
22	22		2,98
22,22	22,22	7/8	3,04
24	24		3,58
25	25		3,85
25,4	25,4	1	3,98
26	26		4,16
28	28		4,83
28,58	28,58	1 1/8	5,00
30	30		5,55
31,75	31,75	1 1/4	6,21

REF.	Ø (mm)	Ø (")	Peso (kg) Weight Poids
32	32		6,31
34,92	34,92	1 3/8	7,52
35	35		7,55
36	36		7,99
38	38		8,90
38,1	38,1	1 1/2	8,95
40	40		9,86
41,27	41,27	1 5/8	10,50
42	42		10,90
44,45	44,45	1 3/4	12,18
45	45		12,48
47,62	47,62	1 7/8	15,40
50	50		15,41
50,8	50,8	2	15,91
55	55		18,65
56	56		19,34
57,15	57,15	2 1/4	20,00
60	60		22,20
60,33	60,33	2 3/8	22,40
63	63		24,50
63,5	63,5	2 1/2	24,70
65	65		26,05
69,85	69,85	2 3/4	30,01

REF.	Ø (mm)	Ø (")	Peso (kg) Weight Poids
70	70		30,21
75	75		34,68
76,2	76,2	3	35,80
80	80		39,46
82,55	82,55	3 1/4	42,01
85	85		44,54
88,9	88,9	3 1/2	48,72
90	90		49,94
95	95		55,64
100	100		61,65
101,6	101,6	4	63,64
105	105		67,97
110	110		74,60
114,3	114,3	4 1/2	80,54
115	115		81,54
120	120		88,54
125	125		88,78
127	127	5	96,33
130	130		104,20
140	140		120,84
150	150		138,72
160	160		158,00
180	180		199,76

Otros diámetros bajo consulta / Other diameters on request / Autres diamètres sur demande

Tubo cromado

Outside chrome tube / Tube d'acier extérieur chromé

Tipo de tubo Tube type Type de tube	Cromado exteriormente Outside chrome tube Tube extérieur chromé
Acero Steel grade Nuance d'acier	S355+SR -> EN 10305-1
Espesor del Cromado Chrome layer thickness Épaisseur de la couche de chrome	25±5 µm
Tolerancias Tolerances Tolérances	ISO f7
Dureza del recubrimiento Coating hardness Dureté du revêtement	900 - 1150 HV (0,1)
Resistencia de la corrosión Resistance to corrosion Résistance à la corrosion	Min 200 h NSS -> ISO 9227 (*) Rating 9 ISO 10289
Rugosidad superficial Surface roughness Rugosité de surface	Ra<0,2 µm Rt<2 µm -> ISO 4287-1
Error de forma Roundness Rondeur	1/2 tolerancia -> Ø 1/2 tolerance -> Ø 1/2 tolérance -> Ø
Rectilíneidad Straightness Rectitude	1 mm/m

REF.	Ø (mm)		Espesor Thickness Épaisseur (mm)	Peso Weight Poids (Kg)
	Exterior Outside Extérieur	Interior Inside Intérieur		
TCR3020	30	20	5	3,09
TCR3015	30	15	7,5	2,76
TCR3520	35	20	7,5	6,20
TCR4020	40	20	10	7,40
TCR4530	45	30	7,5	6,94
TCR5035	50	35	7,5	7,86
TCR5030	50	30	10	9,87
TCR6050	60	50	5	6,79
TCR6045	60	45	7,5	9,71
TCR6040	60	40	10	12,33
TCR7060	70	60	5	8,02
TCR7050	70	50	10	14,08
TCR8070	80	70	5	9,24
TCR9075	90	75	7,5	15,26

Otros diámetros bajo consulta.
Other diameters on request.
Autres diamètres sur demande.

(*) Para Ø <20 mm Rating 9 después de 120h.

(*) For Ø <20 mm Rating 9 after 120h.

(*) Pour Ø <20 mm Rating 9 après 120h.



La fuerza de un equipo a tu servicio

www.cicrosa.com • info@cicrosa.com • Tel [+34] 979 761 434

[63]

06

Barra cromada. Otras posibilidades comerciales

Chrome bar. Other commercial possibilities / Tige chromée. Également disponible

Tipo de barra cromada inoxidable <i>Stainless steel bar / Tige en acier inoxydable</i>	INOX AISI 304	INOX AISI 431
Acero / Steel grade / Nuance d'acier	1.4301 → EN 10088	1.4057 → EN 10088
Espesor del Cromado <i>Chrome layer thickness</i> <i>épaisseur de la couche de chrome</i>	25±5 µm	25±5 µm
Tolerancias / Tolerances / Tolérances	ISO f7	ISO f7
Dureza del recubrimiento <i>Coating hardness</i> <i>Dureté du revêtement</i>	Min. 900 HV (0,1)	Min. 900 HV (0,1)
Resistencia de la corrosión <i>Resistance to corrosion</i> <i>Résistance à la corrosion</i>	Min 1000 h NSS → ISO 9227 Rating 9 ISO 10289	Min 500 h NSS → ISO 9227 Rating 9 ISO 10289
Rugosidad superficial <i>Surface roughness</i> <i>Rugosité de surface</i>	Ra<0,2 µm → ISO 4287-1	Ra<0,2 µm → ISO 4287-1
Características mecánicas / mechanical properties / propriétés mécaniques		
Resistencia a la rotura / Breaking load / Charge de rupture	490-680 N/mm ²	820-900 N/mm ²
Limite Elástico / Yield strength / Limite d'élasticité	Min. 205 N/mm ²	Min. 630 N/mm ²
Otras calidades INOXIDABLES disponibles / Other grades also available / Nuances aussi disponible. AISI 316 (1.4401 EN 10088) y AISI 420 (1.4021 EN 10088)		

Tipo de barra cromada <i>Type / Type</i>	Ni - Cr	Doble capa <i>Double layer / Double couche</i>
Acero / Steel grade / Nuance d'acier	20MnV6 → DIN 17200	CK45 → DIN 17200
Espesor del Cromado <i>Chrome layer thickness</i> <i>épaisseur de la couche de chrome</i>	Ni = Min. 30 µm / Cr = Min. 25 µm	Min. 50 µm
Tolerancias / Tolerances / Tolérances	ISO f7	ISO f7
Dureza del recubrimiento <i>Coating hardness</i> <i>Dureté du revêtement</i>	Min. 900 HV (0,1)	Min. 900 HV (0,1)
Resistencia de la corrosión <i>Resistance to corrosion</i> <i>Résistance à la corrosion</i>	Min 1000 h NSS → ISO 9227 Rating 10 ISO 10289	Min 500 h NSS → ISO 9227 Rating 9 ISO 10289
Rugosidad superficial <i>Surface roughness</i> <i>Rugosité de surface</i>	Ra<0,2 µm → ISO 4287-1	Ra<0,2 µm → ISO 4287-1
Características mecánicas / mechanical properties / propriétés mécaniques		
Resistencia a la rotura / Breaking load / Charge de rupture	Min. 580 N/mm ²	Min. 560 N/mm ²
Limite Elástico / Yield strength / Limite d'élasticité	Min. 440 N/mm ²	Min. 350 N/mm ²

Tipo de producto <i>Product / Produit</i>	Acero Nitrocarburado <i>Nitrocarburized Steel / Acier Nitrocarbure</i>
Proceso <i>Process</i> <i>Processus</i>	Nitrocarburation en baños de sales. <i>Nitrocarburizing treatment in baths of molten salts.</i> <i>Carbonituration dans des bains de sels fondus.</i>
Mejoras vs cromado <i>Advantages vs. chromium plating</i>	Consideraciones medioambientales <i>Environmental considerations</i> <i>Des considérations environnementales</i>
Avantages vs. Chromage	Mejor resistencia a la corrosión y al desgaste <i>Better corrosion and wear resistance</i> <i>Meilleure résistance à la corrosion et à l'usure.</i>
	Característica no escamante de la capa <i>Non-flaking layer</i> <i>Aucun écaillage de la couche</i>

Anexo G: Aluminio 7075-T6

-7075- (ALUMINIO – ZINC)

COMPOSICIÓN QUÍMICA

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros elementos		Al
Mínimo			1,20		2,10	0,18	5,10		Zr + Ti	Total	
Máximo	0,40	0,50	2,00	0,30	2,90	0,28	6,10	0,20	0,25	0,15	El resto

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS (a temperatura ambiente de 20°C)

Estado	Espesor	Características a la tracción				Resistencia a la cizalladura τ N/mm ²	Dureza Brinell (HB)
		Carga de rotura R _m N/mm ²	Límite elástico R _p 0,2 N/mm ²	Alargamiento A 5,65%	Límite a la fatiga N/mm ²		
0		225	105		230	150	60
T6	6 – 12	530	450	8	300	350	140
T6	12 – 25	530	450	5	300	350	140
T6	26 – 50	530	450	3	300	350	140
T6	51 – 83	500	430	2	300	350	130
T6	83 – 75	480	410	2	300	350	130
T6	75 – 100	480	390	2	300	350	130
T7351		505	435	13	300	305	140

PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS (a temperatura ambiente de 20°C)

Módulo elástico N/mm ²	Peso específico g/cm ³	Intervalo de fusión °C	Coefficiente de dilatación lineal 1/10 ⁶ K	Conductividad térmica W/m K	Resistividad eléctrica a 20°C - $\mu\Omega$ cm	Conductividad eléctrica % IACS	Potencial de disolución V
72,000	2,81	475-635	23,5	0-175	0-3,8	0-45,5	-0,81
				T6-134	T6-5,2	T6-33,0	

APTITUDES TECNOLÓGICAS

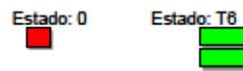
SOLDADURA

A la llama
Al arco bajo gas argón
Por resistencia eléctrica
Braseado



MECANIZACIÓN

Fragmentación de la viruta
Brillo de superficie



COMPORTAMIENTO NATURAL

En ambiente rural
En ambiente industrial
En ambiente marino
En agua de mar



RECUBRIMIENTO

Lacado
Galvanizado
Niquel químico



ANODIZADO

De protección
Decorativo
Anodizado duro



RADIOS DE PLEGADO

Estado	0,4<e<0,8 mm,	0,8<e<1,6 mm	1,6<e<3,2 mm,	3,2<e<4,8 mm,	4,8<e<6 mm,	6<e<10 mm,	10<e<12 mm,
0	0	1	1	1,5	2,5	3,5	
T6	4,5	5,5	6,5	7	8		

Multiplicar el coeficiente por el espesor (e) de la chapa

-7075- (ALUMINIO – ZINC)

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA ALEACIÓN A DIFERENTES TEMPERATURAS

Estado	-195°C			-80°C			-30°C			+25°C			+100°C		
	Rm	Rp 0,2	A 5,65	Rm	Rp 0,2	A 5,65	Rm	Rp 0,2	A 5,65	Rm	Rp 0,2	A 5,65	Rm	Rp 0,2	A 5,65
T8	705	635	9	620	545	11	595	515	11	570	505	11	485	450	14
T7351	635	495	14	545	460	14	525	450	13	505	435	13	435	400	15

Estado	+150°C			+205°C			+280°C			+315°C			+370°C		
	Rm	Rp 0,2	A 5,65												
T8	215	185	30	110	90	55	75	60	65	55	45	70	41	32	70
T7351	215	185	30	110	90	55	75	60	65	55	45	70	41	32	70

Rm N/mm²; Rp N/mm²; A 5,65 %

Según normas A.A.

TRATAMIENTOS DEL ALUMINIO

Estado	Tratamiento de puesta en solución T°C	Medio de temple	Tratamientos de maduración artificial. Mantenimiento a T° en horas
T6	465°C ± 5 °C	Agua a 40°C máx	12 a 16 horas a 135° ± 3°C
T73			Chapas: 6 a 8 horas a 108°C seguido de 24 a 30 horas a 161°C ± 3°C
T73			Chapas: 6 a 8 horas a 108°C seguido de 8 a 12 horas a 177°C ± 5°C
T651	Tracción controlada de 1,5 a 3%,		

Intervalo de temperatura de forja: 350° – 450°C

Recocido total: 420°C seguido de 6 horas a 230°C si se va a almacenar durante largo tiempo

Recocido contra acritud: 340°C

1 kg / mm² = 9,81 N/mm²; 1N/mm² = 1MPa

APLICACIONES

Debido a su elevado límite elástico es una aleación muy adecuada para piezas sometidas a grandes fatigas, se utiliza para la construcción de troqueles, moldes de soplado, matrices, maquinaria, herramientas, armamento, blindajes, industria del automóvil, piezas estampadas, tomillería, bastones de esquí, accesorios ortopédicos, cañas de pesca, arcos y flechas, raquetas de tenis, remaches, aplicaciones nucleares.

OBSERVACIONES

Se ha de tener cuidado en la elección del temple (u otros tratamientos térmicos) para el equilibrio de características. Se puede plaquear con la aleación 7072 para una mejor protección contra las grietas por corrosión bajo tensión. Con herramientas apropiadas se puede mecanizar a velocidades superiores a 2000 m/min.



PRESUPUESTO



Índice presupuesto

Presupuesto: 1 Cuadro de precios básicos.....	83
Presupuesto: 2 Cuadro de precios unitarios	83
Presupuesto: 3 Cuadro de precios descompuestos	85
Presupuesto: 4 Presupuesto	89

Presupuesto: 1 Cuadro de precios básicos

Código	Ud.	Descripción	Importe €
1		Mano de obra	
MO 001	h	Ingeniero técnico en mecánica	25,00
MO 002	h	Ingeniero de fabricación	15,00
MO 003	h	Ingeniero de taller	10,00

Presupuesto: 2 Cuadro de precios unitarios

Código	Ud.	Descripción	Importe €
2		Software	
SW 001	año	Ansys Workbench premium license	41710,00
SW 002	año	SolidWorks professional license	13200,00
SW 003	año	SolidWorks PDM professional license	5415,00
SW 004	año	Matlab license	800,00

Código	Ud	Descripción	Importe €
3		Componente	
CC 001	ud	Junta tórica DK 105	15,00
CC 002	ud	Muelles personalizados 1	16,79
CC 003	ud	Muelles personalizados 2	16,79
CC 004	ud	Muelles personalizados 3	16,79
CC 005	ud	Muelles personalizados 4	16,79
CC 006	ud	Tornillo D7991 M4x16 A2-70INOX	0,044
CC 007	ud	Tornillo D7991 M4x12 A2-70INOX	0,032
CC 008	ud	Tornillo allen D912 M6x30 A2-70INOX	0,044
CC 009	ud	Tornillo allen D912 M6x45 A2-70INOX	0,064
CC 010	ud	Tuerca autoblocante D985 M4 A2-70INOX	0,004
CC 011	ud	Tuerca autoblocante D985 M6 A2-70INOX	0,014
CC 012	ud	Arandela D9021 M6 A4INOXZINN	0,012
CC 013	ud	Arandela D125-A1 M6 A4INOX	0,015



Código	Ud	Descripción	Importe €
4		Fabricación piezas	
FP 001	ud	Mecanizado CNC de la placa	132,00
FP 002	ud	Torneado del émbolo	126,00
FP 003	ud	Mecanizado CNC soporte de guía	38,50
FP 004	ud	Torneado guía	21,00
FP 005	ud	Mecanizado CNC cámara	465,00
FP 006	ud	Torneado tapón guía	14,00
FP 007	ud	Torneado soporte muelle	20,00
FP 008	ud	Mecanizado CNC soporte-chasis	200,00

Código	Ud	Descripción	Importe €
5		Herramienta de trabajo	
HT 001	ud	Juego llaves allen y torx	15,38
HT 002	ud	Juego de llaves fijas	45,00
HT 003	ud	Fijador de roscas loctite 243 (10 ml)	9,33
HT 004	ud	Grasa beige de montaje: OKS 402	17,10
HT 005	ud	Gafas de seguridad 3M securefit 600	12,68
HT 006	ud	Guantes anticorte	14,17
HT 007	ud	Pie de rey digital 150 mm -1/100	124,40



Presupuesto: 3 Cuadro de precios descompuestos

UO 001 [mes]

Diseño mecánico del sistema

Fase iterativa de investigación y diseño CAD en SolidWorks del mecanismo, gestionado desde el servidor SolidWorks PDM, así como del correspondiente análisis por elementos finitos de las distintas partes que componen el sistema, empleando Ansys Workbench.

Código	Ud	Descripción	Rendim.	Precio unitario	Importe €
1.1					
Mano de obra					
MO 001	h	Ingeniero técnico en mecánica	120,00	25,00	3000,00
Subtotal mano de obra:					3000,00
1.2					
Software					
SW 001	año	Ansys Workbench premium license	0,083	41710,00	3461,93
SW 002	año	SolidWorks professional license	0,083	13200,00	1095,60
SW 003	año	SolidWorks PDM professional license	0,083	5415,00	449,45
SW 004	año	Matlab license	0,083	800,00	66,40
Subtotal software:					5073,38
1.3					
Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2	8073,38	161,47
Costes directos:					8234,84



UO 002 [Sistema]

Manufactura del sistema

Mecanizado de todas y cada uno de los componentes principales que componen el actuador, ya sea por fresado o por torneado.

Código	Ud	Descripción	Rendim.	Precio unitario	Importe €
2.1		Mano de obra			
MO 002	h	Ingeniero de fabricación	30,00	15,00	450,00
MO 003	h	Ingeniero de taller	30,00	10,00	300,00
			Subtotal mano de obra:		750,00
2.2		Fabricación actuador			
FP 001	ud	Mecanizado CNC de la placa	1	132,00	132,00
FP 002	ud	Torneado del émbolo	1	126,00	126,00
FP 003	ud	Mecanizado CNC soporte de guía	2	38,50	77,00
FP 004	ud	Torneado guía	2	21,00	42,00
FP 005	ud	Mecanizado CNC cámara	1	465,00	465,00
FP 006	ud	Torneado tapón guía	2	14,00	28,00
FP 007	ud	Torneado soporte muelle	4	20,00	80,00
FP 008	ud	Mecanizado CNC soporte-chasis	1	200,00	200,00
			Subtotal fabricación:		950,00
2.3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2	1700,00	34,00
			Costes directos:		1734,00

UO 003 [Ud.]

Adquisición de componentes comerciales

Compra de todos y cada uno de los componentes comerciales necesarios para ensamblar el conjunto, tuercas tornillos y arandelas, así como los componentes necesarios para el buen funcionamiento del sistema, juntas tóricas y muelles para ajustar la precarga del actuador.

Código	Ud	Descripción	Rendim.	Precio unitario	Importe €
3.1		Tornillos			
CC 006	ud	Tornillo D7991 M4x16 A2-70INOX	4	0,044	0,18
CC 007	ud	Tornillo D7991 M4x12 A2-70INOX	3	0,032	0,10
CC 008	ud	Tornillo allen D912 M6x30 A2-70INOX	4	0,044	0,18
CC 009	ud	Tornillo allen D912 M6x45 A2-70INOX	2	0,064	0,13
				Subtotal tornillos:	0,58
3.2		Tuercas			
CC 010	ud	Tuerca autoblocante D985 M4 A2-70INOX	4	0,004	0,02
CC 011	ud	Tuerca autoblocante D985 M6 A2-70INOX	2	0,014	0,03
				Subtotal tuercas:	0,04
3.3		Arandelas			
CC 012	ud	Arandela D9021 M6 A4INOXZINN	2	0,012	0,02
CC 013	ud	Arandela D125-A1 M6 A4INOX	4	0,015	0,06
				Subtotal arandelas:	0,08
3.4		Otros			
CC 001	ud	Junta tórica DK 105	2	15,00	30,00
CC 002	ud	Muelles personalizados 1	2	16,79	33,58
CC 003	ud	Muelles personalizados 2	2	16,79	33,58
CC 004	ud	Muelles personalizados 3	2	16,79	33,58
CC 005	ud	Muelles personalizados 4	2	16,79	33,58
				Subtotal otros:	164,32
3.5		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2	165,02	3,30
				Costes directos:	168,32



UO 004 [Ud.]

Adquisición herramientas y EPIs para el montaje del sistema

Compra de las herramientas para poder montar todo el sistema correctamente. Incluye los componentes de seguridad necesarios para evitar posibles daños menores.

Código	Ud	Descripción	Rendim.	Precio unitario	Importe €
4.1		Herramientas			
HT 001	ud	Juego llaves allen y torx	1	15,38	15,38
HT 002	ud	Juego de llaves fijas	1	45,00	45,00
HT 003	ud	Fijador de roscas loctite 243 (10 ml)	1	9,33	9,33
HT 004	ud	Grasa beige de montaje: OKS 402	1	17,10	17,10
HT 007	ud	Pie de rey digital 150 mm -1/100	1	124,40	124,40
Subtotal herramientas:					211,21
4.2		Elementos de seguridad			
HT 005	ud	Gafas de seguridad 3M securefit 600	1	12,68	12,68
HT 006	ud	Guantes anticorte	1	14,17	14,17
Subtotal elementos de seguridad:					26,85
4.3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2	238,06	4,76
Costes directos:					242,82

UO 005 [Sistema]

Montaje final del sistema

Montaje del sistema final así como de su montaje en el prototipo y ajuste final

Código	Ud	Descripción	Rendim.	Precio unitario	Importe €
5.1		Ensamblaje del actuador			
MO 003	h	Ingeniero de taller	1	10,00	10,00
Subtotal montaje actuador:					10,00
5.2		Montaje y ajuste en el chasis			
MO 003	h	Ingeniero de taller	0,5	10,00	5,00
Subtotal montaje:					5,00
5.3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2	15,00	0,3
Costes directos:					15,30



Presupuesto: 4 Presupuesto

Código	Ud.	Descripción	Rendim.	Precio unitario	Importe €
UO 001	mes	Diseño mecánico del sistema	4	8234,84	32939,37
UO 002	sistema	Manufactura del sistema	4	1734,00	6936,00
UO 003	sistema		4	168,32	673,30
		Adquisición de elementos para el montaje del sistema			
UO 004	ud	Adquisición de herramientas para el montaje del sistema	1	242,82	242,82
UO 005	sistema	Montaje del sistema	4	15,30	61,20
		Costes indirectos			
	%	Costes indirectos	1	40852,69	408,53
Presupuesto de Ejecución Material (PEM):					41261,22
		Gastos generales			
	%	Gastos generales	13	41261,22	5363,96
		Beneficio			
	%	Beneficio	6	41261,22	2475,67
Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC):					49100,85
		Impuesto Valor Añadido (IVA)			
	%	Impuesto Valor Añadido (IVA)	21	49100,85	10311,18
Presupuesto de inversión:					59412,02



PLIEGO DE CONDICIONES



Índice pliego de condiciones

- 1 Pliego de condiciones generales	92
- 2 Pliego de prescripciones técnicas.....	93
- 3 Pliego de condiciones facultativas	96

- 1 Pliego de condiciones generales

1.1 Objeto del pliego

El pliego de condiciones actual, pretende recoger todas las condiciones que deden de ejecutarse y cumplirse durante la fase de ejecución del proyecto *“Diseño, fabricación y validación de un freno neumático para Hyperloop UPV”*.

Se reúnen las diferentes necesidades que se hna de cumplir, así como sus responsables y obligaciones para cada uno de ellos.

Este documento no tiene la intención de reunir las especificaciones técnicas constructivas del proyecto, como la elección de materiales y la fabricación del proyecto, que recae sobre el contratista.

1.2 Agentes involucrados

Para llevar a acabo este proyecto se definen 3 agentes involucrados:

- Promotor: Se declara al **equipo directivo de Hyperloop UPV** como promotor del presentes proyecto.
- Projectista: La responsabilidad de desarrollar el proyecto bajo las expectativas y necesidades del promotor recae sobre **Ricardo González-barranca Domingo**.
- Contratista: El compromiso de garantizar la ejecución y la fabricación del proyecto recae sobre **Jose Luís Lores** y sobre **Virginio Alcalde**, tesorero y responsable de compras del equipo respectivamente.

1.3 Documentación del proyecto

El presente documento consta de los siguientes documentos:

- Documento 1: Memoria descriptiva
- Documento 2: Anexos
- Documento 3: Presupuesto
- Documento 4: Pliego de condiciones
- Documento 5: Planos

Se consideran documentos contractuales aquellos que se listan a continuación:

- Documento 2: Anexos
- Documento 3: Presupuesto
- Documento 4: Pliego de condiciones
- Documento 5: Planos

Se entienden como documentos contractuales aquellos que son de obligado cumplimiento para la realización del proyecto, el resto son meramente informativos.

- 2 Pliego de prescripciones técnicas

Para la ejecución del proyecto, contratista y promotor pondrán a disposición del proyectista aquellas características y requerimientos técnicos que en el mecanismo deba cumplir. Dichos requerimientos responderán de acuerdo a las necesidades del proyecto mayor, ya sea para el desarrollo conceptual de un prototipo hyperloop, o un demostrador a escala real.

Asimismo, es responsabilidad del proyectista, mantener periódicamente actualizado al promotor sobre los avances del proyecto. Deberá reportar los pasos seguidos y los resultados finales obtenidos en un informe final de proyecto.

El contenido mínimo pactado por los agentes del proyecto, debe de incorporar los siguientes documentos:

- Documento 1. MEMORIA DESCRIPTIVA: define los objetivos, la metodología de trabajo, las restricciones de diseño, el diseño mecánico iterativo del sistema y por último, las pautas de fabricación.
- Documento 2. ANEXOS: incorpora los documentos necesarios referenciados a la memoria descriptiva, en relación a materiales empleados y componentes comerciales.
- Documento 3. PRESUPUESTO: cuantifica el coste económico del proyecto total, desglosado en las diferentes unidades de obra.
- Documento 4. PLIEGO DE CONDICIONES: permite delimitar los derechos y responsabilidades de los agentes involucrados, estableciendo un marco legal para el desarrollo del proyecto.
- Documento 5. PLANOS: se incluyen planos proporcionados por el promotor correspondientes a las piezas que conforman el mecanismo objetivo del proyecto.

Se cumplirán en todos los sentidos, los reglamentos, requisitos locales o normativas aplicables, tanto para los equipos como personal implicado. Se destacan:

- Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Norma UNE 36010 y UNE-EN 10020:2001. Definición y clasificación de los tipos de aceros.
- Norma UNE 157001:2002, febrero: Criterios generales para la elaboración de proyectos, AENOR
- Norma UNE 1032. Principios generales de representación de dibujos técnicos
- Norma UNE 50-132-94. Documentación para numeración de las divisiones y subdivisiones en los documentos escritos, AENOR
- Norma UNE 82100, partes 01 a 13. Magnitudes y unidades, AENOR.



- Norma UNE-EN 1330-5:1999. Ensayos no destructivos. Terminología.

En cuanto a los materiales, es responsabilidad del constructor utilizar unos que cumplen las necesidades técnicas del proyecto, y que como mínimo, tengan las características mecánicas citadas en el documento de Anexos.

Respecto a los componentes comerciales, es responsabilidad del constructor utilizar los componentes mencionados en el documento de presupuesto de la siguiente forma:

- Tornillo de cabeza avellanada norma DIN-7991 de métrica 4x16 mm (A2-70INOX) para unir la placa al soporte de las guías y el émbolo a la placa
- Tornillo de cabeza avellanada norma DIN-7991 de métrica 4x12 mm (A2-70INOX) para unir la guía con la placa y el soporte de la guía
- Tornillo de cabeza redonda norma DIN-912 de métrica 6x30 mm para unir la cámara al soporte del chasis
- Tornillo de cabeza redonda norma DIN-912 de métrica 6x45 mm para unir el soporte del chasis al chasis
- Tuerca autoblocante norma DIN-9021 de métrica 4 (A2-70INOX) para unir el soporte de las guías con la placa
- Tuerca autoblocante norma DIN-9021 de métrica 6 (A2-70INOX) para unir el soporte del chasis al chasis
- Arandela partida norma DIN-9021 de métrica 6 (A4INOXZINN) para unir el soporte del chasis al chasis
- Arandela aplana norma DIN-125-A1 de métrica 6 (A4INOX) para unir la cámara con el soporte al chasis
- Junta tórica modelo DK105 para sella el conjunto émbolo-cámara

Es responsabilidad del constructor, seguir los correspondientes planos de detalle para la fabricación de todos y cada uno de los mecanizados del sistema,. Deberán reproducirse la forma, dimensiones, calidad y tolerancias indicadas en plano.

En caso de existir limitaciones en la construcción, deberán de ser notificadas al responsable de la ejecución del proyecto con la mayor brevedad posible para buscar una alternativa.

Los planos que se han de seguir son los siguientes:

- BR-A001-Pneumatic actuator
- BR-A001-A001-P01-M-Placa
- BR-A001-A002-P02-M-Pistón
- BR-A001-A001-P03-M-Soporte guía
- BR-A001-A001-P04-M-Guía
- BR-A001-P01-M-Cámara
- BR-A001-P02-M-Soporte chasis
- BR-A001-P03-M-Tapón guías
- BR-A001-P04-M-Spring support
- BR-A001-P05-M-Spring support V2



El orden lógico a seguir para conseguir llevar a cabo el proyecto es el siguiente:

- a) Adquisición de componentes comerciales
- b) Mecanizado de los 4 mecanismos completos
- c) Validación de dimensiones y tolerancias
- d) Montaje del sistema
- e) Montaje del sistema en el prototipo
- f) Realización de ensayos dinámicos

- 3 Pliego de condiciones facultativas

El pliego de condiciones facultativas pretende definir y delimitar las responsabilidades y obligaciones de los distintos agentes involucrados en el desarrollo del proyecto.

PROMOTOR

La figura del promotor recae sobre el equipo directivo de Hyperloop UPV que encarga este proyecto al contratista y, por ende, al proyectista. El promotor es responsable en todo momento de la correcta definición de las especificaciones bajo las que debe diseñarse el mecanismo.

De esta manera, el promotor se asume responsable de cualquier fallo que conlleve un incremento en el coste del proyecto, o un retraso en la fecha de fin del mismo.

El promotor podrá solicitar al Contratista y Proyectista, la información que desee en relación al estado del proyecto y cumplimiento de los plazos, independientemente del estado en que se encuentre la ejecución del mismo.

CONTRATISTA

El papel del Contratista recae sobre Virginio Alcalde. Es responsabilidad del contratista, asegurar de que el mecanizado del sistema se realiza de acuerdo a los documentos del proyecto desarrollados.

Asimismo, el contratista también dispone de capacidad para solicitar la información que desee en relación al estado del proyecto, pudiendo detener el mismo si así lo permiten las cláusulas especificadas más adelante.

PROYECTISTA

La figura del Proyectista recae sobre Ricardo González-barranca Domingo. Es responsabilidad del proyectista solventar cualquier incoherencia que aparezca durante la ejecución del proyecto, ya sea en la fabricación como en la validación del mecanismo.

El proyectista se reserva el derecho de llevar a cabo el diseño, siguiendo las especificaciones técnicas del proyecto, de acuerdo a su criterio como ingeniero profesional, e independientemente de los intereses del contratista o promotor.

Tanto los plazos de ejecución como la fecha de inicio del diseño quedan definidos en el contrato, siendo ambas de obligatorio cumplimiento para el Proyectista:



- Fecha de inicio del proyecto: 01/09/2021
- Fecha de fin del proyecto: 29/06/2022

El proyectista se reserva el derecho de solicitar una prolongación de los plazos de entrega, siempre bajo debida justificación. No obstante, dicho retraso tendrá que ser aceptado por el contratista, asumiendo este la responsabilidad de los nuevos plazos de cara a la justificación de los mismos ante el promotor del proyecto.

El diseño mecánico del sistema de anclaje y regulación dimensiona, poseerá una garantía de un año, a partir de la entrega del proyecto al cliente.

Durante este periodo, es responsabilidad del proyectista realizar el rediseño de aquellas partes que se demuestren fallidas. No obstante, bajo ningún caso el proyectista deberá abonar gasto alguno para el rediseño, fabricación o validación del nuevo mecanismo.



PLANOS



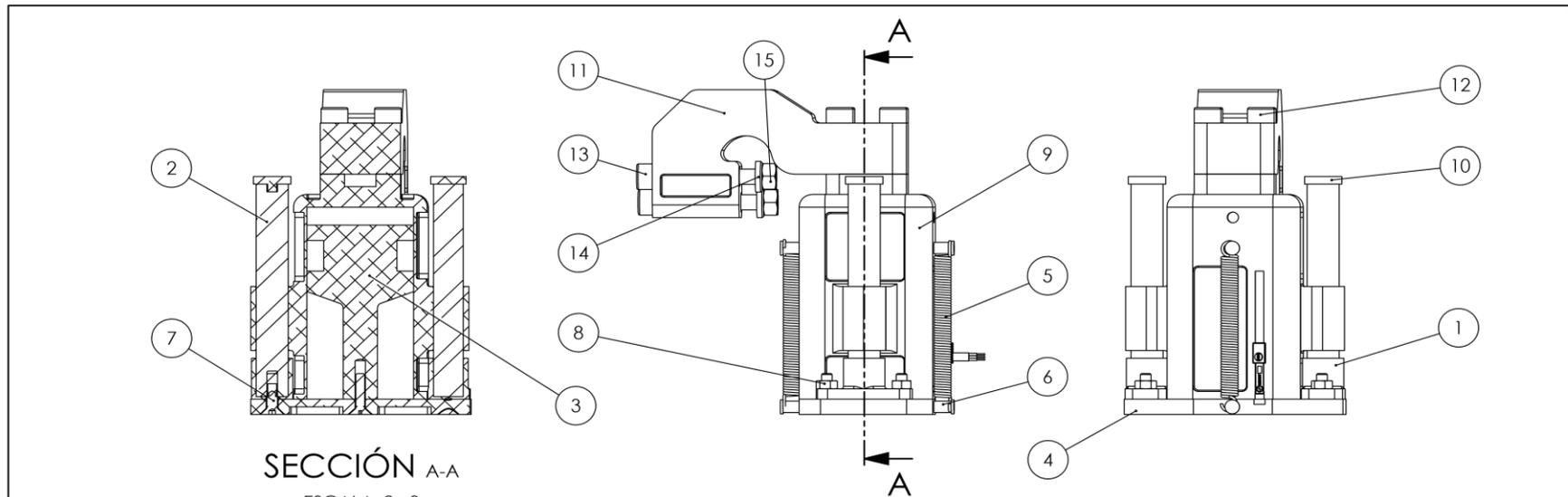
Índice de planos

Plano 1: BR-A001-Pneumatic actuator	101
Plano 2: BR-A001-A001-P01-M-Placa	102
Plano 3: BR-A001-A001-P02-M-Pistón	103
Plano 4: BR-A001-A001-P03-M-Soporte guía.....	104
Plano 5: BR-A001-A001-P04-M-Guía	105
Plano 6: BR-A001-P01-M-Cámara.....	106
Plano 7: BR-A001-P02-M-Soporte chasis	107
Plano 8: BR-A001-P03-M-Tapón guía	108
Plano 9: BR-A001-P04-M-Spring support.....	109
Plano 10: BR-A001-P05-M-Spring support V2.....	110





Plano 1: BR-A001-Pneumatic actuator

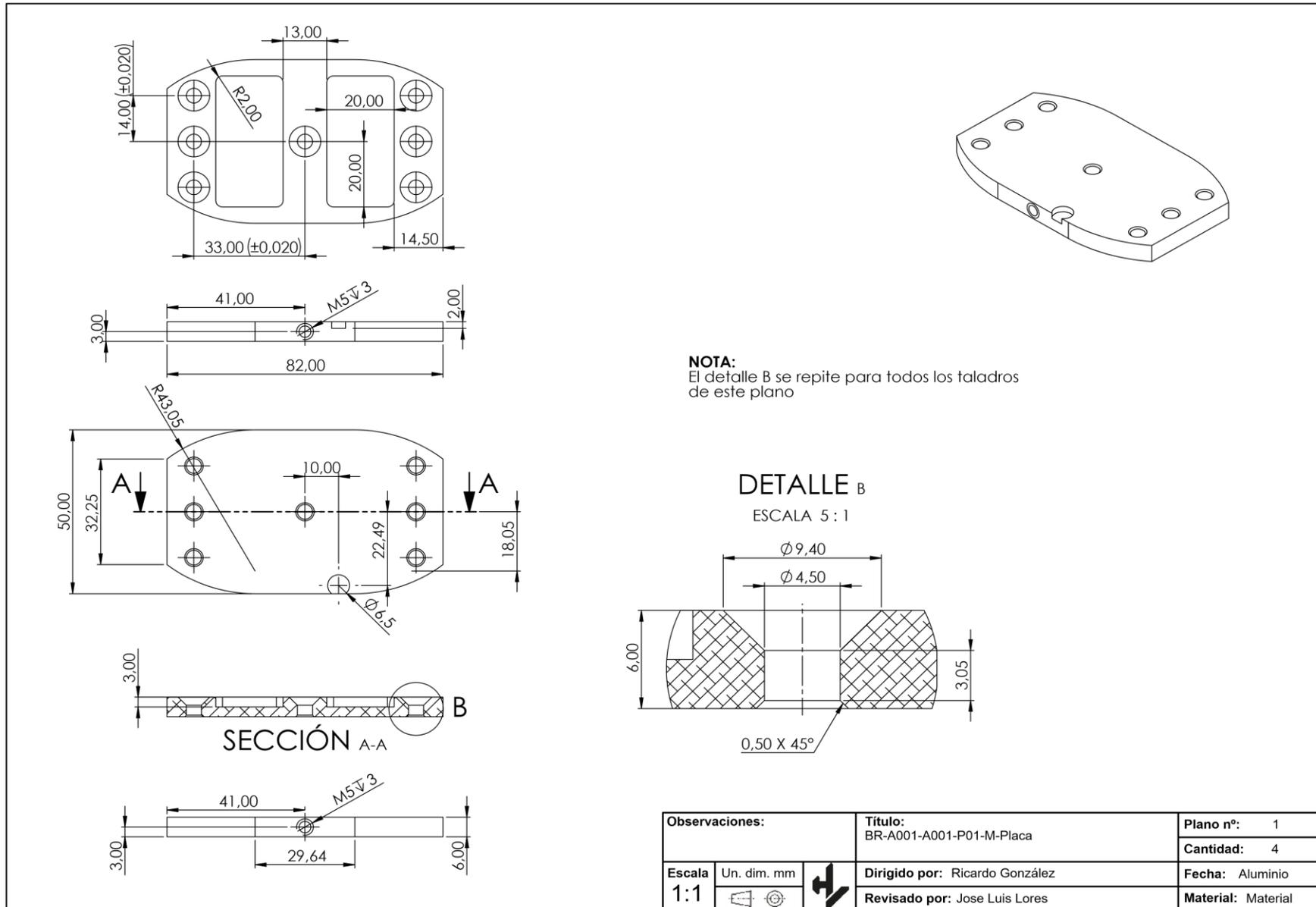


SECCIÓN A-A
ESCALA 2 : 3

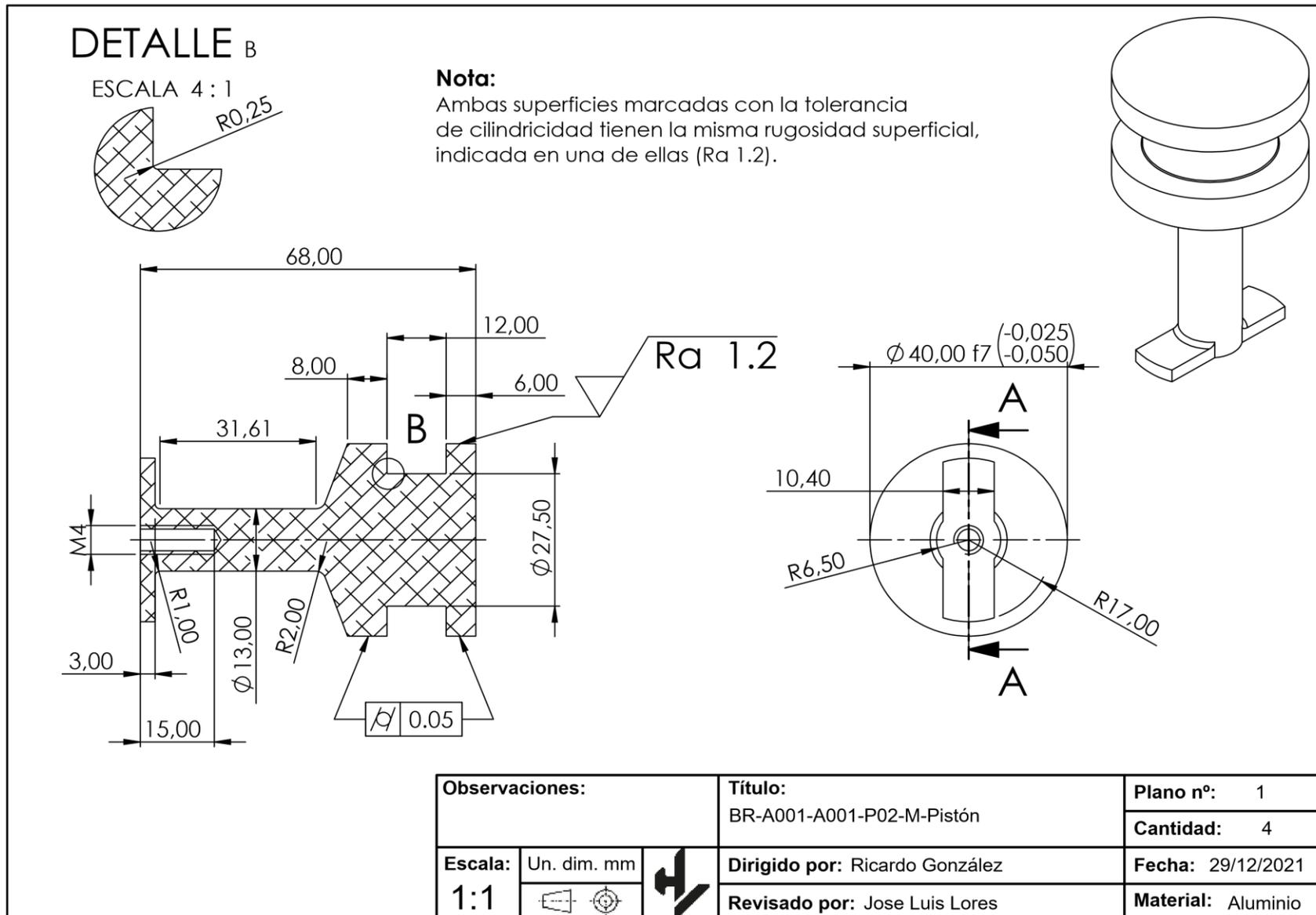
Nº	Part Name	Material	QTY
1	BR-A001-A001-P03-M-Soporte Guia	Aluminio	2
2	BR-A001-A001-P04-M-Guia	Acero cromado	2
3	BR-A001-A001-P04-M-Piston	Aluminio	1
4	BR-A001-A001-P01-M-Placa	Aluminio	1
5	STANDARD-Muelle		2
6	BR-A001-P04-M-Soporte Muelle	Acero	4
7	STANDARD-Tornillo M4x16	Acero	7
8	STANDARD- Tuerca Autoblocante M4		6
9	BR-A001-P01-M-Camara	Aluminio	1
10	BR-A001-P03-M-Tapón Guia	Aluminio	2
11	BR-A001-P02-M-Soporte Chasis	Aluminio	1
12	STANDARD-Tornillo M6x28		4
13	STANDARD-Tornillo M6x45		4
14	STANDARD-Arandela M6		4
15	STANDARD-Tuerca Autoblocante M6		4

Observaciones: Observaciones		Título: Insertar Título Aquí	Plano nº: 1
			Cantidad: X
Escala X:X	Un. dim. mm	Dirigido por: Insertar Nombre Aquí	Fecha: DD/MM/2021
		Revisado por: Jose Luis Lores	Material: Material

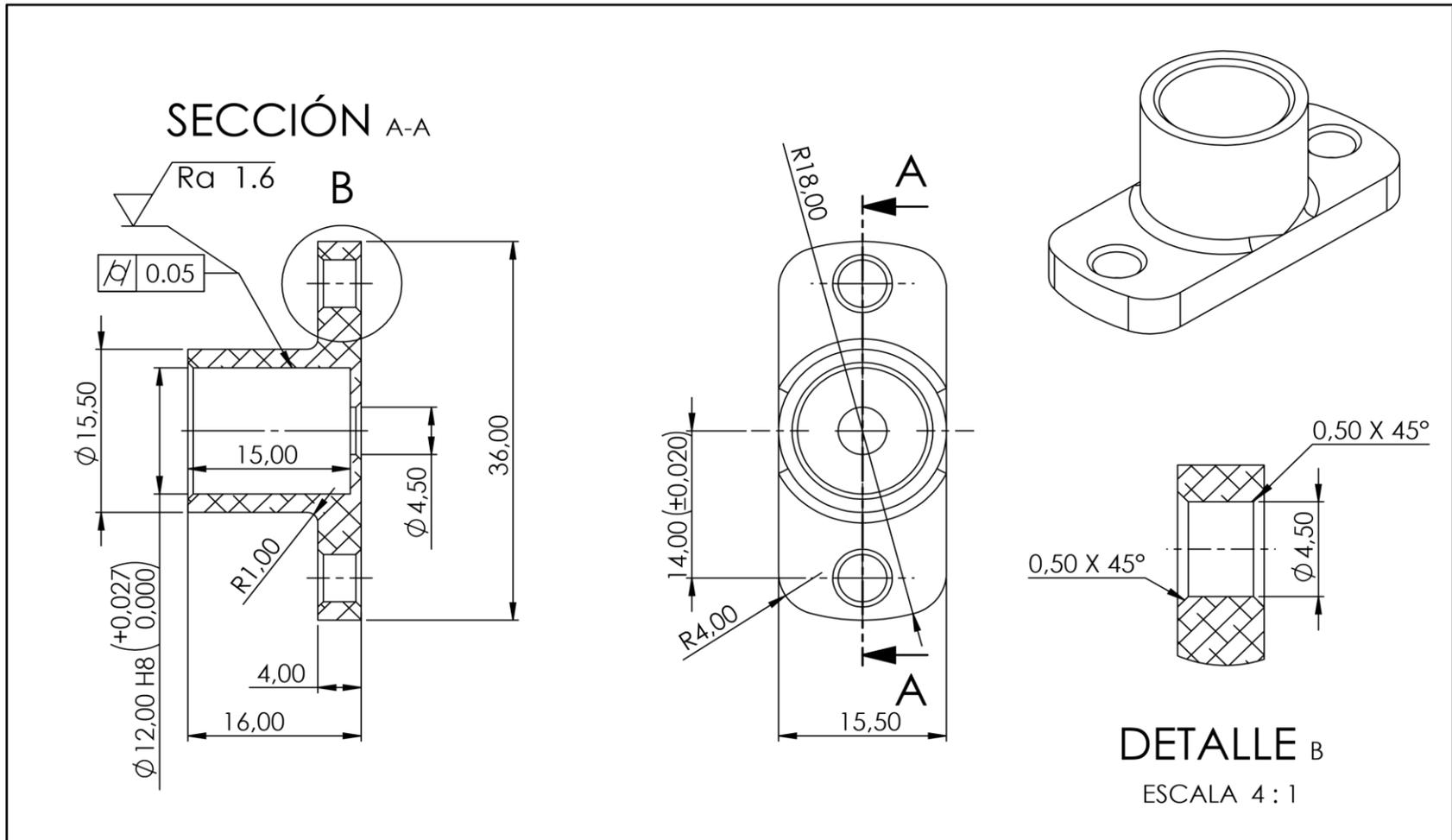
Plano 2: BR-A001-A001-P01-M-Placa



Plano 3: BR-A001-A001-P02-M-Pistón

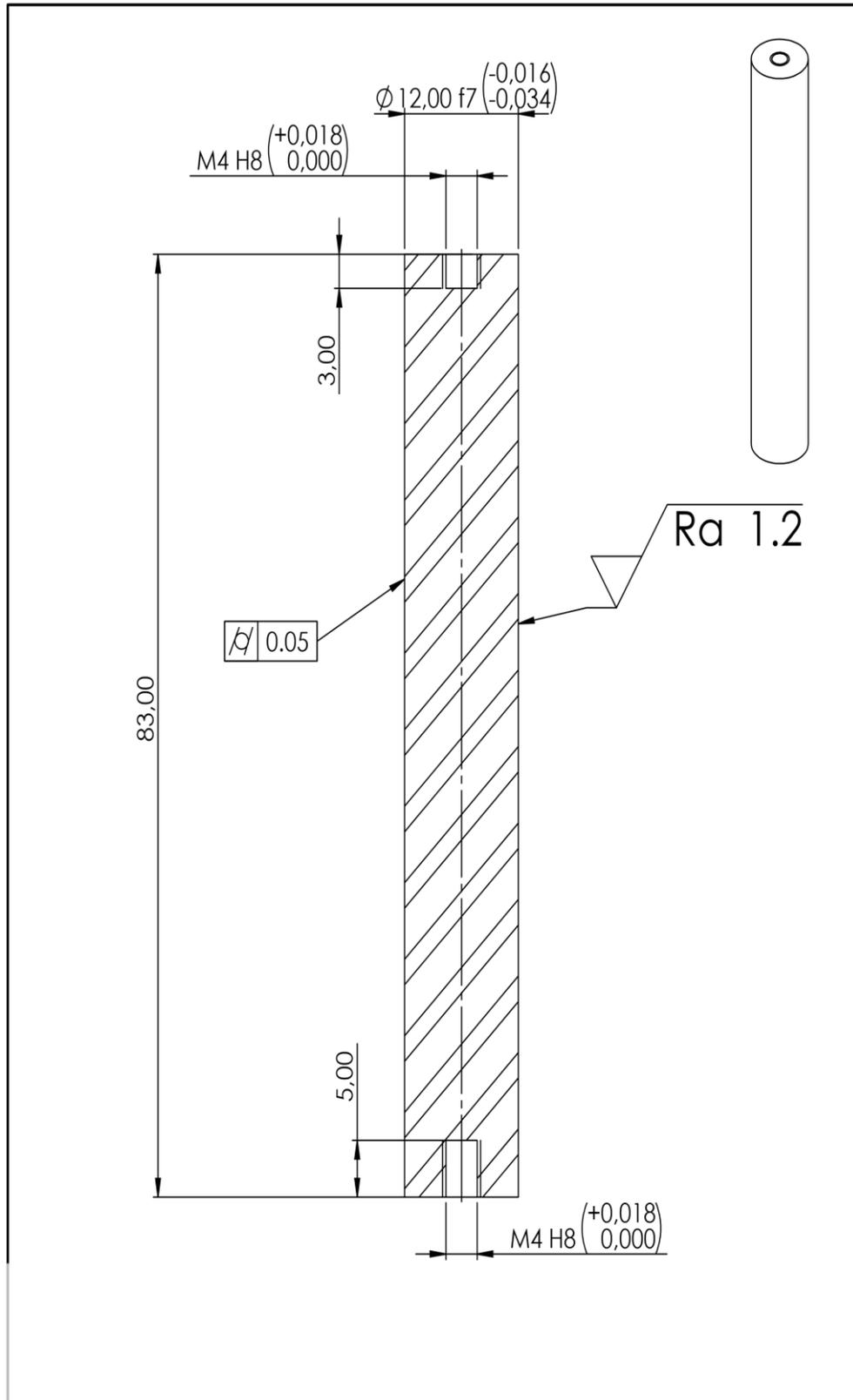


Plano 4: BR-A001-A001-P03-M-Soporte guía



Observaciones: Todos los chaflanes como en el detalle B		Título: BR-A001-A001-P03-M-Soporte guías	Plano nº: 1
Escala: 1:1	Un. dim. mm	Dirigido por: Ricardo González	Cantidad: 8
		Revisado por: Jose Luis Lores	Fecha: 29/12/2021
			Material: Aluminio

Plano 5: BR-A001-A001-P04-M-Guía

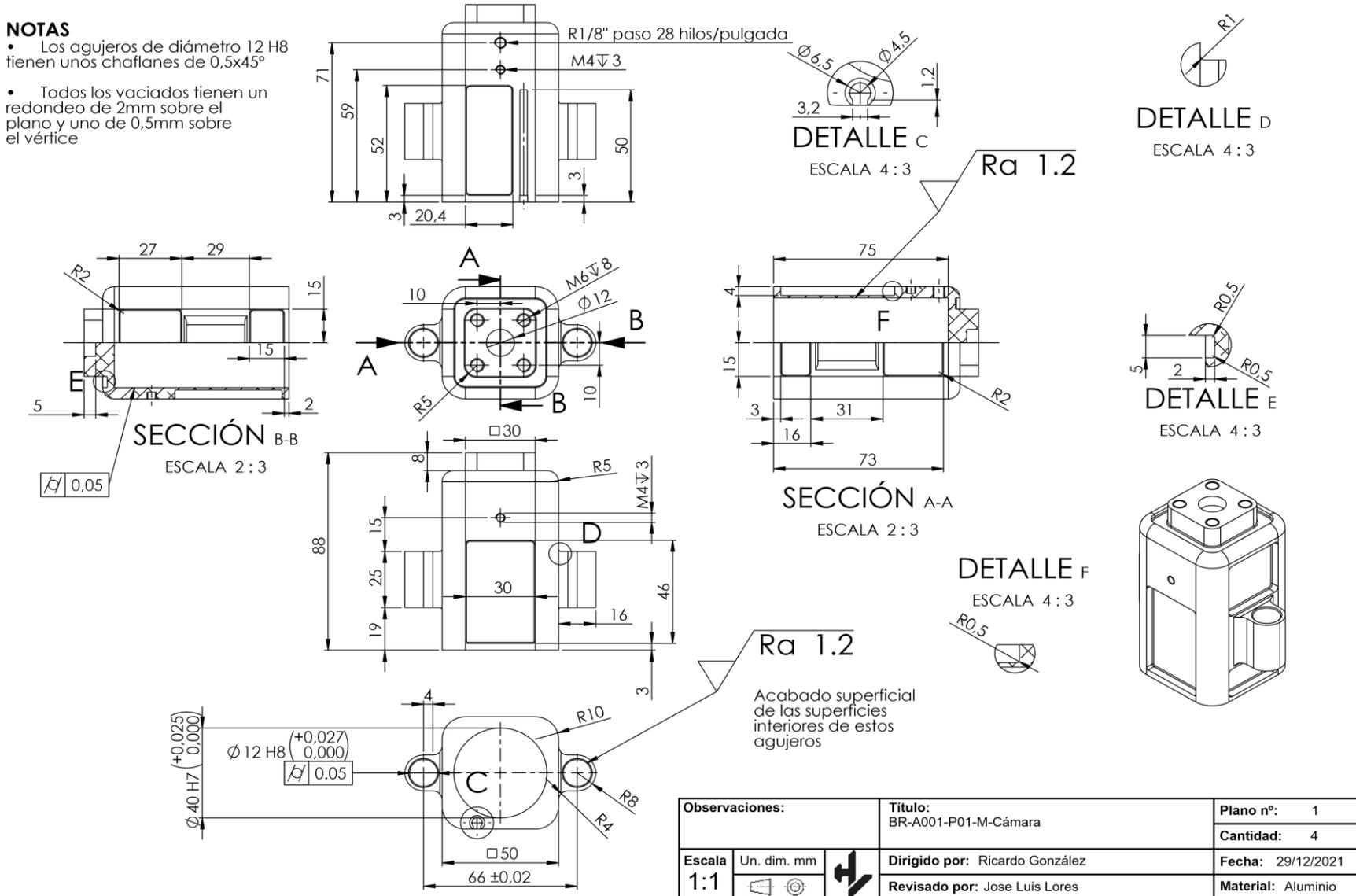


Observaciones: La tolerancia f7 se encuentra en toda la guía		Título: BR-A001-A001-P04-M-Guía	Plano nº: 1
Escala: 2:1		Dirigido por: Ricardo González	Cantidad: 8
Un. dim. mm		Revisado por: Jose Luis Lores	Fecha: 29/12/2021
		Material: Acero cromado	

Plano 6: BR-A001-P01-M-Cámara

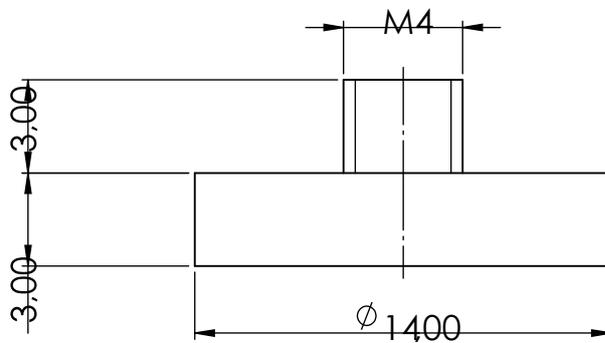
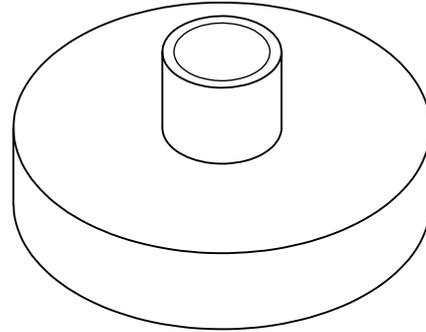
NOTAS

- Los agujeros de diámetro 12 H8 tienen unos chaflanes de 0,5x45°
- Todos los vaciados tienen un redondeo de 2mm sobre el plano y uno de 0,5mm sobre el vértice



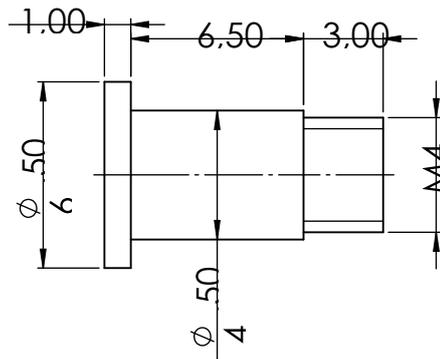
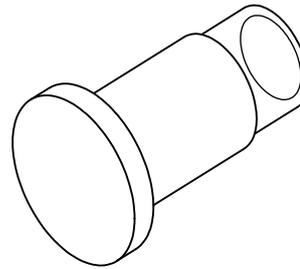
Observaciones:		Título: BR-A001-P01-M-Cámara	Plano nº: 1
			Cantidad: 4
Escala 1:1	Un. dim. mm	Dirigido por: Ricardo González	Fecha: 29/12/2021
		Revisado por: Jose Luis Lores	Material: Aluminio

Plano 8: BR-A001-P03-M-Tapón guía



Observaciones: Observaciones		Título: BR-A001-P03-M-Tapón guía	Plano nº: 1
			Cantidad: 8
Escala: 1:1	Un. dim. mm 		Dirigido por: Ricardo González
			Revisado por: Jose Luis Lores
			Fecha: 29/12/2021
			Material: Aluminio

Plano 9: BR-A001-P04-M-Spring support

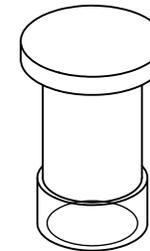
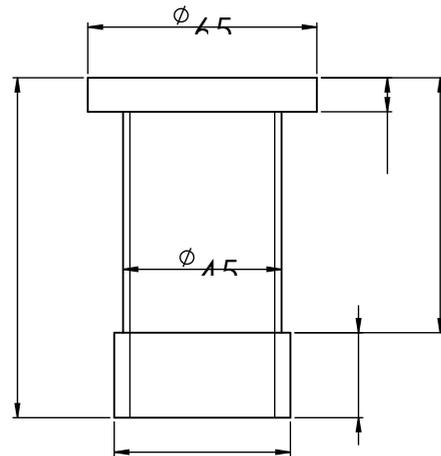


Observacione		Título BR-A001-P04-M-Spring		Plano 1
				Cantidad 1
Escala 1:	Un. dim. 	Dirigido Ricardo	Fecha 29/12/202	
		Revisado Jose Luis	Materia Acer	

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la



Plano 10: BR-A001-P05-M-Spring support V2



Observación		Título	Plano 1
Observación		BR-A001-P05-M-Spring	Cantidad 8
Fecha	Unidad	Dirigido	Fecha
1		Ricardo	22/04/2
		Revisado	Materia
		Jose Luis	



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño