



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Máster en Ingeniería Industrial

MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Diseño y desarrollo de banco de ensayos
para piezas impresas en 3D

Autor: Alejandro Rodríguez Muñoz

Tutor: Alberto Mansilla Gallo

Valladolid, julio de 2020



RESUMEN

El trabajo fin de máster tiene como objetivo el diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fatiga específico para piezas impresas en 3D. Los materiales más comunes y utilizados en el ámbito de la fabricación aditiva son el PLA y el ABS, los cuales se tratan brevemente en referencia a sus características mecánicas y su comportamiento en fatiga. El elemento principal del banco de ensayos es un actuador eléctrico, se establece el modo de selección y se explican las propiedades de este. El diseño de las piezas y utillajes necesarios que forman el conjunto del banco de ensayos se desarrollan con Catia V5. Por último, se describe como se realiza el proceso de marcado CE de una máquina, realizándose toda la documentación para que la máquina en cuestión posea el marcado CE y se permita la libre circulación dentro de la Unión Europea.

Palabras clave:

Banco de ensayos, Fatiga, marcado CE, Diseño máquinas, Expediente técnico

ABSTRACT

The aim of the final degree project is the design and development of a specific fatigue test bench for 3D printed pieces. The most common and used materials in the area of additive production are PLA and ABS which both of them are briefly treated with reference to their mechanical characteristics and their fatigue performance. The principal component of the test bench is an electric actuator, which selection method is established and its features are explained. The design of the pieces and tools needed that form the test bench are developed with Catia V5. Finally. It is described how the machine's CE marked process is rewarded. All documents is done for getting machine's CE marked process and also because of its free movement inside European Union.

Key words:

Bench test, Fatigue, CE marked, Machine design, technical report.



ÍNDICE

1	Introducción.....	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Objetivo	1
1.3	Planteamiento del trabajo.....	2
2	Diseño y desarrollo.....	3
2.1	Concepto e ideas generales del diseño.....	3
2.1.1	Especificaciones del PLA (Poliácido Láctico)	3
2.1.2	Especificaciones del ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno)	4
2.2	Actuador	6
2.2.1	Selección del actuador.....	6
2.2.2	Especificaciones del actuador LEY 63-NZC-400	8
2.3	Boceto inicial	14
2.4	Diseño final banco de ensayos.....	17
2.5	Seguridad del banco de ensayos	25
3	Marcado CE	27
3.1	Introducción.....	27
3.2	Directiva 2006/42.....	29
3.3	RD 1215/1997	32
4	Gestión del proyecto.....	33
4.1	Presupuesto de comerciales	33
4.2	Presupuesto de materiales de fabricación.....	33
5	Conclusiones.....	35
6	Estudios Futuros	35
7	Bibliografía	37
	Anexo 1: Especificaciones de componentes	38
	Anexo 2: Documentación marcado ce	51
	Anexo 3: Tabla de comprobación rd1215/97	85



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades mecánicas PLA.....	4
Tabla 2. Propiedades mecánicas ABS	5
Tabla 3. Listado de componentes para el actuador	8
Tabla 4. Especificaciones del actuador "Ley 63-NZC-400"	9
Tabla 5. Relación "duty ratio " y "torque limit/Command value	12
Tabla 6. Presupuesto de comerciales	33
Tabla 7. Presupuestos materiales de fabricación	34



ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Tiempo de aceleración.....	11
Ecuación 2. Tiempo de velocidad constante en un ciclo	11
Ecuación 3. Tiempo de deceleración.....	11
Ecuación 4. Tiempo total del ciclo	11
Ecuación 5. Frecuencia en Hz.....	11
Ecuación 6. Duty Ratio	12



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Actuador "con" y "sin" vástago	7
Ilustración 2. Diseño número	14
Ilustración 3. Detalle de giro del actuador en diseño 1	15
Ilustración 4. Diseño número 2	16
Ilustración 5. Conjunto final banco de ensayos	17
Ilustración 6. Bancada	18
Ilustración 7. Pie regulable, fabricado y comercial.....	18
Ilustración 8. Posición del actuador entre dos puntos de giro	19
Ilustración 9. Conjunto soporte trasero	19
Ilustración 10. Charnela hembra estrecha y charnela con rótula.....	20
Ilustración 11. Bulón D16mm para charnella estrecha	20
Ilustración 12. Placas de acople actuador	21
Ilustración 13. Acoples finales y célula de carga	21
Ilustración 14. Cabeza de rótula SAJK16C	21
Ilustración 15. Célula de carga HBM U10M5KN.....	22
Ilustración 16. Guía lineal y patín NSK	23
Ilustración 17. Pletina fijación guía NSK.....	23
Ilustración 18. Conjunto patín	24
Ilustración 19. Útil de contacto.....	24
Ilustración 20. Base de ensayos.....	25
Ilustración 21. Protección perimetral del banco de ensayos.....	25
Ilustración 22. Pulsador de emergencia	26
Ilustración 23. Proporciones del marcado CE.....	32
Ilustración 24. Casco para futuro ensayo	36



ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curvas S-N del ABS.....	6
Gráfico 2. Diferencia entre motor "paso a paso" y "servomotor.....	9
Gráfico 3. Carga de trabajo posición horizontal "Ley 63".....	10
Gráfico 4. Carga de trabajo posición vertical "Ley 63".....	10
Gráfico 5. Distribución velocidad y aceleración en un ciclo.....	11
Gráfico 6. Aplicación de fuerza durante un ciclo.....	12
Gráfico 7. Gráfico de conversión de fuerza y "duty ratio".....	12
Gráfico 8. Fuerza lateral soportada por "Ley 63".....	13



1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

A todas las personas nos gusta que los productos que consumimos sean duraderos, en cuanto al uso que tienen. Si tenemos un sofá no queremos que tras pasar 1 año y habernos sentado 1000 veces este deje de ser confortable y quede aplastado. Lo mismo sucede con el cuadro de una bicicleta, tiene que ser capaz de soportar ciertos golpes sin que se produzca rotura o el reposabrazos de un avión.

La gran mayoría de productos que consumimos y también los anteriormente mencionados son ensayados en las condiciones uso, simulando la misma acción repetidas veces para poder dar una fiabilidad al producto y a su vez el fabricante establece un tiempo o unos ciclos de vida aproximados al producto. Por ejemplo, se ensayan los cajones para comprobar cuantas veces se pueden abrir y cerrar, o se ejerce una fuerza sobre un reposabrazos un número de ciclos determinados. Hay una gran cantidad de ensayos que no se realizan hasta la rotura, a veces basta simplemente con comprobar un número de ciclos determinados, los que el fabricante considere oportunos como ciclo de vida del producto.

Para conocer con detalle el comportamiento de los productos se utilizan tanto herramientas CAD/CAM como ensayos físicos con piezas reales. Un estudio con medios computacionales puede llegar a ser muy preciso, pero requiere una gran habilidad y conocimiento respecto al uso de software especializados, pero sin duda lo más complicado de conocer para simular un ensayo es el comportamiento de los materiales y la distribución de esfuerzos por la pieza. Es por ello por lo que en productos que tienen un uso repetitivo en cuanto a cargas o esfuerzos se realizan ensayos reales para comprobar más fielmente que cumple los requisitos con los que se ha diseñado y construido.

No existe una máquina de ensayos específica para cada producto, por lo que suele ser en la mayoría de los casos el fabricante el que diseña y desarrolla su propia máquina de ensayos, ya que se basa en los productos que fabrica y que pretende ensayar. No suelen ser máquinas con una alta sofisticación tecnológica y tampoco estéticamente atractivas puesto que no existe en ningún caso la idea de comercialización, no es el objetivo de un fabricante.

1.2 Objetivo

En el departamento de ingeniería mecánica de la Universidad de Valladolid están trabajando en la fabricación con impresoras 3D de múltiples productos adaptados a personas con dificultades y también en la protección del cuerpo frente a impactos, ya sean cascos o células para brazo y piernas que han sufrido algún tipo de fractura.

El objetivo de este proyecto es el **diseño y desarrollo de un banco de ensayos para piezas impresas en 3D**.

Solo se van a ensayar materiales plásticos, es un dato importante a tener en cuenta puesto que afectará a las características mecánicas que debe tener la máquina, banco de ensayos.

A mayores del diseño y desarrollo del banco de ensayos, también se exige para poder hacer uso de esta y posteriormente poder corroborar que se ha realizado un ensayo concreto, que disponga de marcado CE el banco de ensayos. Va a definirse toda la documentación necesaria para el marcado CE.

Se pretenden realizar dos tipologías de ensayo:

- *Ensayo de fatiga o cíclico*: Consiste en someter a la pieza o producto una determinada fuerza en un punto concreto un número determinado de veces y con una frecuencia determinada.
- *Ensayo estático*: Se aplica una fuerza constante durante un periodo de tiempo determinado.

El banco de ensayos estará compuesto como elemento principal por un actuador eléctrico. Debe cumplir las restricciones que se van a imponer más adelante. La elección de que sea eléctrico es por las instalaciones en las que se pretende hacer uso, ya que no hay toma neumática. Será necesario el diseño de soportes y utillajes para la soportación y regulación del actuador.

Cada producto que se requiera para ensayar será necesario el diseño de un utillaje específico, pero en este caso lo definirá el fabricante de la pieza de estudio.

1.3 Planteamiento del trabajo

En esta memoria se establece un orden lógico de como suceden las diferentes acciones a realizar en un proyecto.

Se comienza hablando de la finalidad de la máquina que se quiere construir, teniendo en cuenta en este caso con que materiales se va a trabajar. Se procede a la elección del elemento principal de lo que será el banco de ensayos, el actuador eléctrico. Posterior a esto, se realizan los primeros bocetos o diseños de ideas primeras, obteniendo de ellos unas remarques para cambiar o mejorar.

Después de los bocetos se llega al diseño final en el que ya se tienen en cuenta todas las mejoras e ideas comentadas anteriormente.

Con la máquina diseñada, se procede a realizar la documentación referida al marcado CE. En este punto se hablará de historia y aspectos generales del marcado CE de productos. En la documentación del marcado CE, ANEXO 2, aparece el Expediente técnico, Evaluación de riesgos, Manual de instrucciones y Declaración de conformidad. Realmente la documentación debería realizarse de forma paralela a la fabricación.

Por último, quedaría realizar toda la compra de materiales y gestionar proveedores, de esto se habla el punto de Gestión del proyecto.

Al final de esta memoria se comentan las conclusiones y los estudios futuros.

2 DISEÑO Y DESARROLLO

2.1 Concepto e ideas generales del diseño

Lo más importante antes de comenzar a diseñar una maquina es tener claro los siguientes puntos:

- **Finalidad de la maquina:** Se ha definido que la maquina va a ser un banco de ensayos para piezas impresas en 3D. No se va a utilizar para comprobar probetas y establecer propiedades de materiales. Se utilizará con productos terminados que tengan una funcionalidad útil. En definitiva, se simularán posibles comportamientos reales que pueden tener los productos a lo largo de su vida.
- **Piezas o elementos que van a interactuar con la maquina:** En este caso concreto puede haber piezas de múltiples tamaños, desde piezas de 80mm hasta piezas de 400mm aproximadamente. Por lo tanto, se ha definido una zona de ensayo que debe tener una dimensión aproximada de 500x500x300mm. Hay que tener en cuenta que las piezas necesitarán algún útil específico para que pueda sujetarse de forma segura durante el ensayo.
- **Materiales con los que se va a trabajar:** Puesto que se va a usar la maquina con piezas impresas en 3D, los materiales van a ser plásticos, cada material tiene unas características diferentes. Los materiales más utilizados son el PLA (Poliácido Láctico) y el ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno). Podemos tomar como referencia estos materiales para estudiar sus características, y hallar las restricciones que se deben tener en cuenta para no diferir el comportamiento de los materiales durante el ensayo y la vida real.

2.1.1 Especificaciones del PLA (Poliácido Láctico)

El PLA es un material biodegradable, con el que es sencillo realizar impresión en 3D y se puede aplicar a una gran variedad de productos. Puede ser utilizado tanto por personal experimentado como por aprendices. Destaca también por su bajo precio.

Características principales:

- Buena resistencia a la tracción y calidad superficial
- Apto para trabajar con altas velocidades de impresión
- Uso doméstico o industrial

No es adecuado su uso en los siguientes casos:

- Contacto con alimentos
- Uso prolongado en exteriores
- Temperaturas superiores a 50°C

A continuación, se exponen las propiedades mecánicas.

Propiedades mecánicas	Valor	Método de ensayo
Módulo elasticidad a la tracción	2346.5 MPa	ISO 527
Esfuerzo tracción a la deformación	49.5 Mpa	ISO 527
Esfuerzo tracción a la rotura	45.6 Mpa	ISO 527
Alargamiento a la deformación	3.30%	ISO 527
Alargamiento a la rotura	5.20%	ISO 527
Resistencia a la flexión	103 Mpa	ISO 178
Módulo de flexión	3150 Mpa	ISO 178
Dureza	83 Shore D	ISO 180

Tabla 1. Propiedades mecánicas PLA

La universidad de Sheffield, Reino unido, en su departamento de "Civil and Structural Engineering" ha realizado un estudio sobre el comportamiento a fatiga del PLA. En dicho estudio obtienen las curvas S-N del PLA utilizando probetas estándar y resultando a una frecuencia de 10Hz 2 millones de ciclos variando el ratio de carga entre -1 y 0.3. No se puede ensayar a más frecuencia ya que entraría en juego la temperatura. Hay que tener en cuenta que una frecuencia muy alta provoca un calentamiento del material y este a su vez varía las propiedades mecánicas.

En nuestro caso se van a ensayar productos con una masa mayor de material a la que puede tener una probeta por lo que la concentración de calor puede ser más acusada. Además, serán productos que van a estar a temperatura ambiente y no se les va a someter a un estrés cíclico en su uso habitual.

2.1.2 Especificaciones del ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno)

El ABS es un material muy conocido en el ámbito de la impresión 3D por sus excepcionales propiedades mecánicas. Destacan su alta resistencia mecánica y resistencia al impacto. Se utiliza mucho en el ámbito industrial y de automoción. Requiere algo más de experiencia y para un buen procesado del material un equipo con mejores prestaciones que las necesarias para imprimir PLA.

El ABS no es adecuado su uso en los siguientes casos:

- Contacto con alimentos
- Exposición durante un largo periodo de tiempo a radiación UV. Supone una pérdida en las propiedades.
- Temperaturas superiores a 85°C

Las propiedades mecánicas se exponen en la siguiente tabla:

Propiedades mecánicas	Valor	Método de ensayo
Módulo elasticidad a la tracción	1681.5 Mpa	ISO 527
Esfuerzo tracción a la deformación	39 Mpa	ISO 527
Esfuerzo tracción a la rotura	33.9 Mpa	ISO 527
Alargamiento a la deformación	3.50%	ISO 527
Alargamiento a la rotura	4.80%	ISO 527
Resistencia a la flexión	70.5 Mpa	ISO 178
Módulo de flexión	2070 Mpa	ISO 178
Dureza	76 Shore D	ISO 180

Tabla 2. Propiedades mecánicas ABS

El departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Celaya, México, ha realizado un estudio de simulación a fatiga de componentes de ABS. La fatiga de un polímero está afectada por los siguientes factores:

- Composición, peso molecular
- Cambios en la morfología estructural provocados por cargas externas
- Tipo de deformación
- Modos de falla
- Ablandamiento térmico

El factor que más nos puede influir a la hora de realizar el ensayo de un producto con un polímero es el ablandamiento térmico. Por ello no se realizan pruebas con frecuencias superiores a 10Hz, en los estudios realizados en este caso se ha utilizado 5Hz. En el ablandamiento térmico también influye la cantidad de material sobre el que se esté trabajando. Disipa más rápido el calor una pieza con un espesor menor ya que la densidad de material es menor.

Curva S-N ABS

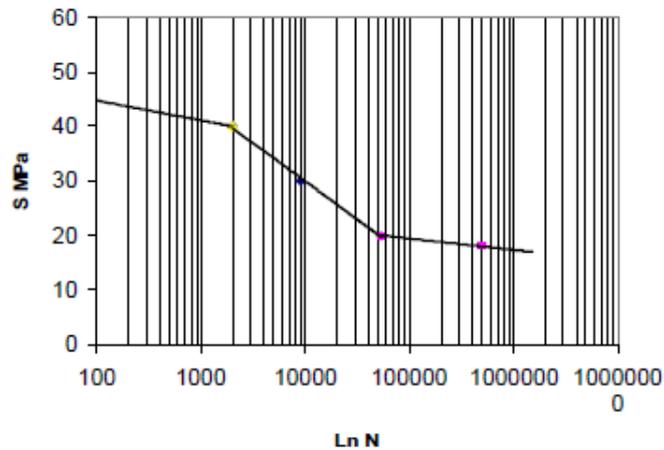


Gráfico 1. Curvas S-N del ABS

La obtención de esta curva S-N se realizó con una frecuencia de 5Hz, variando la carga entre 40MPa y 10MPa. La curva nos puede servir como una orientación de lo que podemos esperar de un producto fabricado con ABS mediante impresión 3D.

2.2 Actuador

2.2.1 Selección del actuador

El actuador va a ser el elemento principal del banco de ensayos.

Antes de ponerse a buscar un proveedor y un modelo concreto se deben conocer las especificaciones que queremos que tenga el actuador. Anteriormente hemos estudiado las características y propiedades de los materiales con los que vamos a trabajar y también indicamos una dimensión aproximada de las piezas que se van a ensayar.

Las siguientes características son las que se han tenido en cuenta para la selección del actuador.

- **Actuador eléctrico.** Es necesario que sea eléctrico ya que en las instalaciones donde pretende ubicarse el banco de ensayos no hay toma neumática.
- **Frecuencia 2 Hz.** Se ha comprobado que puede trabajarse con una frecuencia mayor. Pero se ha tomado la decisión de quedarse por el lado de la seguridad y establecer como máximo 2 ciclos por segundo. Realizar un ensayo con una frecuencia mayor o menor supone que este dure más o menos tiempo, se asume que la variable de tiempo de ensayo no es crítica.
- **Carrera del actuador entre 300 y 400mm.** Es una carrera amplia pero no se va a utilizar toda la carrera para realizar los ciclos de ensayo. Se debe a la diferente morfología de piezas que pueden llegar a ensayarse en un futuro. Además, habrá piezas que requieran una carrera más amplia por su

funcionalidad. Hay que tener en cuenta que la frecuencia y la carrera están ligadas por medio de la aceleración y velocidad que pueda desarrollar el actuador.

- **Actuador con vástago.** Existen actuadores con vástago y sin él. El motivo de la elección con vástago se debe a que posteriormente se pretende reforzar con un guiado externo para que cualquier fuerza que tenga una dirección diferente a la del eje del actuador sea transmitida a un sistema secundario, de esta forma se protege y alarga la vida útil del actuador. Los actuadores sin vástago vienen preparados para soportar cargas en cualquier dirección que no sea la del vástago, pero el inconveniente es que suelen ser cargas pequeñas.



Ilustración 1. Actuador "con" y "sin" vástago

- **Vástago D40 o D63mm:** Es necesario que el conjunto del actuador sea robusto y capaz de generar el esfuerzo exigido.
- **Fuerza de máxima entre 80 y 150 Kgf:** Se ha estimado que habrá piezas que requieran de un esfuerzo que pueda oscilar en esta franja.

Con los requisitos ya establecidos también hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- **Coste:** Requisito importante a la hora de la elección del actuador.
- **Producto estándar:** Los productos estandarizados y normalizados son más baratos y en caso de necesitar repuestos o cualquier accesorio es más fácil de conseguir que si se manda fabricar un actuador a medida.
- **Disponibilidad y plazo:** En este caso no es crítico este punto, pero no queremos un producto que tarde 30 días en servirse.

Toda esta información se ha transmitido a un comercial de SMC, empresa dedicada a la automatización y que cuenta con un amplio catálogo actuadores que ellos mismos fabrican. Nos hemos dejado asesorar por el comercial.

Finalmente se ha elegido el modelo de SMC LEY 63. En el siguiente punto se exponen todas las especificaciones de este. Dicho actuador es un modelo que se sirve con el motor y resto de componentes aparte. En la tabla 3 se expone el listado de componentes necesarios.

Elemento	Referencia	Descripción
	Ley63NZC-400	Actuador sin motor
	LE-D-2-5	Correa
	LE-D-12-17	Piñon
	LEY-RP63	Tapa
	LE-D-S8	Motor
	LE-CSM-S2A	Cable motor, 2mts
	LE-CSE-S2A	Cable encoder, 2 mts
	LECSB2-S8	Driver LECSB
	LEC-MRC2E	Software de programación

Tabla 3. Listado de componentes para el actuador

Las hojas de datos de cada uno de los componentes se encuentran en el ANEXO 1. Las especificaciones del actuador junto con el motor se tratan en el siguiente punto.

2.2.2 Especificaciones del actuador LEY 63-NZC-400

En la siguiente tabla se exponen las especificaciones del modelo elegido.

Model	LEY 63-NZC-400		
Actuator specifications	Stroke (mm)		400
	Work load (KG)	Horizontal <small>Note 1)</small>	80
		Vertical	72
	Force (N)/Set value: 15 to 50%		573 to 1910
	Max. Speed (mm/s)		250
	Pushing speed (mm/s)		30 or less
	Max. Acceleration/deceleration (mm/s²)		5000
	Position repeatability	Basic type	±0.2
	Lost motion (mm)	Basic type	0.1 or less
	Screw led(mm) (including pulley ratio)		5
	Impact/Vibration resistance (m/s²)		50/20
	Actuation type		Ball screw
	Guide type		Sliding bushing (Piston rod)
	Operating temperature range (°C)		5 to 40
Operating humidity range (%RH)		90 or less (No condensation)	
Regeneration option		May be required depending on speed and work load	

Electric specifications	Motor output/size	400W/60Hz	
	Motor type	Ac servo motor (200VAC)	
	Encoder	Motor type S8: absolute 18-bit encoder (Resolution:262144 p/rev)	
	Power consumption (W)	Horizontal	210
		Vertical	230
	Standby power consumption when operating (W)	Horizontal	2
		Vertical	18
Max. Instantaneous power consumption (W)	1275		
Lock unit specifications	Type	Non-magnetized lock	
	Holding force (N)	1146	
	Power consumption (W) at 20°C	7.9	
	Rated voltage (V)	24VDC 0 to -10%	

Tabla 4. Especificaciones del actuador "Ley 63-NZC-400"

Nota 1. Para soportar el máximo valor de la carga de trabajo horizontal se requiere de un guiado externo.

Analizando las especificaciones se establece que el actuador en posición horizontal es más eficiente, consume menos energía que trabajando en vertical. La ventaja de trabajar en horizontal es que permite que la carga de trabajo sea mayor pudiendo llegar hasta los 80Kg.

Cabe destacar también la utilización de un servo motor ac de corriente alterna. Como fuente impulsora del movimiento La principal ventaja se establece en la relación existente entre carga de trabajo y velocidad. Un servo motor ac puede trabajar a la máxima velocidad ofreciendo la mayor carga de trabajo con valores superiores a los de un servo motor dc. En la siguiente imagen se muestra la diferencia entre los diferentes motores en la relación velocidad vs carga de trabajo.

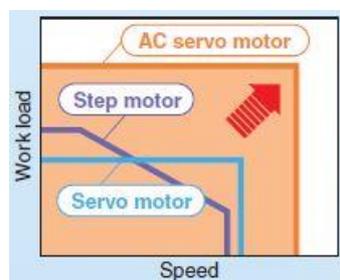


Gráfico 2. Diferencia entre motor "paso a paso" y "servomotor"

Este tipo de actuador admite 2 modos diferentes de funcionamiento.

Control de posicionamiento

En este modo se le marca al actuador una posición concreta que tiene que alcanzar el vástago. Por ejemplo, se requiere desplazar un objeto de 16 Kg 200mm. Se va a analizar los pasos y comprobaciones a seguir para este modo.

- Paso 1: comprobación de la relación carga de trabajo vs velocidad. Se representa en la siguiente gráfica. (El modelo es LEY63 C)

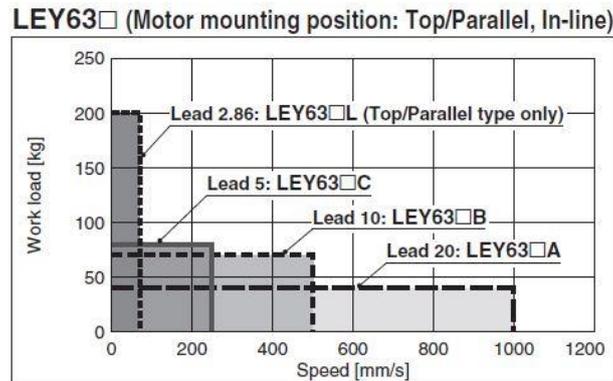


Gráfico 3. Carga de trabajo posición horizontal "Ley 63"

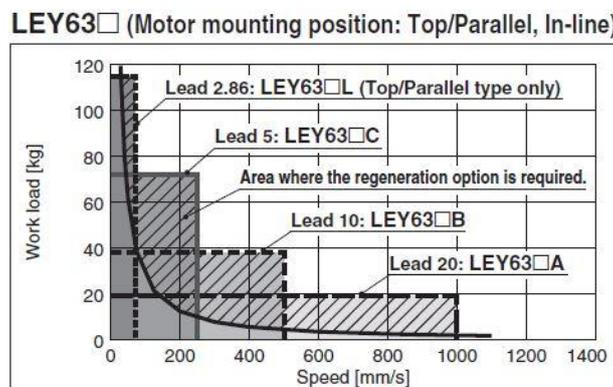
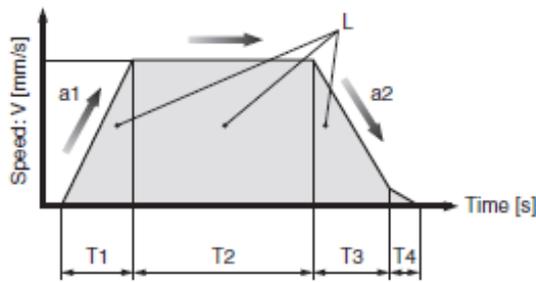


Gráfico 4. Carga de trabajo posición vertical "Ley 63"

La máxima carga de trabajo en posición horizontal es de 80Kg y en posición vertical es de 72Kg. Esta diferencia notable es debida a la fuerza de la gravedad. Con el actuador en posición vertical debe vencer la gravedad. En la gráfica 4 se observa que el actuador tiene una zona llamada de regeneración. La zona de regeneración se podría definir aquella en la que el actuador no consume energía, sino que la genera. Esta energía la puede generar por ejemplo cuando el movimiento en posición vertical va en favor de la gravedad, para trabajar en esta zona se debe equipar al actuador con una resistencia regenerativa, es un complemento que ofrece SMC.

- Paso 2: Comprobar el tiempo de ciclo. La velocidad a la que se desplaza el actuador no la alcanza de forma instantánea, sino que tiene durante un ciclo un periodo de aceleración, mantenimiento de velocidad y deceleración.



a1: Aceleración (mm/s²)
a2: Deceleración (mm/s²)
L: Carrera (mm)

Gráfico 5. Distribución velocidad y aceleración en un ciclo

T1: Tiempo de aceleración. $T1(s) = V/a1$ (Eq 1)

T2: Tiempo de velocidad es constante. $T2(s) = [L - 0.5 * V * (T1 + T3)]/V$ (Eq 2)

T3: Tiempo de deceleración. $T3(s) = V/a3$ (Eq 3)

T4: Tiempo de ajuste $T4(s) = 0.05$

Tiempo total del ciclo $T=T1+T2+T3+T4$ (Eq 4)

El tiempo de ajuste T4 depende de varias condiciones como el tipo de motor, la carga y del posicionamiento. Se establece un valor estimado para este tipo de actuadores independientemente del tamaño del mismo de 0.05s.

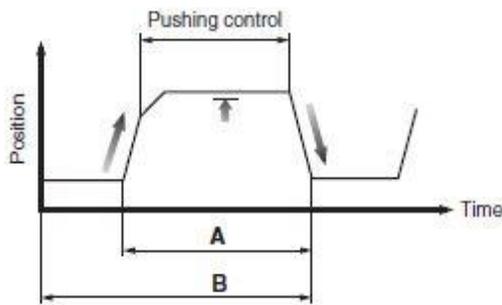
Para conocer la frecuencia se debe conocer el tiempo de ciclo, puesto que se define frecuencia como el número de ciclos que se realizan en 1 segundo.

$$Freq = \frac{Ciclos}{segundos} [Hz] \quad Eq 5$$

CONTROL POR FUERZA

El procedimiento para operar en este modo se divide en tres pasos:

- Paso 1: Control de tiempo de operación en un ciclo. Según fabricante lo denomina "Duty ratio" refiriéndose al tiempo que está ejerciendo un determinado valor de fuerza durante un ciclo. Sucede algo parecido que con el tiempo de ciclo. La fuerza de operación con la que se programa para trabajar no se alcanza instantáneamente, sino que tiene un tiempo inicial de respuesta hasta que llega a la posición determinada sobre la que debe ejercer la fuerza que se ha establecido.



A: Tiempo de aplicación de la fuerza (s)
 B: Tiempo de ciclo (s)

Gráfico 6. Aplicación de fuerza durante un ciclo

El valor de "duty ratio" se obtiene:

$$Duty\ ratio = \frac{A}{B} * 100 [\%] \quad Eq\ 6)$$

- Paso 2: Control de la fuerza que se ejerce. Para conocer que fuerza se puede ejercer es necesario consultar el gráfico de conversión de fuerza y la tabla que relación la conversión de fuerza con "duty ratio".

Torque limit/Command value [%]	Duty ratio [%]	Continuous pushing time [minute]
25 or less	100	—
30	60	1.5
40	30	0.5
50	20	0.16

Tabla 5. Relación "duty ratio " y "torque limit/Command value

El valor 'torque limit/Command value [%]' es el valor establecido para el controlador.

Continuous pushing time es el tiempo durante el que el actuador es capaz de estar ejerciendo un valor determinado de fuerza. Para conocer dicho valor hay que referirse a la gráfica de conversión de fuerza.

LEY63□ (Motor mounting position: Top/Parallel, In-line)

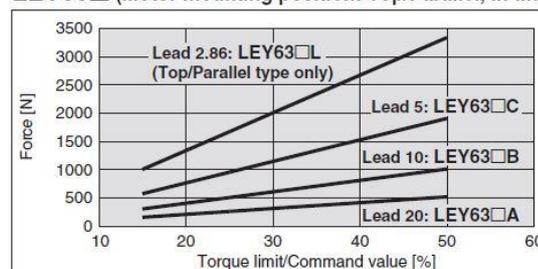


Gráfico 7. Gráfico de conversión de fuerza y "duty ratio"

De la tabla 5 y del gráfico de conversión de fuerza se obtiene que:

La máxima fuerza que puede ejercer el actuador si se pretende que ésta se establezca durante el 100% de tiempo de ciclo, es decir, 100% duty ratio, es de 1000 N. En la gráfica 7 se ha entrado con el valor de "torque limit/Command value" en 25 puesto que es el valor al que corresponde según la tabla 5. El actuador es capaz de ejercer 1000 N durante el tiempo que se requiera, sin ninguna limitación. Este caso sirve para realizar ensayos estáticos, puesto que se puede estar ejerciendo 1Kn de forma constante.

En el caso que se necesite aplicar una fuerza mayor a 1000 N, ya no se aplicará la fuerza durante todo el tiempo de ciclo. La máxima fuerza que puede ofrecer el actuador es de 1910 N. Situándonos en la gráfica con una fuerza de 1910 N sobre el actuador LEY 63-C se obtiene un valor de relación 'Torque limit/Command value' de 50%. Con el anterior valor introduciéndolo en la tabla 5 el 'Duty ratio' es de 20% traduciéndose en un tiempo máximo de aplicación de 0.16 min o 9.2 sg. Si se trabajase en un ensayo con una frecuencia de 1Hz se aplicaría la fuerza de 1910 N durante 0.2 s que se corresponde con el 20% de 1 segundo.

Las limitaciones para fuerzas mayores de 1000N vienen provocadas porque el motor del actuador se recalienta y puede llegar al fallo, por ello se marca el valor de Duty ratio.

El actuador no mide la fuerza que ejerce con un transductor de fuerza, sino que está equipado con un limitador de intensidad y a través de este, obtiene un valor de la fuerza de manera indirecta. Se obtendrá con la relación de par motor y la intensidad consumida por él.

Para nuestra aplicación pretendemos que la medida sea lo más real y fiable posible por lo que se instalará una célula de carga para tomar la medida de la fuerza directamente, de esto se hablará más adelante.

- Paso 3: Comprobar fuerza lateral en el extremo del vástago.

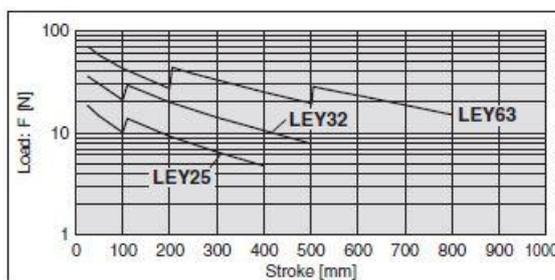
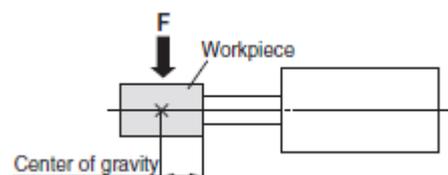


Gráfico 8. Fuerza lateral soportada por "Ley 63"



$$\text{Stroke} = \text{Product stroke} + \text{Distance from the rod end to CG of the Workpiece}$$

Anteriormente se mencionó que se instalaría un guiado externo para proteger de cargas laterales al actuador. En la gráfica anterior se observa que las cargas laterales que soporta son bastante pequeñas y no se puede correr el riesgo. Además, ya nos lo indica como

recomendación el fabricante, " para trabajar con el actuador en posición horizontal es recomendable la instalación de un guido externo".

2.3 Boceto inicial

Con el actuador eléctrico ya definido el siguiente paso es definir como tiene que ser la disposición del banco de ensayos.

Se pretende diseñar un banco de ensayos con la mayor versatilidad posible y teniendo en cuenta piezas que podrían llegarse a ensayar en un futuro, por lo que inicialmente podría parecer de tamaño excesivo, pero posiblemente se use en un tiempo con algún producto en concreto.

Se ha utilizado un software específico de diseño, Catia V5, para realizar todos los diseños de las diferentes piezas y también generar los planos de cada una de ellas.

La primera propuesta fue diseñar un soporte para el actuador el cual permitiera que el mismo fuese capaz de trabajar tanto en posición horizontal como en vertical. Era necesario para trabajar en posición vertical que se pudiera regular la altura del actuador y que no generase conflicto con piezas de cierta altura. A mayores se introdujo la propuesta de que tuviera unas posiciones discretas con un ángulo determinado, para poder realizar ensayos en los que el actuador se situase con unos grados de inclinación determinados y poder realizar el ensayo de una pieza impresa en 3D ejerciendo fuerza con ese ángulo fijado.

Para asegurar un correcto funcionamiento, evitar una rotura y alargar la vida del actuador era necesario instalar un guiado adicional, además que es recomendación del fabricante del actuador SMC.

En la siguiente imagen se muestra un primer boceto de lo que fue la primera propuesta sería.

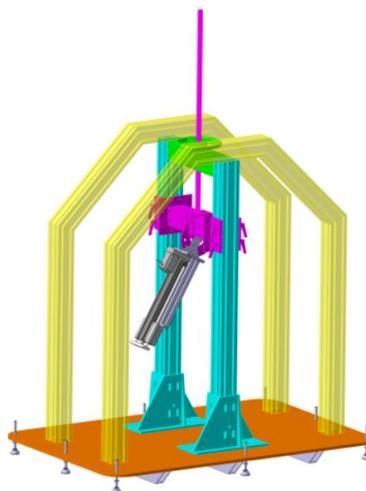


Ilustración 2. Diseño número

Lo primero de todo era diseñar una base con una gran versatilidad para poder colocar placas, utillajes y accesorios de manera fácil y rápida, por ello la base era un chapón de acero de 10 mm con una matriz de agujeros roscados.

Los pilares se diseñaron con perfil modular Bosch de aluminio cuadrados de 90x90 mm, los cuales cuentan con múltiples accesorios, con los que inicialmente se pensó que podrían ser muy útiles para el banco de ensayos. Los refuerzos laterales se plantearon con el mismo perfil que los pilares y su función sería la de evitar cualquier desplazamiento. Principalmente se pensaron para cuando el actuador trabajase en posición horizontal y si se diese el caso en la zona media alta de los pilares.

El control de la cota Z (vertical) del actuador se pensó realizarlo manualmente y con doble seguridad. Contaba con un husillo y un volante fijo el cual al girarlo subía y bajaba todo el conjunto de soporte del actuador. Sobre los perfiles de los pilares se colocaron unos accesorios, que están pensado para deslizar sobre el propio perfil y a su vez llevan una manilla que ajusta la deslizadera y la bloquea.

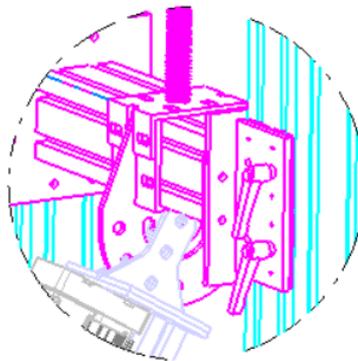


Ilustración 3. Detalle de giro del actuador en diseño 1

En la imagen 3 se aprecia como era el soporte del actuador junto con las deslizaderas con bloqueo. El actuador se unía a una viga central del mismo perfil que los pilares por medio de un acople que se había diseñado para que tuviera varias posiciones de ajuste angular en 0°, 30°, 45°, 60° y 90°. La unión se realizaría mediante tornillos. El guiado del actuador era un modelo de SMC sobre el que se montaba el actuador. Formaban el mismo conjunto el guiado y el actuador.

Analizando este primer diseño se obtuvieron las siguientes conclusiones.

- Poca fiabilidad y seguridad en la unión entre actuador y articulación. Se tomó la decisión de realizar ensayos únicamente con el actuador en posición vertical y horizontal, en esta última se trabajaría en la zona baja del pilar con una altura no superior a los 400 mm sobre la base.
- Los refuerzos de los pilares se suprimen ya que trabajando en posición horizontal a una altura de 400 mm se comprobó que no eran necesarios.
- Para la posición horizontal se fabricaría un segundo soporte, para que permitiese al actuador quedarse en posición fija y con un punto de sujeción a mayores.

Con estas remarcas e ideas nuevas se planteó un segundo diseño. Para éste la base habría cambiado y sería un chapón de acero de 10 mm perteneciente al departamento

de Ingeniería mecánica y que ya no se le iba a dar uso. Como inconveniente tenía unos taladros roscados muy separados, por lo que era necesario el diseño de un chapón para colocar sobre el anterior y tener una matriz de taladros con una menor distancia. A mayores se introdujeron 2 elementos nuevos, un guiado más robusto que el anterior y una célula de carga.

La célula de carga sirve para medir la fuerza que se transmite a la pieza durante el transcurso del ensayo de forma directa y debe ir protegida frente a todo tipo de cargas diferentes a su eje axial, por ello se situó entre el actuador y el guiado.

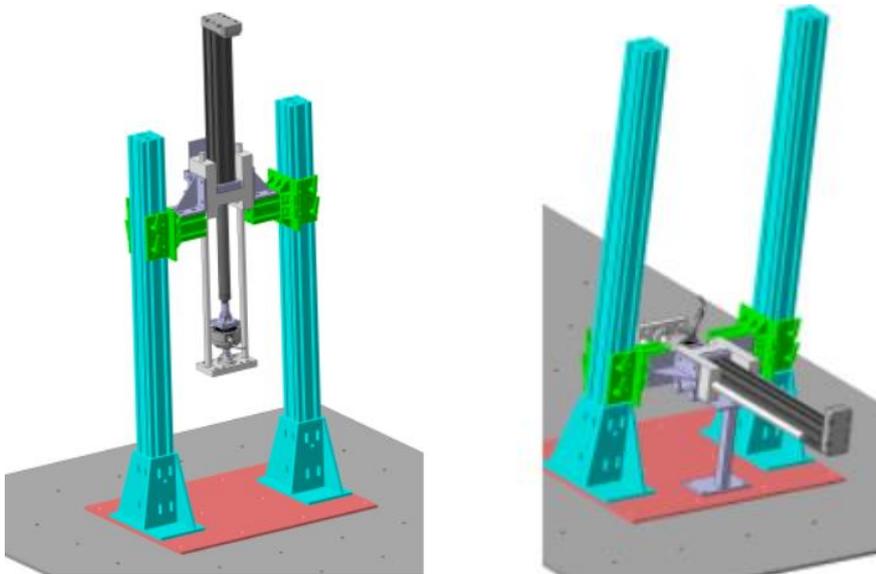


Ilustración 4. Diseño número 2

Al introducir el nuevo guiado y la célula de carga la dimensión aumentó, lo que se tradujo en suprimir el husillo junto con el volante. El sistema de guiado en los pilares era el mismo que el anterior diseño.

Para la posición horizontal se introdujo un apoyo sobre el actuador haciendo que este tuviera una mayor sujeción y a su vez eliminar los refuerzos anteriores.

Se sacaron las siguientes conclusiones:

- Las deslizaderas con maneta bloqueable no generaban fiabilidad, además que el fabricante no pudo asegurar que fueran a soportar el esfuerzo al que se las iba a someter. Además, hacía falta un segundo sistema de bloqueo de en la posición vertical.
- La altura del banco de ensayos con el actuador en posición vertical suponía un riesgo en cuanto a estabilidad y ergonomía.
- El guiado del actuador era modelo GUM 400 de SMC y el inconveniente principal era que las cargas transversales que es capaz de soportar en la máxima extensión no eran del todo altas. Por lo que se planteó la búsqueda de otro guiado alternativo. Además, su precio era bastante elevado.

Con estos diseños previos se replantea la manera de realizar los ensayos. No es necesario que el actuador sea ajustable en posición horizontal y vertical, y mucho menos con posición en ángulo como en el primer diseño. Lo más sencillo y eficaz era diseñar los elementos necesarios para que el actuador trabaje en una posición fija, en horizontal y para piezas que requieran zonas de contacto en las que la pieza no se puede posicionar fácilmente se fabricaría un útil para la pieza con la posición concreta de la misma.

Con este último concepto se trabajó en un tercer y último diseño que se desarrolla en el siguiente punto.

2.4 Diseño final banco de ensayos

Para llegar hasta el diseño final del banco de ensayos previamente se ha pasado por 2 diseños diferentes los cuales se han obtenido remarcas y propuestas de mejora. Para este diseño final el actuador permanece fijo en posición horizontal. Para poder ajustarse a la altura de las diferentes piezas que se pretendan ensayar, se podrá posicionar en posición más alta o baja, pero siempre en posición horizontal. Además, cabe recordar que el actuador en posición horizontal es como mayor rendimiento tiene y es más eficiente en cuanto a los consumos de energía.

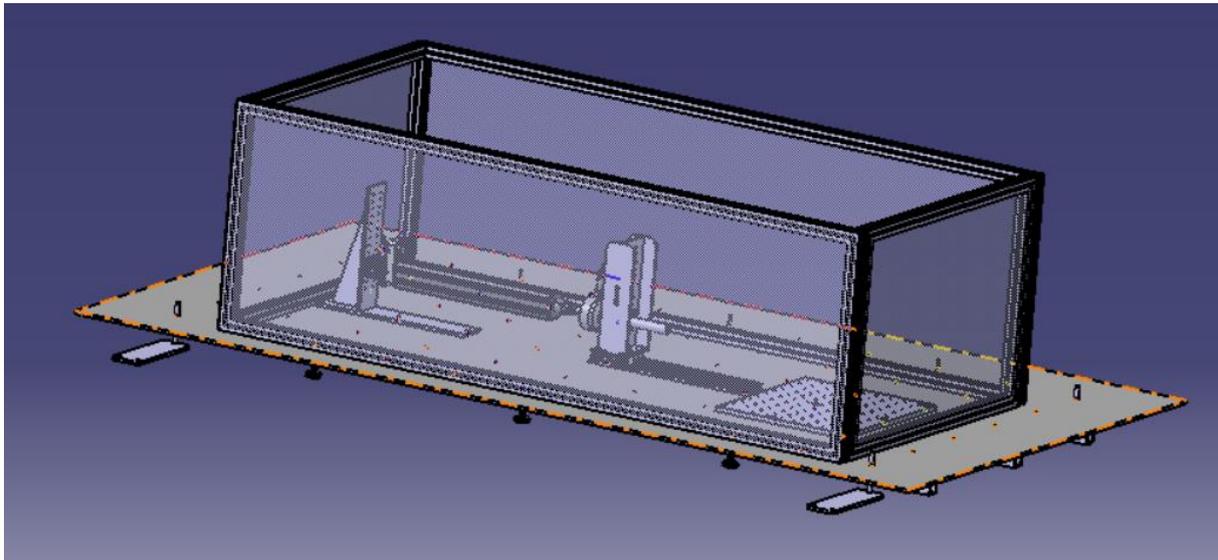


Ilustración 5. Conjunto final banco de ensayos

El banco de ensayos cuenta con varios conjuntos de piezas y elementos que se explican a continuación recorriendo la máquina de atrás a adelante. La zona trasera de la máquina corresponde con la zona izquierda de la imagen 5

Chapón base o bancada

Es la base del banco de ensayos y sobre la que se sustentan todos los elementos necesarios de apoyo, sujeción y protección. La base se ha aprovechado de un proyecto anterior que ya no se va a usar y de esta forma poder reducir costes en la fabricación del banco. Tiene unas medidas de 3000 x 1700 mm con una matriz de taladros roscados a M10 con un distanciamiento de 250 mm entre ellos.

Debido a las dimensiones del chapón, requiere de unos refuerzos para evitar que pandee. Se ha optado por añadir tubo de perfil rectangular 80 x 40 x 3 mm que se soldarán por la parte inferior del chapón. La distribución de estos tubos se ha pensado para dejar un espacio central en el chapón que permita introducir una transpaleta o carretilla para facilitar su movimiento para el montaje o un futuro traslado del banco de ensayos a otra ubicación.

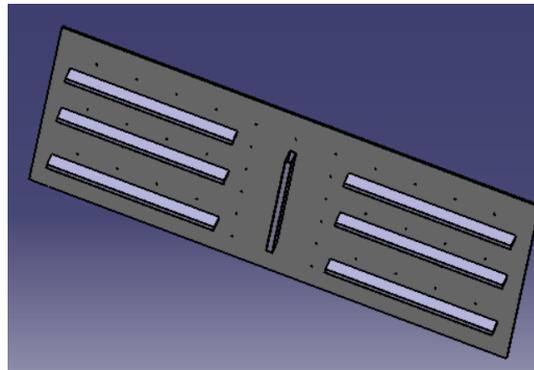


Ilustración 6. Bancada

Para fijar el chapón y evitar que se pueda desplazar durante la realización de un ensayo se han diseñado unas patas que se situarán en las 4 esquinas del chapón y se anclarán al suelo. A su vez para permitir una correcta nivelación del chapón, se colocarán pies de apoyo regulables con base de goma.

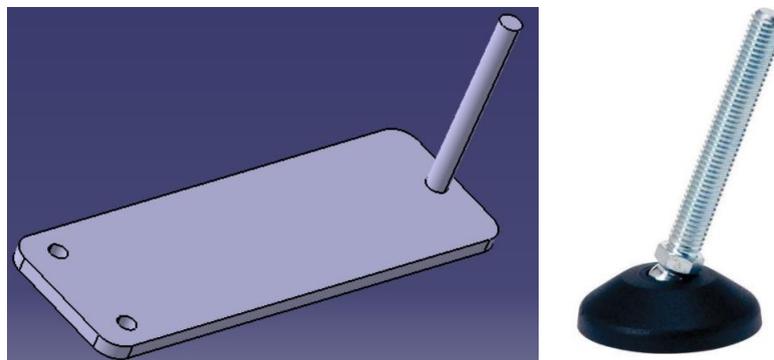


Ilustración 7. Pie regulable, fabricado y comercial.

Antes de ver los conjuntos de soportación del actuador se va a explicar la intención de diseño de estos. El actuador tiene como elemento móvil un vástago, el cual, soporta unas cargas laterales de baja intensidad, ya que está pensado única y exclusivamente para trabajar en dirección axial. El banco de ensayos cuenta con un guiado que va a soportar cualquier tipo de carga que sea diferente a la dirección axial del actuador. A mayores de esto, existe la posibilidad de un mal ajuste a la hora de montar el conjunto del actuador y que por el motivo que fuese, unos milímetros de desviación pueden ocasionar la rotura o acortar la vida útil del actuador. Es por esto por lo que se tomó la decisión de soportar el actuador sobre dos ejes dispuestos con una rótula, permitiendo un mínimo desplazamiento si se recibiera una fuerza no deseada. El actuador queda suspendido sobre 2 puntos de rotación.

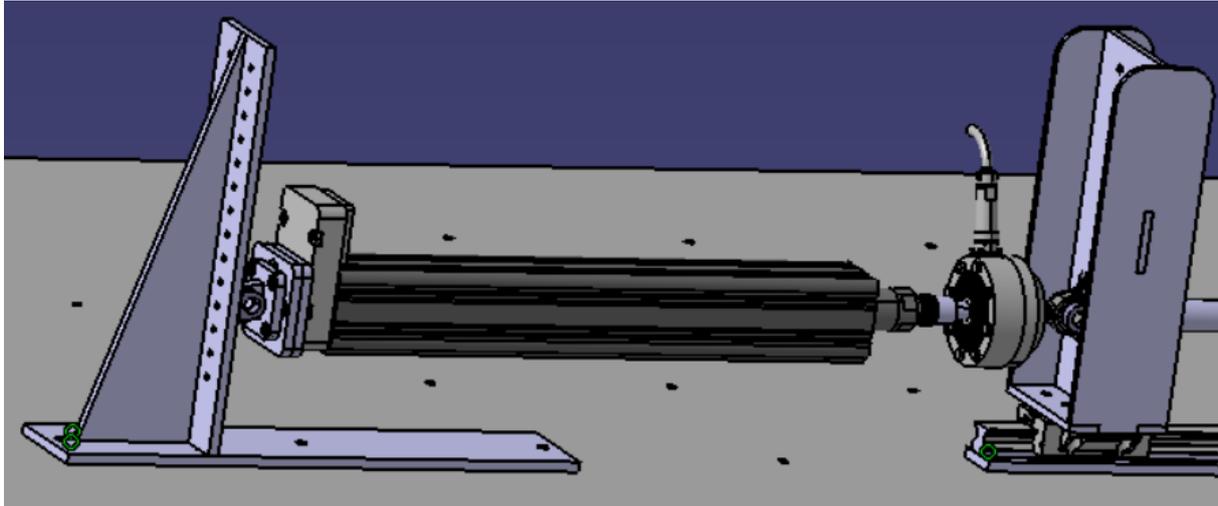


Ilustración 8. Posición del actuador entre dos puntos de giro

Conjunto soporte trasero

Está formado por 3 piezas diferentes, la base, el soporte para atornillar horquilla y el refuerzo central. Todas las piezas son de acero S235 con un espesor de 10mm. Los taladros son pasantes con un diámetro de 9mm. La matriz de taladros está pensada para poder posicionar el actuador en varias alturas diferentes. La altura se puede regular en posiciones discretas cada 23.25mm, esta medida se corresponde con la mitad de la distancia que hay entre los taladros de la charnela.

El conjunto se soldará, y para facilitar la operación de ensamblado y soldadura se han diseñado las piezas con unos encastrados que solo permiten un único posicionamiento de las piezas. De esta forma aseguramos que no haya errores humanos a la hora de posicionar cada una de las piezas para soldarlas. La preparación de las piezas se realizará por corte laser, se enviarán los planos a una empresa especializada.

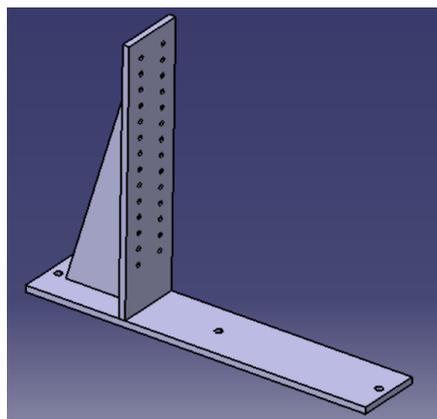


Ilustración 9. Conjunto soporte trasero

Elementos Unión zona trasera actuador

Lo forman un conjunto 5 piezas individuales de las cuales 3 son comerciales y otras 2 se han diseñado específicamente.

La pieza de unión al soporte trasero es una charnela hembra estrecha de la marca LASIOM, fabricada en acero. El código de referencia es DF0013-050.



Ilustración 10. Charnela hembra estrecha y charnela con rótula

La unión con rótula es una charnela hembra estrecha con rótula, también de la marca LASIOM, con código de referencia DF0018-50. Ambas piezas son compatibles para un correcto funcionamiento.

Para la unión de las 2 charnelas anteriores se utiliza un bulón de acero de diámetro 16 mm, también de LASIOM, con código de referencia DF0012-050. El fabricante ya indica que es el adecuado para esa unión, además ya se sirve con la anilla de seguridad correspondiente. Las especificaciones de estos 3 elementos comerciales se reflejan en el anexo 1



Ilustración 11. Bulón D16mm para charnella estrecha

Quedaría resolver la unión entre la charnela hembra estrecha con rótula y la parte trasera del actuador. El actuador cuenta con 4 taladros de sujeción en la parte trasera con una separación de 60mm entre ellos, las dimensiones del actuador están en el anexo 1. Los taladros de la charnela hembra con rótula están separados 46.5mm, por lo que es necesario fabricar 2 placas para poder realizar esta unión.

La placa de unión a la charnela con rótula tiene los taladros que coinciden con la anterior roscados y entre medias 4 taladros avellanados que sirven para la unión con la siguiente placa, que es la que se fija con el actuador. Esta última lleva 4 taladros avellanados con las medidas de los taladros del actuador y entre medias y coincidiendo con los taladros avellanados de la placa anterior 4 taladros roscados, resultando la unión como se muestra en la imagen 12. Ambas placas se fabricarán por corte laser y posteriormente se mecanizarán los taladros avellanados y roscados.

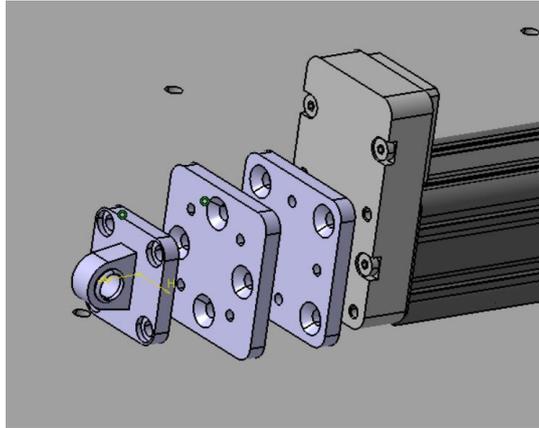


Ilustración 12. Placas de acople actuador

Acople anterior y posterior a la célula de carga

Siguiendo en línea hacia adelante, se encuentra el actuador que se hace referencia en el apartado 2.2. El extremo del vástago está roscado a M18 y la parte superior de la célula de carga tiene un agujero roscado a M16. Para la unión entre estos dos elementos se ha diseñado una pieza que ensambla de forma adecuada.

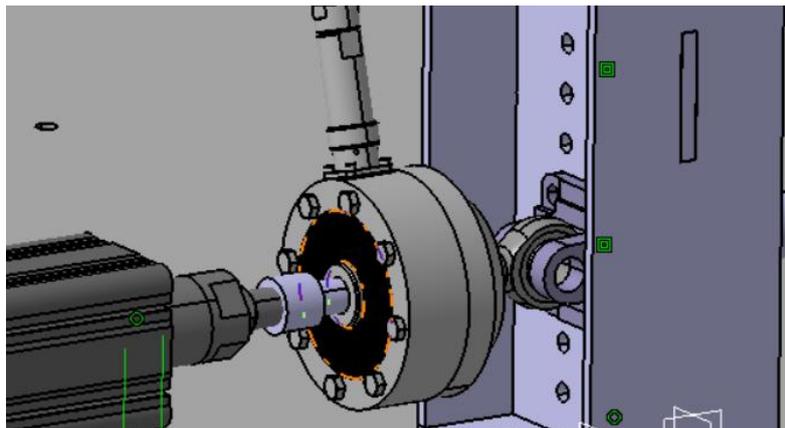


Ilustración 13. Acoples finales y célula de carga

Posterior a la célula de carga sucede lo mismo, pero en este caso se va a colocar una rótula con un espárrago roscado a M16, esta rótula es del fabricante LASIOM y tiene nº de referencia SAJK16C y está fabricada según norma DIN 648-K. Imagen 14



Ilustración 14. Cabeza de rótula SAJK16C

A esta rótula se une la charnela hembra estrecha referencia DF0013-050, la misma que se utiliza para el otro extremo del actuador.

Célula de carga

La célula de carga es modelo U10M del fabricante HBM. El modelo elegido es capaz de medir fuerzas hasta de 5KN y apta para mediciones en procesos rápidos. Al igual que sucedía con el actuador es muy importante que no reciba fuerzas transversales y el fabricante aconseja que se posicione con anclajes con rótula a ambos lados de la célula de carga. En este caso la célula está igual de protegida frente a fuerzas transversales que el actuador. Las especificaciones se muestran en el anexo 1



Ilustración 15. Célula de carga HBM U10M5KN

El objetivo de colocar una célula de carga con un actuador que nos indica la fuerza se debe a como mide el actuador esa fuerza. La mide de manera indirecta a través de la intensidad de consume el motor.

En nuestro caso queremos medir la fuerza de manera directa. Es más, con una célula de carga podríamos calibrar el limitador de intensidad que establece la fuerza.

La conexión de la célula de carga no se puede realizar mediante el driver del actuador. Es necesario tener una tarjeta de entradas analógicas para poder leer el dato de fuerza en el ordenador.

Guía lineal

La guía lineal tiene como función principal absorber cualquier esfuerzo transversal que se produzca durante el ensayo. En los diseños previos se optó por guiados compuestos por unos redondos calibrados que deslizaban sobre rodamientos lineales, el principal inconveniente de estos sistemas era que, en posiciones cercanas a la máxima carrera, las fuerzas que soportaban eran muy bajas. Se ha optado por la opción de un guiado mono rail que es capaz de soportar fuerzas en todas las direcciones y estas son independiente de la posición, además el precio de este sistema es más económico que los guiados mencionados en los diseños previos. Se compone de una guía sobre la que desliza un patín con unos rodillos, la forma es similar al sistema de cola de milano. El modelo elegido de guía es NSK RA30 con una longitud de 600mm, el patín que desliza sobre la guía es NSK RA30EM. La guía se suministra cortada a la longitud deseada.

Aunque el actuador tiene una carrera de 400mm la guía debe ser más larga, ya que hay que sumar la medida del patín, más luego el fabricante recomienda dejar una holgura en los extremos de 30mm. La guía viene preparada con una matriz de taladros cajeados para fijarlo a una base con tornillos allen de cabeza cilíndrica.



Ilustración 16. Guía lineal y patín NSK

El patín elegido es de rodillos que frente a los de recirculación de bolas soporta cargas mayores. Las especificaciones de la guía como del rodillo están en el anexo 1

Para la fijación de la guía se ha diseñado una pletina de acero con una longitud de 600mm con unos taladros avellanados para poder fijarla a la bancada y entre medias lleva unos agujeros roscados para la fijación de la guía a la pletina.

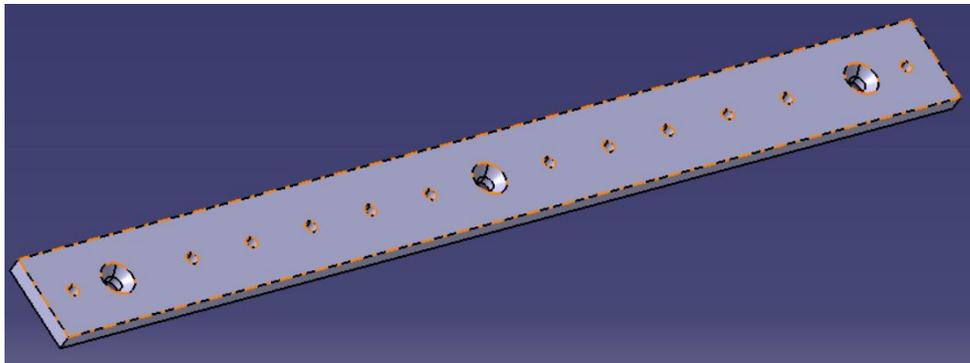


Ilustración 17. Pletina fijación guía NSK

Conjunto sobre patín

El patín NSK RA30EM tiene 6 taladros sobre la base para poder fijar las piezas que sean necesarias. En este caso, es un conjunto de 4 piezas soldadas que hacen la misma función que el conjunto soporte trasero, pero en lugar de ir fijado a la bancada va fijado al patín para que pueda desplazarse junto con el vástago del actuador.

Las piezas se han diseñado con la intención de facilitar el ensamblaje y evitar errores durante el proceso de soldadura, para ello las piezas llevan unos encastres haciendo que solo haya una única forma de montaje en la que todas las piezas ensamblan. El material utilizado es acero y se procesa mediante corte laser y posteriormente soldadura.

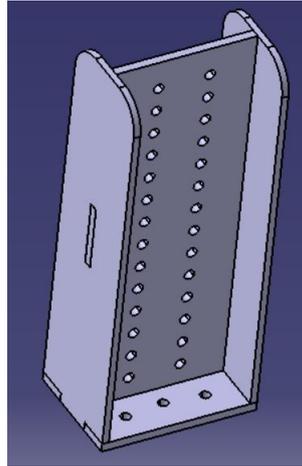


Ilustración 18. Conjunto patín

Sobre este conjunto deben fijarse mediante unión atornillada la charnela hembra estrecha que se sitúa sobrepasando la célula de carga y el útil de contacto que será el encargado de impactar contra la pieza a ensayar.

Útil de contacto

Es la última pieza en movimiento y será la encargada de impactar contra el producto a ensayar. El útil está compuesto por 2 piezas soldadas, una placa con taladros a las mismas medidas que la base de la charnela hembra estrecha y un redondo de diámetro 30mm, en el que su extremo tiene un agujero roscado para fijar el contactor. El contactor variará en función de la pieza a ensayar, puede ser un de acero, de goma según se pretenda realizar el ensayo. Este útil podrá variarse, pero en el extremo siempre deberá llevar una placa igual, puesto que es la forma de unión.

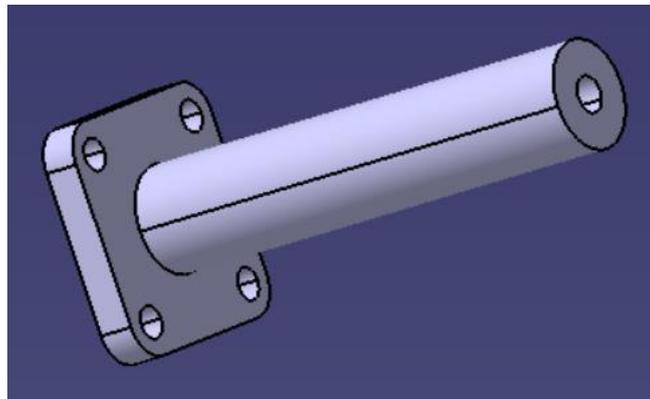


Ilustración 19. Útil de contacto

Base de ensayos

La base de ensayos es un chapón de acero de 15mm de espesor y unas medidas de 500 x 470 mm, donde se colocarán las piezas a ensayar y todos los utillajes específicos para cada ensayo. La base cuenta con unos agujeros avellanados para fijarla a la bancada y una matriz de taladros roscados que facilitan el posicionamiento de los utillajes. Para fabricarla se hará mediante corte laser y mecanizado.

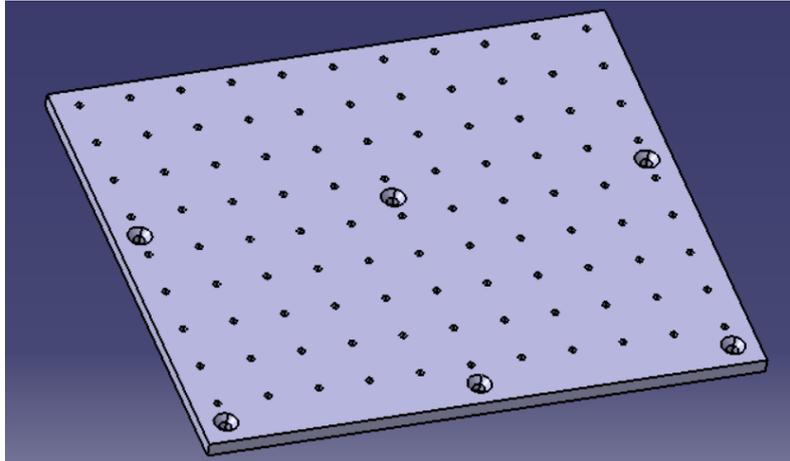


Ilustración 20. Base de ensayos

2.5 Seguridad del banco de ensayos

La seguridad de cualquier tipo de máquina es fundamental, ya que hay que tener en cuenta que siempre habrá un operario trabajando con ella y éste puede tener más o menos experiencia por lo que hay que intentar siempre ponerse en la peor situación. En este caso el banco de ensayos tiene un conjunto de piezas en movimiento, por lo que hay que impedir que mientras se esté realizando un ensayo no haya forma de acceder a la zona peligrosa, evitando accidentes o atrapamientos. Los ensayos consisten en golpear de forma repetitiva a una pieza, habrá ensayos en los que se quieran realizar un número de ciclos determinados y en los que se quiera probar que número de ciclos soporta hasta la rotura, por ello hay que proteger a la máquina frente a posibles proyecciones o virutas de material que puedan salir despedidas e impactar contra un trabajador.

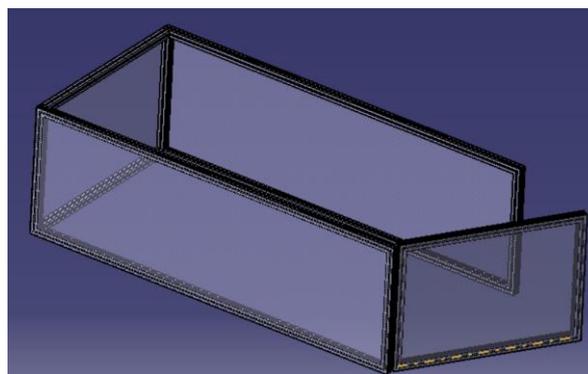


Ilustración 21. Protección perimetral del banco de ensayos

Se ha diseñado una mampara protectora fija que rodea toda la máquina. Cuenta con una puerta que da accesibilidad a la base de ensayos. Se realizará con perfil de aluminio modular del fabricante Bosch y se fijará con tornillos a la parte exterior policarbonato transparente de 3mm. A la puerta se la instalará un final de carrera, sensor, que permitirá saber si está cerrada o abierta. Lo que se pretende conseguir

es que, si la puerta está abierta, no se permita la puesta en marcha del actuador, únicamente cuando el sensor detecte que está cerrada.

A mayores de los descrito anteriormente también se dispondrá de una seta de emergencia, que tendrá la función de parar toda la máquina en caso de que se vea un fallo o sucede algo inesperado. Debe posicionarse en una zona accesible por el trabajador. En el caso de la puerta de protección si por el motivo que fuese se abriera mientras está sucediendo un ensayo, el banco de ensayos también se pararía, haciendo la misma función que la seta de emergencia.



Ilustración 22. Pulsador de emergencia

3 MARCADO CE

3.1 Introducción

El mercado CE se rige por el Reglamento 765/2008 por el que se establecen los requisitos de acreditación y vigilancia del mercado relativos a la comercialización de los productos. En dicho reglamento se define mercado CE:

Mercado por el que el fabricante indica que el producto es conforme a todos los requisitos aplicables establecidos en la legislación comunitaria de armonización que prevé su colocación

El mercado CE establece la conformidad de un producto con la legislación de la Unión Europea y permite que los productos que estén dentro del mercado europeo puedan circular libremente en el mismo independientemente si han sido fabricados en la UE o en otro país no perteneciente. Por tanto, el mercado CE no indica que un producto ha sido fabricado en la Unión Europea, sino que es un producto que cumple con los requisitos establecidos en la ley de armonización de la UE.

Aunque este regido por un Reglamento de 2008, hay que remontarse varios años atrás para observar el primer concepto sobre la libre comercialización de productos dentro de la UE. La legislación en cuanto a mercancías en la Unión Europea ha evolucionado por 4 fases.

- **Enfoque tradicional:** Hacia la década de los 60 y 70 se eliminaron los aranceles entre países de la Unión. Las normativas nacionales referidas a aspectos técnicos cada vez estaban más desarrolladas y su complejidad aumentaba. Era la forma de proteger al producto nacional.
- **El nuevo enfoque a partir de 1985:** Se acotó el contenido de las leyes nacionales, dejando a las normas europeas armonizadas los detalles técnicos. Comenzaron a desarrollarse las políticas de normalización europea. Así aparece por primera vez la idea del mercado CE con la aparición de la Directiva 93/68/CEE.
- **Desarrollo de instrumentos de evaluación de la conformidad:** Era necesario establecer métodos de evaluación para la aplicación de diferentes actos armonizados de la UE.
- **El nuevo marco legislativo (NML) establecido en julio 2008:** Fue en este año cuando se formalizó el Reglamento 765/2008. Para ello se mantuvieron los conceptos del nuevo enfoque y se desarrolló por completo el marco legislativo añadiendo toda la información referente a la evaluación de la conformidad, la acreditación y una vigilancia del mercado en la cual se incluye el control de los productos provenientes de países no pertenecientes a la Unión Europea.

Todos los productos que circulan por la Unión Europea no tienen que llevar marcado CE. En la actualidad existen 30 actos de la UE donde se hace referencia a la armonización de productos, es decir, cada uno de esos actos hace referencia a una tipología de productos que deben llevar marcado CE.

Los actos armonizados hacen referencia a una serie de obligaciones o exigencias que deben cumplir cada una de las partes que interviene en un producto (fabricante, importador, representante legal y distribuidor). El orden lógico que debe seguir el fabricante es:

1 Diseñar y fabricar el producto en conformidad con los requisitos establecidos en el acto de armonización de la UE.

En la legislación de la UE no se establecen las soluciones técnicas a seguir para fabricar un producto, sino que establece unos objetivos que el producto en cuestión debe alcanzar y los peligros a los que hay que afrontar y solventar.

2 Elaborar el expediente del producto y asegurarse de que junto al producto se entrega el manual de instrucciones y toda la información que haga referencia a la seguridad del producto.

Es obligación del fabricante redactar la documentación técnica sobre la que debe aparecer la siguiente información:

- Se debe demostrar que el producto es conforme con los requisitos aplicables.
- Planos de diseño y fabricación
- Descripciones o aclaraciones para entender los planos y esquemas de funcionamiento del producto.
- Resultado de cálculos o controles efectuados
- Informe de ensayos si lo requiere
- Información de funcionamiento
- Análisis y evaluación de riesgos
- Lista de las normas armonizadas utilizadas o la descripción de las soluciones adoptadas en caso de no haber aplicado ninguna ley armonizada.
- Manual de instrucciones con la información de forma entendible y legible por el usuario final.

3 Aplicar un determinado procedimiento de evaluación de la conformidad.

El Reglamento 768/2008 establece diversos procedimientos de evaluación. Puede hacerlo el propio fabricante, pero para ello debe cumplir unos requisitos establecidos en el reglamento o por un tercero el cual debe ser un organismo notificado

4 Asegurarse que se controla la trazabilidad del producto y sus componentes. Al igual que deben existir procedimientos de donde se asegure la conformidad de los productos que se producen en serie.

5 Elaborar la declaración de conformidad.

Es el documento en el que se expresa que el producto cumple todos los requisitos esenciales de la legislación de armonización de la Unión Europea. Tiene un formato tipo sobre el que se rellena la información necesaria.

6 Colocación del marcado CE en el producto.

Debe colocarse en un lugar visible y ningún otro marcado puede ponerse si va a causar confusión el marcado CE. Una vez puesto, el fabricante asume toda la responsabilidad de la conformidad del producto con todos los requisitos que establece la legislación europea de marcado CE.

Anteriormente hemos mencionado la existencia de 30 actos de armonización donde se hace referencia a los diferentes productos. El acto referente al marcado CE en máquinas es la Directiva 2006/42.

3.2 Directiva 2006/42

La Directiva 2006/42 relativa a las máquinas entró en vigor el 29 de diciembre de 2009, modificando la anterior Directiva 95/16/CE.

Dicha directiva a sufrido 5 modificaciones, las cuales quedan reflejadas en la última versión vigente. La directiva consta de 30 considerandos, 29 artículos y 11 anexos, los considerandos no tienen ninguna validez jurídica, pero sirven de ayuda a comprender la Directiva.

El Artículo 1 indica el ámbito de aplicación de dicha directiva, menciona aquellos productos a los que les es de aplicación y también a los que no les compete esta directiva. Dentro del listado de ámbito de aplicación figuran las máquinas. Pero debemos conocer que es una máquina.

El Artículo 2 establece las definiciones de los conceptos principales.

- Máquina lo define como todo conjunto de partes o componentes vinculados entre sí, en los que al menos hay un elemento móvil, tiene una aplicación determinada y la fuerza de accionamiento es distinta a la humana o animal.

Con esta definición de maquina aplicándolo a nuestro caso se confirma que tenemos una máquina.

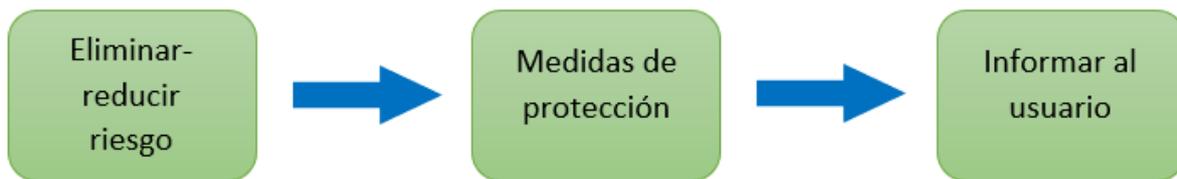
- Hay un elemento móvil, el actuador.
- Tiene una aplicación determinada, se utilizará únicamente para realizar ensayos de fatiga o esfuerzo a productos plásticos.
- La energía de accionamiento es eléctrica.

Es en el Artículo 5 donde se especifica todo lo necesario para la comercialización y puesta en servicio de un producto.

- a) Asegurarse que se cumplen los requisitos esenciales de seguridad y salud que aparecen en el anexo I.**

Es en el Anexo I donde se establecen los requisitos esenciales de seguridad y salud relativo a máquinas. Lo primero que indica como requisito es una evaluación de riesgos. Para ello hay que conocer y determinar los siguientes aspectos:

- Determinar los límites de la máquina, uso previsto y mal uso posible.
- Identificar los peligros que puedan suceder.
- Estimar los riesgos de esos peligros, para ello hay que tener en cuenta la gravedad en cuanto a salud y la probabilidad de que se produzcan.
- Valorar los riesgos con la finalidad de decidir si es necesario reducirles, eliminarles o son asumibles.



En cuanto a los RESS se han tenido en cuenta el diseño de la máquina con vistas a su manipulación y mantenimiento. El puesto de mando, en nuestro caso será el ordenador desde el cual se controla la máquina no existe riesgo alguno, ya que esta separado de la máquina.

El punto 1.3.8 establece la elección de la protección contra riesgos ocasionados por elementos móviles. En este caso tenemos un elemento móvil, que es el actuador. Por lo que existe un alto riesgo de atrapamiento o golpe, además cabe la opción que mientras se esté ensayando un producto este se rompa y salgan proyecciones incontroladas, por ello se ha establecido la necesidad de instalar una combinación de resguardos fijos y móviles. Se han mencionado en el punto 2.5

- Los resguardos fijos según el punto 1.4.2.1 solo deben poder desmontarse o abrirse con alguna herramienta.
- Los resguardos móviles con dispositivo de enclavamiento según el punto 1.4.2.2 deben diseñarse de tal forma que solo puedan moverse mediante una acción voluntaria. El dispositivo de enclavamiento debe impedir que la máquina se ponga en funcionamiento si no están todos los resguardos cerrados, a su vez, si estando en funcionamiento se mueve el resguardo, la máquina debe pararse de forma inmediata.

b) Disponibilidad del expediente técnico al que se hace referencia en la parte A del anexo VII.

Un expediente técnico debe contener toda la información ya descrita en el punto 3.1. Dicho expediente debe estar a disposición de las autoridades competentes durante al menos 10 años desde la fecha de fabricación. El formato es indiferente puede ser DVD, papel o en la nube.

c) Manual de instrucciones.

En el anexo I, punto 1.7.4 establece como debe redactarse y que debe incluir el manual de instrucciones. Resaltar que en el manual deben aparecer todos los datos referentes al fabricante. Hay que tener en cuenta el uso previsto y un mal uso posible de la máquina, sirviendo de advertencia para el personal que la vaya a usar. El manual de instrucciones se redacta de forma clara y entendible acorde al nivel de conocimiento del usuario final.

d) Llevar a cabo procedimientos de evaluación de la conformidad, según lo establecido en el artículo 12.

El fabricante de una máquina tiene la obligación de demostrar que la máquina que se comercializa o se pone en marcha cumple los requisitos exigidos en la Directiva 2006/42. Evidentemente debe realizarse previamente a la puesta en marcha de la máquina. En el artículo 12 de la Directiva se establecen varios modos de evaluar la conformidad. Para saber con cuál de ellos hay que proceder hay que saber si nuestra máquina está presente en el anexo IV donde se exponen las denominadas máquinas peligrosas. Nuestro banco de ensayos no se cataloga como máquina peligrosa por lo que hay que consultar el anexo VIII. Éste último trata la evaluación de conformidad mediante control interno de la fabricación de la máquina.

El anexo VIII expone que el fabricante debe redactar el expediente técnico por cada tipo representativa de la serie de fabricación, en nuestro caso solo es un tipo y una unidad, y garantizar que el proceso de fabricación se realiza de la manera adecuada para garantizar la conformidad.

e) Redactar la declaración CE de conformidad, en función de lo descrito en el anexo II, parte 1, sección A y asegurarse que se entrega junto con la máquina.

Es un documento legal en el cual el fabricante afirma que la máquina fabricada cumple con todo lo exigido en la Directiva 2006/42 de máquinas. Debe incluirse en el expediente técnico y que se adjunta con la máquina. Es en el anexo II donde se describe todo lo referente a declaraciones. En la declaración CE de conformidad debe aparecer una información determinada, es por ello que existen plantillas sobre la misma.

f) Colocar el marcado CE en función de lo descrito en el artículo 16.

El marcado CE debe tener una dimensión mínima de 5mm y las letras tienen una proporción determinada que son de obligado cumplimiento. Debe colocarse junto con el nombre del fabricante, en un lugar visible y no puede ponerse cualquier otro marcado que pueda causar confusión el de CE.

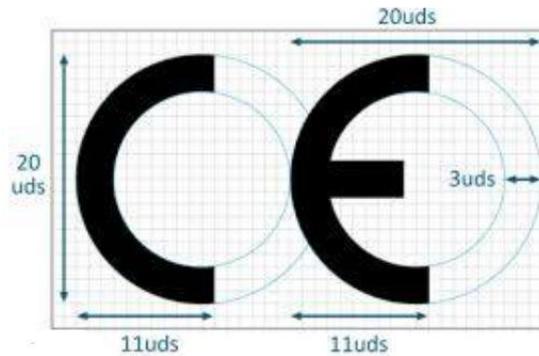


Ilustración 23. Proporciones del marcado CE

Al margen de la directiva europea, cada país miembro tiene su propia legislación, es esta la que tiene aplicación jurídica directa. En el caso de España se hizo una transposición de la Directiva 2006/42 2 años más tarde, formándose así el Real Decreto 1644/2008 de 10 de octubre por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.

El contenido del RD 1644/2008 es muy similar a la Directiva 2006/42.

3.3 RD 1215/1997

El RD 1215/1997 de 18 de Julio, se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de equipos de trabajo. Es totalmente independiente del mercado CE. Este RD es de exclusiva aplicación en España, luego cada país tendrá sus requisitos.

En el artículo 2 del RD 1215/1997 define equipo de trabajo como cualquier máquina, herramienta o instalación que se utiliza en un trabajo, entendiendo por trabajo la puesta en marcha, mantenimiento, limpieza, el transporte...

En este caso ya no interviene para nada el fabricante, sino que ahora es el empresario el que debe asegurarse que la máquina que se ha instalado es adecuada en cuanto a seguridad para que pueda ser utilizada por un trabajador.

Es en el anexo I donde se establecen las disposiciones mínimas aplicables a equipos de trabajo. En el anexo 3 de esta memoria hay una tabla que debe rellenar el empresario o el responsable de seguridad donde aparecen todos los requisitos exigidos en el RD 1215/97.

4 GESTIÓN DEL PROYECTO

Un proyecto bien gestionado tiene más posibilidades de que sea exitoso. En este apartado se hace referencia a la gestión del proyecto, pero refiriéndose a los costes de comerciales, costes de fabricación.

4.1 Presupuesto de comerciales

El banco de ensayos de fatiga para piezas impresas en 3D, cuenta con una serie de elementos que no requieren fabricación, por lo que son comerciales que se pueden comprar al propio fabricante o a un distribuidor.

Denominación	Fabricante	Referencia	Unidades	Precio/ud	Total	Proveedor consultado
Actuador eléctrico	SMC	LEY63	1		0.00 €	SMC
Correa actuador	SMC	LE-D-2-5	1	39.86 €	39.86 €	SMC
Piñón actuador	SMC	LE-D-12-17	1	145.50 €	145.50 €	SMC
Tapa actuador	SMC	LEY-RP63	1	90.29 €	90.29 €	SMC
Motor actuador	SMC	LE-D-S8	1	640.56 €	640.56 €	SMC
Cable motor 2mts	SMC	LE-CSM-S2A	1	36.63 €	36.63 €	SMC
Cable encoder 2mts	SMC	LE-CSE-S2A	1	43.32 €	43.32 €	SMC
Driver actuador	SMC	LESSB2-S8	1	623.99 €	623.99 €	SMC
Software de programación	SMC	LEC-MC2E	1	176.63 €	176.63 €	SMC
Seta de Emergencia	SMC		1	89.55 €	89.55 €	SMC
Charnela hembra estrecha	Lasiom	DF0013-050	2	25.16 €	50.32 €	Jesus Suministros
Charnela hembra con rótula	Lasiom	DF0018-050	1	27.73 €	27.73 €	Jesus Suministros
Bulón charnela estrecha	Lasiom	DF0012-050	2	4.98 €	9.96 €	Jesus Suministros
Cabeza rótula	Lasiom	SAJK16C DIN 648K	1	12.85 €	12.85 €	Jesus Suministros
Guía lineal 600mm	NSK	RA30	1	175.00 €	175.00 €	Jesus Suministros
Patín guía lineal	NSK	RA30EM	1	112.00 €	112.00 €	Jesus Suministros
Pie regulable	Norelem	27790-10100	6	7.65 €	45.90 €	Saenz S.I.
Célula de carga	HBM	U10M5KN	1	780.00 €	780.00 €	HBM
TOTAL					3,100.09 €	

Tabla 6. Presupuesto de comerciales

Los comerciales tienen un coste total de 3100.09€. En algunos casos se ha tratado directamente con el fabricante. En el caso de proveedores de suministros las dos empresas consultadas, **Jesús suministros** y **Sáenz Suministros Industriales**, se encuentra en el Polígono San Cristóbal de Valladolid.

4.2 Presupuesto de materiales de fabricación

Para la fabricación del banco de ensayos de fatiga, se va a mandar fabricar a otra empresa las piezas necesarias. Las empresas que se citan a continuación son las que tienen el precio más competitivo de las que se ha consultado, cada una en lo referente a su materia.

Todas las piezas que aparecen en los planos se mandarán a corte laser. En este caso se ha tratado el presupuesto con **Laser Ebro**, situada en el Polígono San Cristóbal de Valladolid. Esta empresa cuenta con máquinas de corte laser y máquinas de

mecanizado. Se encargarán de realizar el corte de las piezas mediante laser y posteriormente procederán a mecanizar las roscas donde sea necesario y avellanar donde este indicado en cada uno de los planos.

Después del corte laser hay que soldar los conjuntos que lo requieren. Este trabajo lo realizará **Técnicas Dylpa**, situada en el P.I. San Cristóbal. Tiene una amplia experiencia en procesos de soldadura. A mayores, las piezas que requieren de mecanizado con torno como son el útil de contacto y el adaptador del vástago las mecanizan ellos también.

Una vez que los conjuntos estén soldados deberán llevarse a realizar el tratamiento de Zincado, que da un acabado de protección y estéticamente queda atractivo. Del proceso de Zincado se encargará **Ganchiplax**. Se dedica a una amplia de variedad de tratamientos, entre ellos el Zincado. La empresa está situada en el Camino Viejo de Renedo.

La fabricación de la protección perimetral la realizará **ARPE**, una empresa que trabaja con perfiles Bosch de aluminio y conoce bien la técnica de ensamblado de estos perfiles. Se entregará el plano U20110 donde aparecen las especificaciones de la protección.

El policarbonato también se pedirá a una empresa del P.I. San Cristóbal, **Mas-Plásticos**. Las planchas de policarbonato las servirá ya cortadas a la medida indicada.

Denominación	Empresa	Coste
Laser y mecanizado	Laser Ebro	285.00 €
Soldadura y mecanizado	Tecnicas Dylpa	195.00 €
Tratamiento Zincado	Ganchiplax	226.00 €
Proteccion perimetral	ARPE	155.00 €
Policarbonato	Mas-Plásticos	268.00 €
	TOTAL	1,129.00 €

Tabla 7. Presupuestos materiales de fabricación

Con los 2 presupuestos tanto de elementos comerciales como de materiales de fabricación se obtiene lo que sería el coste total aproximado de la fabricación del banco de ensayos de fatiga. El resultado total es de 4229,09€.

5 CONCLUSIONES

El objetivo en un inicio era realizar el diseño y la fabricación de un banco de ensayo para piezas impresas en 3D. Debido a la situación que se está viviendo en este 2020 por culpa del Covid-19 y la imposibilidad a la hora de mantener contacto, se tuvo que descartar la fabricación y se ha quedado en el diseño.

Uno de los objetivos se ha cumplido que era el de realizar el diseño del banco de ensayos. Se ha tomado nota de que no es lo mismo ensayar un tipo de material u otro. Los materiales plásticos, como los citados en la memoria y que son los más utilizados en la industria de la impresión 3D, para ensayarles a fatiga hay que tener en cuenta la frecuencia a la que se va a realizar el ensayo, procurando no pasar de una frecuencia de 3 Hz.

Se dispone de la totalidad de los planos necesario para poder construir el banco de ensayos. Para su futura construcción también se ha hecho especial atención en los presupuestos tanto de materiales y proveedores como de empresas auxiliares para realizar los diferentes trabajos que requiere la fabricación. Con esta información la puesta en marcha del proyecto es más rápida y no requerirá tanto tiempo en la búsqueda de proveedores.

La máquina banco de ensayos de fatiga cuenta con toda la documentación requerida para que posea el Mercado CE. Algunos documentos debían realizarse posterior a la fabricación de la máquina, pero se ha realizado como si lo estuviera.

6 ESTUDIOS FUTUROS

Como ya se ha comentado anteriormente queda pendiente la fabricación del banco de ensayos de fatiga.

A la hora del futuro montaje de la máquina se debe hacer hincapié en lo referente al circuito de seguridad de la máquina, lo cual sería recomendable que lo realizara un especialista en ello. Es muy importante que las seguridades la máquina se instalen de forma correcta y asegurando que ante una emergencia no habrá posibilidad de error de que falle el circuito de seguridad de la máquina, en este caso si se pulsase la seta de emergencia o si se abriese la puerta de la protección perimetral.

Como propuesta futura exitosa sería la realización del ensayo de una pieza. En este caso una de las piezas que se pretenden ensayar es un protector de cabeza, similar a un casco. A continuación, se plantea una posible configuración de un ensayo.

Uno de los ensayos que se pretende realizar con esta pieza sería la simulación de coger el casco por la patilla con una sola mano cada vez que nos lo fuéramos a poner o dejar en un lugar. De esta forma lo que se pretende ensayar es la durabilidad de esa patilla frente al uso que va a tener el casco. Por tanto, el casco se colocaría en la posición en la que la patilla queda enfrentada con el contactor del actuador. El actuador se ajustaría a la altura adecuada del casco.

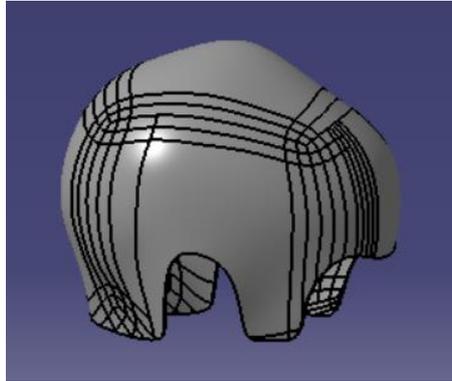


Ilustración 24. Casco para futuro ensayo

Los utillajes de sujeción del casco deben ser especificadas por personal experto en materiales puesto que el ensayo puede no simular la realidad si se restringen desplazamientos en ciertas zonas.

Los parámetros para introducir en el controlador para realizar el ensayo como la fuerza o el desplazamiento, los debe establecer el fabricante de la pieza a ensayar puesto que es él quien especifica que ensayo se debe realizar y si va a realizarse hasta rotura o un número de ciclos determinados.



7 BIBLIOGRAFÍA

1. Fatigue behaviours of additively manufactured polyactide (PLA), O.H. Ezeh and L.Susmel. Departament of Civil and Structural Engineering, The University of Scheffield.
2. Tesis Doctoral. Modelado y verificación experimental del comportamiento a tracción de probetas bimaterial termoplásticas. (PP-PE y ABS-HIPS).
3. Simulación a fatiga de un componente de ABS usando ANSYS WORKBENCH. Departamento de Ingeniería Mecánica, Instituto tecnológico de Celaya.
4. <https://www.smc.eu/es-es> 04/03/2020
5. <https://www.nskeurope.es/es.html> 15/04/20
6. <https://www.hbm.com/es/> 20/04/2020
7. <https://www.lasiom.com/> 26/03/2020
8. Decisión N° 768/200/CE sobre un marco común para la comercialización de los productos.
9. Directiva 2006/42/CE de Máquinas.
10. RD1644/2008 por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
11. RD 1215/1997 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

ANEXO 1: ESPECIFICACIONES DE COMPONENTES

Dimensiones del actuador

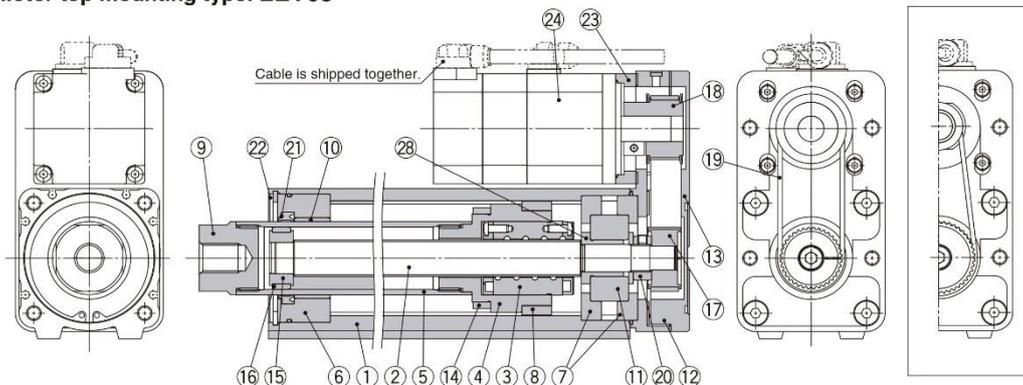
Series LEY

AC Servo Motor Size **63** Dust/Drip proof (IP65 equivalent)

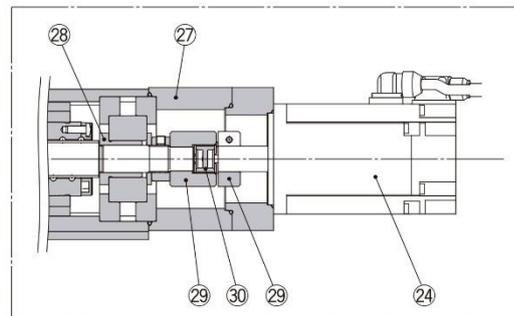
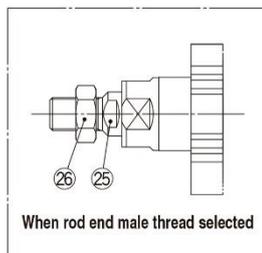
* Select options

Construction

Motor top mounting type: LEY63



In-line motor type: LEY63D



Component Parts

No.	Description	Material	Note
1	Body	Aluminium alloy	Anodised
2	Ball screw shaft	Alloy steel	
3	Ball screw nut	Resin/Alloy steel	
4	Piston	Aluminium alloy	
5	Piston rod	Stainless steel	Hard chrome plating
6	Rod cover	Aluminium alloy	
7	Bearing holder	Aluminium alloy	
8	Rotation stopper	Resin	
9	Socket	Free cutting carbon steel	Nickel plating
10	Bushing	Lead bronze cast	
11	Bearing	—	
12	Return box	Aluminium alloy	Coating
13	Return plate	Aluminium alloy	Coating
14	Magnet	—	
15	Wear ring holder	Stainless steel	

No.	Description	Material	Note
16	Wear ring	Resin	
17	Screw shaft pulley	Aluminium alloy	
18	Motor pulley	Aluminium alloy	
19	Belt	—	
20	Lock nut	Alloy steel	Black dyed
21	Seal	NBR	
22	Retaining ring	Steel for spring	
23	Motor adapter	Aluminium alloy	Coating
24	Motor	—	
25	Socket (Male thread)	Free cutting carbon steel	Nickel plating
26	Nut	Alloy steel	Trivalent chromated
27	Motor block	Aluminium alloy	Coating
28	Spacer A	Stainless steel	
29	Hub	Aluminium alloy	
30	Spider	Urethane	

Replacement Parts (Top/Parallel only)/Belt

No.	Size	Lead	Order no.
19	63	A/B/C	LE-D-2-5
		L	LE-D-2-6

Replacement Parts/Grease Pack

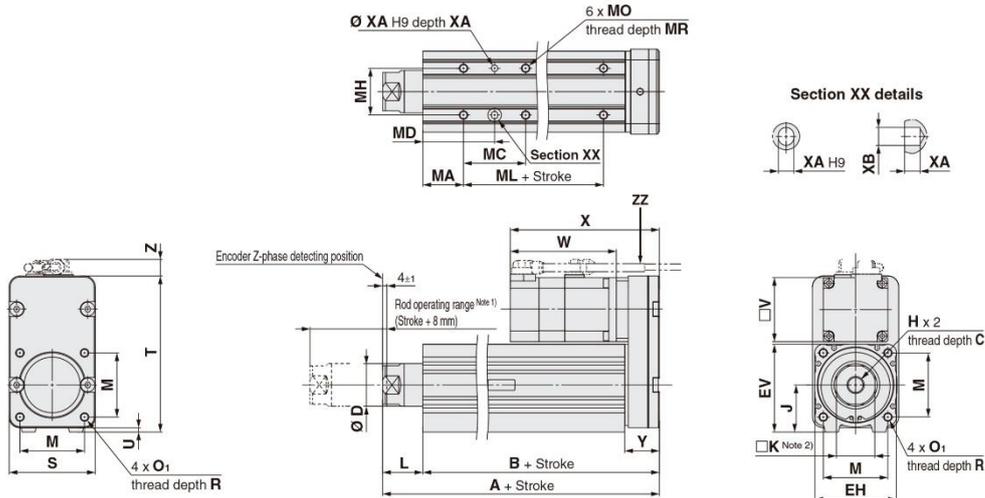
Applied portion	Order no.
Piston rod	GR-S-010 (10 g) GR-S-020 (20 g)

* Apply grease on the piston rod periodically. Grease should be applied at 1 million cycles or 200 km, whichever comes first.

Electric Actuator/Rod Type **Series LEY**
 AC Servo Motor Size **63** Dust/Drip proof (IP65 equivalent)

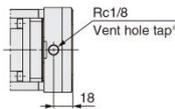
* Select options

Dimensions: Motor Top/Parallel



Note 1) Range within which the rod can move.
 Make sure a workpiece mounted on the rod does not interfere with the workpieces and facilities around the rod.
 Note 2) The direction of rod end width across flats (□K) differs depending on the products.

IP65 equivalent (Dust-tight/Water-jet-proof): LEY63□□□□-□P
 (View ZZ)



* When using the dust-tight/water-jet-proof (IP65 equivalent), correctly mount the fitting and tubing to the vent hole tap, and then place the end of the tubing in an area not exposed to dust or water. The fitting and tubing should be provided separately by the customer.
 Select [Applicable tubing O.D.: Ø 4 or more, Connection thread: Rc1/8].

Size	Stroke range [mm]	A	B	C	D	EH	EV	H	J	K	L	M	O ₁	R	S	Y
	205 to 500	227.6	190.2													
	505 to 800	262.6	225.2													

Size	Stroke range [mm]	T	U	V	Incremental encoder						Absolute encoder					
					Without lock			With lock			Without lock			With lock		
					W	X	Z	W	X	Z	W	X	Z	W	X	Z
63	Up to 200	146	4	60	110.2	150.2	15.6 (16.6)*	138.8	178.8	15.6 (16.6)*	98.5	138.5	15.6 (16.6)*	138	178	15.6 (16.6)*
	205 to 500															
	505 to 800															

* The values in () are the dimensions when L is selected for screw lead.

Body Bottom Tapped [mm]

Size	Stroke range [mm]	MA	MC	MD	MH	ML	MO	MR	XA	XB	
63	50 to 74	38	24	50	44	65	M8 x 1.25	10	6	7	
	75 to 124		45	60.5							
	125 to 200		58	67							
	201 to 500		86	81							100
	501 to 800										135



Model Selection

LEYG

LEYG

LECA6

LECP6

LEC-G

LECP1

LECPA

JXC□1

JJC73838283

AC Servo Motor

LEYG

LECS□

LECS-T

LECY□

Specific Product Precautions

Especificaciones del driver

AC Servo Motor Driver
Incremental Type

Series LECSA (Pulse Input Type/Positioning Type)

Absolute Type

Series LECSB/LECSA/LECSS
(Pulse Input Type) (CC-Link Direct Input Type) (SSCNET III Type)

How to Order

Driver

LECSA

A

1

-S1

Symbol	Description
A	Pulse input type/Positioning type (For incremental encoder)
B	Pulse input type (For absolute encoder)
C	CC-Link direct input type (For absolute encoder)
S	SSCNET III type (For absolute encoder)

Symbol	Description
1	100 to 120 VAC, 50 / 60 Hz
2	200 to 230 VAC, 50 / 60 Hz

Symbol	Type	Capacity	Encoder
S1	AC servo motor (S2)	100 W	Incremental
S3	AC servo motor (S3)	200 W	
S4	AC servo motor (S4)*	400 W	
S5	AC servo motor (S6)	100 W	Absolute
S7	AC servo motor (S7)	200 W	
S8	AC servo motor (S8)*	400 W	

* Only available for power supply voltage "200 to 230 VAC".

Dimensions

LECSA

For LECSA-S1,S3

For LECSA-S4

Connector name	Description
CN1	I/O signal connector
CN2	Encoder connector
CN3	USB communication connector
CNP1	Main circuit power supply connector
CNP2	Control circuit power supply connector

LECSB

135 (For LECSB-S5, S7)
170 (For LECSB-S8)

Dimensions for LECSB: Side view (40mm width, 168mm height, 156mm mounting hole offset, 6mm bearing surface thickness). Connectors: CNP1, CNP2, CNP3, CN1, CN2, CN3, CN4, CN5, CN6. Battery* is shown at the bottom.

Connector name	Description
CN1	I/O signal connector
CN2	Encoder connector
CN3	RS-422 communication connector
CN4	Battery connector
CN5	USB communication connector
CN6	Analogue monitor connector
CNP1	Main circuit power supply connector
CNP2	Control circuit power supply connector
CNP3	Servo motor power connector

*Battery included.

175



Series LECS□

Specifications

Series LECSA

Model		LECSA1-S1	LECSA1-S3	LECSA2-S1	LECSA2-S3	LECSA2-S4
Compatible motor capacity [W]		100	200	100	200	400
Compatible encoder		Incremental 17-bit encoder (Resolution: 131072 p/rev)				
Main power supply	Power voltage [V]	Single phase 100 to 120 VAC (50 / 60 Hz)		Single phase 200 to 230 VAC (50 / 60 Hz)		
	Allowable voltage fluctuation [V]	Single phase 85 to 132 VAC		Single phase 170 to 253 VAC		
	Rated current [A]	3.0	5.0	1.5	2.4	4.5
Control power supply	Control power supply voltage [V]	24 VDC				
	Allowable voltage fluctuation [V]	21.6 to 26.4 VDC				
	Rated current [A]	0.5				
Parallel input		6 inputs				
Parallel output		4 outputs				
Max. input pulse frequency [pps]		1 M (for differential receiver), 200 k (for open collector)*2				
Function	In-position range setting [pulse]	0 to ±65535 (Command pulse unit)				
	Error excessive	±3 rotations				
	Torque limit	Parameter setting				
	Communication	USB communication				
Operating temperature range [°C]		0 to 55 (No freezing)				
Operating humidity range [%RH]		90 or less (No condensation)				
Storage temperature range [°C]		-20 to 65 (No freezing)				
Storage humidity range [%RH]		90 or less (No condensation)				
Insulation resistance [MΩ]		Between the housing and SG: 10 (500 VDC)				
Weight [g]		600				700

Series LECSB

Model		LECSB1-S5	LECSB1-S7	LECSB2-S5	LECSB2-S7	LECSB2-S8
Compatible motor capacity [W]		100	200	100	200	400
Compatible encoder		Absolute 18-bit encoder (Resolution: 262144 p/rev)				
Main power supply	Power voltage [V]	Single phase 100 to 120 VAC (50 / 60 Hz)		Three phase 200 to 230 VAC (50 / 60 Hz) Single phase 200 to 230 VAC (50 / 60 Hz)		
	Allowable voltage fluctuation [V]	Single phase 85 to 132 VAC		Three phase 170 to 253 VAC Single phase 170 to 253 VAC		
	Rated current [A]	3.0	5.0	0.9	1.5	2.6
Control power supply	Control power supply voltage [V]	Single phase 100 to 120 VAC (50 / 60 Hz)		Single phase 200 to 230 VAC (50 / 60 Hz)		
	Allowable voltage fluctuation [V]	Single phase 85 to 132 VAC		Single phase 170 to 253 VAC		
	Rated current [A]	0.4		0.2		
Parallel input		10 inputs				
Parallel output		6 outputs				
Max. input pulse frequency [pps]		1 M (for differential receiver), 200 k (for open collector)				
Function	In-position range setting [pulse]	0 to ±10000 (Command pulse unit)				
	Error excessive	±3 rotations				
	Torque limit	Parameter setting or external analogue input setting (0 to 10 VDC)				
	Communication	USB communication, RS422 communication*1				
Operating temperature range [°C]		0 to 55 (No freezing)				
Operating humidity range [%RH]		90 or less (No condensation)				
Storage temperature range [°C]		-20 to 65 (No freezing)				
Storage humidity range [%RH]		90 or less (No condensation)				
Insulation resistance [MΩ]		Between the housing and SG: 10 (500 VDC)				
Weight [g]		800				1000

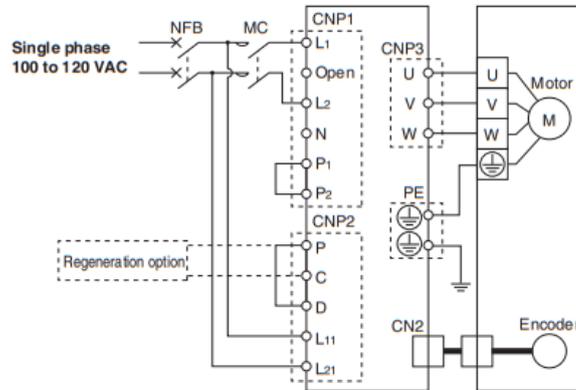
*1 USB communication and RS422 communication cannot be performed at the same time.

*2 If the command pulse train input is open collector method, it supports only to the sink (NPN) type interface. It does not correspond to the source (PNP) type interface.

AC Servo Motor Driver *Series LECS*

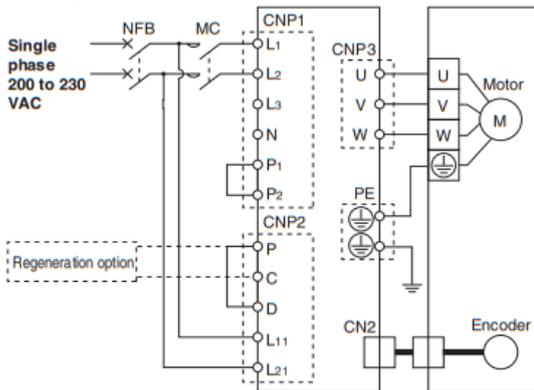
Power Supply Wiring Example: LECSB, LECS, LECS

LECSB1-
LECS1-
LECSS1-

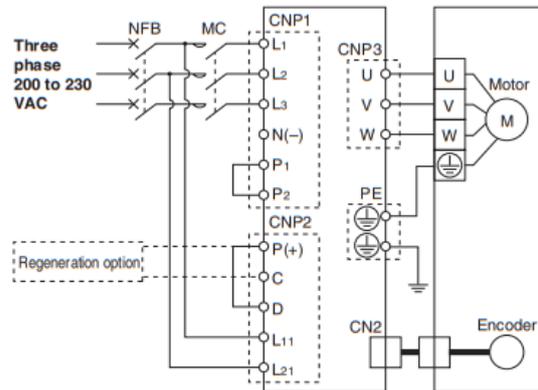


LECSB2-
LECS2-
LECSS2-

For single phase 200 VAC



For three phase 200 VAC



Note) For single phase 200 to 230 VAC, power supply should be connected to L1 and L2 terminals, with nothing connected to L3.

Main Circuit Power Supply Connector: CNP1 * Accessory

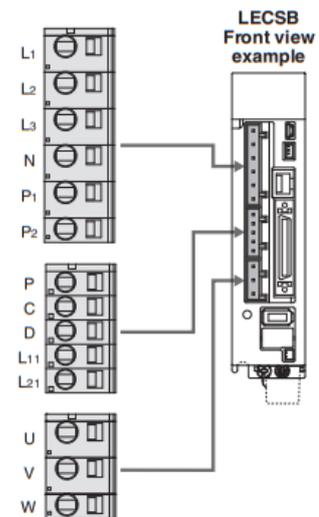
Terminal name	Function	Details
L1	Main circuit power supply	Connect the main circuit power supply. LECSB1/LECS1/LECSS1: Single phase 100 to 120 VAC, 50 / 60 Hz Connection terminal: L1, L2 LECSB2/LECS2/LECSS2: Single phase 200 to 230 VAC, 50 / 60 Hz Connection terminal: L1, L2 Three phase 200 to 230 VAC, 50 / 60 Hz Connection terminal: L1, L2, L3
L2		
L3		
N	Do not connect.	
P1	Connect between P1 and P2. (Connected at time of shipping.)	
P2		

Control Circuit Power Supply Connector: CNP2 * Accessory

Terminal name	Function	Details
P	Regeneration option	Connect between P and D. (Connected at time of shipping.) * If regeneration option is required for "Model Selection", connect to this terminal.
C		
D		
L11	Control circuit power supply	Connect the control circuit power supply. LECSB1/LECS1/LECSS1: Single phase 100 to 120 VAC, 50 / 60 Hz Connection terminal: L11, L21 LECSB2/LECS2/LECSS2: Single phase 200 to 230 VAC, 50 / 60 Hz Connection terminal: L11, L21 Three phase 200 to 230 VAC, 50 / 60 Hz Connection terminal: L11, L21
L21		

Motor Connector: CNP3 * Accessory

Terminal name	Function	Details
U	Servo motor power (U)	Connect to motor cable (U, V, W)
V	Servo motor power (V)	
W	Servo motor power (W)	



Model Selection

Servo Motor (24 VDC)/Step Motor (Smao24 VDC)

LECSB1- LEY

LECS1- LEYG

LECSB2- LECA6

LECS2- LECP6

LECSS1- LEC-G

LECSS2- LEC-P1

LECSB1- LEC-P2

LECS1- JXC-1

LECSB2- JXC-2

LECS2- LEY

LECSS1- LEYG

LECSS2- LECS

LECSB1- LECS-T

LECSB2- LECY

Specific Product Precautions

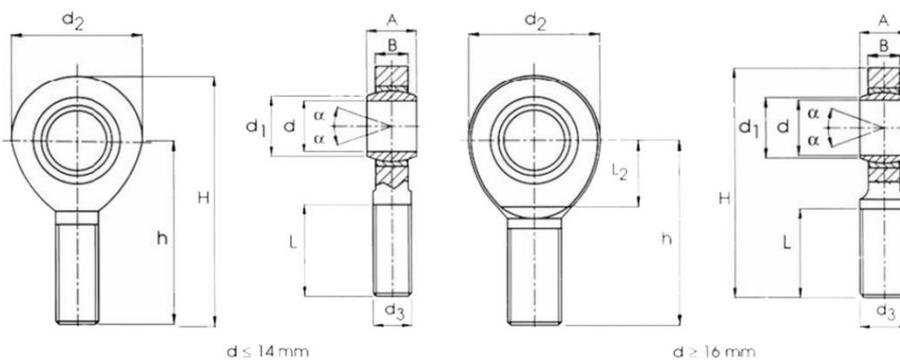
Componentes de Lasióm



Cabezas de Rótula

Serie SAJK (macho)

Fabricadas según norma DIN 648-K – ISO 6126
 Acoplamiento: ACERO / PTFE
 Autolubrificante, sin mantenimiento



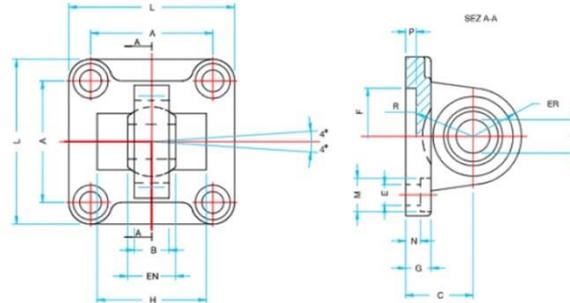
EQUIVALENCIA: INA:GAKFR...PW SKF:SAKB...F

Ref.	d	d ₁ min.	A max.	B	d ₂ max.	d ₃	h	H max.	L min.	L ₂	C Dyn. KN	Co Stat. KN	α° ≈
SAJK06C	6	9	9	7,5	20	M6x1	36	46	21	-	1,6	5,3	9
SAJK08C	8	10,4	12	9,5	24	M8x1,25	42	54	25	-	3,1	9,2	12
SAJK010C	10	12,9	14	11,5	30	M10x1,5	48	62	28	-	4	12	10
SAJK012C	12	15,4	16	12,5	34	M12x1,75	54	71	32	-	5,6	17	12
SAJK14C	14	16,9	19	14,5	38	M14x2	60	78	36	18	7,2	22	14
SAJK16C	16	19,4	21	15,5	42	M16x2	66	87	37	23	9,3	30	14
SAJK20C	20	24,4	25	18,5	50	M20x2,5	78	103	45	26	13	40	14
SAJK20.1C	20	24,4	25	18,5	50	M20x2,5	78	103	45	26	13	40	14

Para rosca izquierda referencia SA(L)JK...C

Charnela Hembra con Rotula

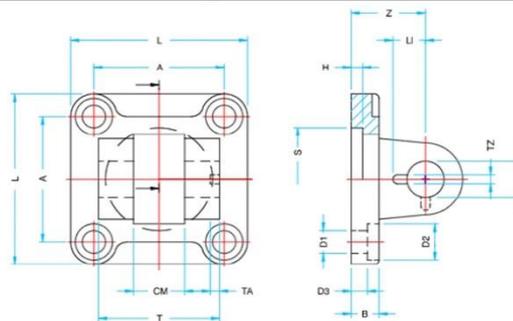
ISO
Material: Acero



Código	ø Cil	A ±0,2	B MAX	C JS15	D H 7	EN -0,1	ER MAX	F H 11	G	E H 13	L	M H 13	N	P	H ±0,5	R ±0,5	Peso (g)
DF0018-032	32	32,5	10,5	22	10	14	15	30	10	6,6	45	10,5	5,5	5	-	-	152
DF0018-040	40	38	12	25	12	16	18	35	10	6,6	55	11	5,5	5	-	-	256
DF0018-050	50	46,5	15	27	16	21	20	40	10	9	65	15	6,5	5	51	19	364
DF0018-063	63	56,5	15	32	16	21	23	45	12	9	75	15	6,5	5	-	-	595
DF0018-080	80	72	18	36	20	25	27	45	14	11	95	18	10	5	-	-	1122
DF0018-100	100	89	18	41	20	25	30	55	16	11	115	18	10	5	-	-	1786

Charnela Hembra Estrecha (Para charnela con rotula)

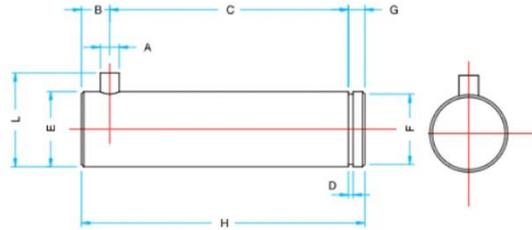
ISO
Material: Acero



Código	ø Cil	L ±0,5	T H 14	CM H 14	A ±0,2	Z ±0,2	H	B	D3 ±0,5	S H 12	G F 7	D1 H 13	D2 H 13	TA ±0,2	TZ ±0,2	LI ±0,3	Peso (g)
DF0013-032	32	45	34	14	32,5	22	5	10	5,5	30	10	6,6	11	3	3,3	11,5	140
DF0013-040	40	55	40	16	38	25	5	10	5,5	35	12	6,6	11	4	4,3	12	230
DF0013-050	50	65	45	21	45,5	27	5	10	6,5	40	16	9	15	4	4,3	14	336
DF0013-063	63	75	51	21	56,5	32	5	12	6,5	45	16	9	15	4	4,3	14	546
DF0013-080	80	95	65	25	72	36	5	16	10	45	20	11	18	4	4,3	16	1190
DF0013-100	100	115	75	25	89	41	5	16	10	55	20	11	18	4	6,3	16	1840
DF0013-125	125	140	97	37	110	50	7	20	10	60	30	13,5	20	6	6,3	24	3550

Bulon para Charnela Estrecha

ISO
Material: Acero



Código	Ø Cil	A H 12	C ±0,5 / ±0,3	D H 13	E F 7	H H 11	G	H	L -0,5	B -1	Peso (g)
DF0012-032	32	3	32,5	1,1	10	9,6	4	41	14	4,5	26
DF0012-040	40	4	38	1,1	12	11,5	4	48	16	6	42
DF0012-050	50	4	43	1,1	16	15,2	5	54	20	6	84
DF0012-063	63	4	49	1,1	16	15,2	5	60	20	6	94
DF0012-080	80	4	63	1,3	20	19	6	75	24	6	184
DF0012-100	100	4	73	1,3	20	19	6	85	24	6	208
DF0012-125	125	6	94	1,6	30	28,6	7	110	36	9	606
DF0012-160	160	6	119	1,6	35	33	7	135	41	9	972
DF0012-200	200	6	119	1,6	35	33	7	135	41	9	972

Célula de carga HBM U10M5KN



U10M

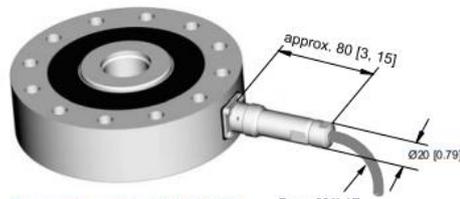
Force Transducer

Special features

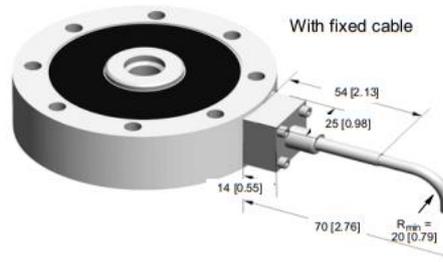
- Precise and robust tensile/compressive force transducer for static and dynamic measurement tasks
- High lateral force and bending moment stability, the effect of the bending moment is electrically compensated
- For forces up to 2.5 MN
- The numerous possible configurations (TEDS, double bridge, various electrical connections, etc.), mean that it can be flexibly adapted to many measurement tasks
- Made of rust-resistant materials, degree of protection IP68 on request
- High fundamental frequency - ideal for measuring fast processes

Data sheet

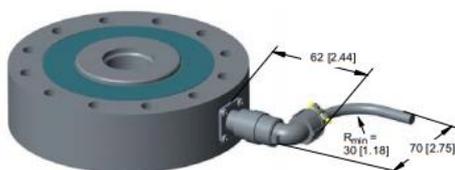
Mounting dimensions of the connection variants in mm [inch]



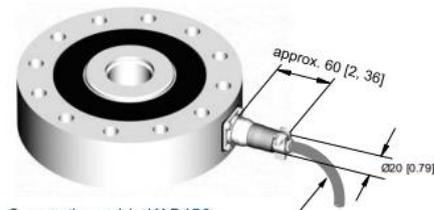
Connection cable **KAB 157-3** with bayonet connection, compatible with a MIL-C-26482 series 1 connector



With fixed cable

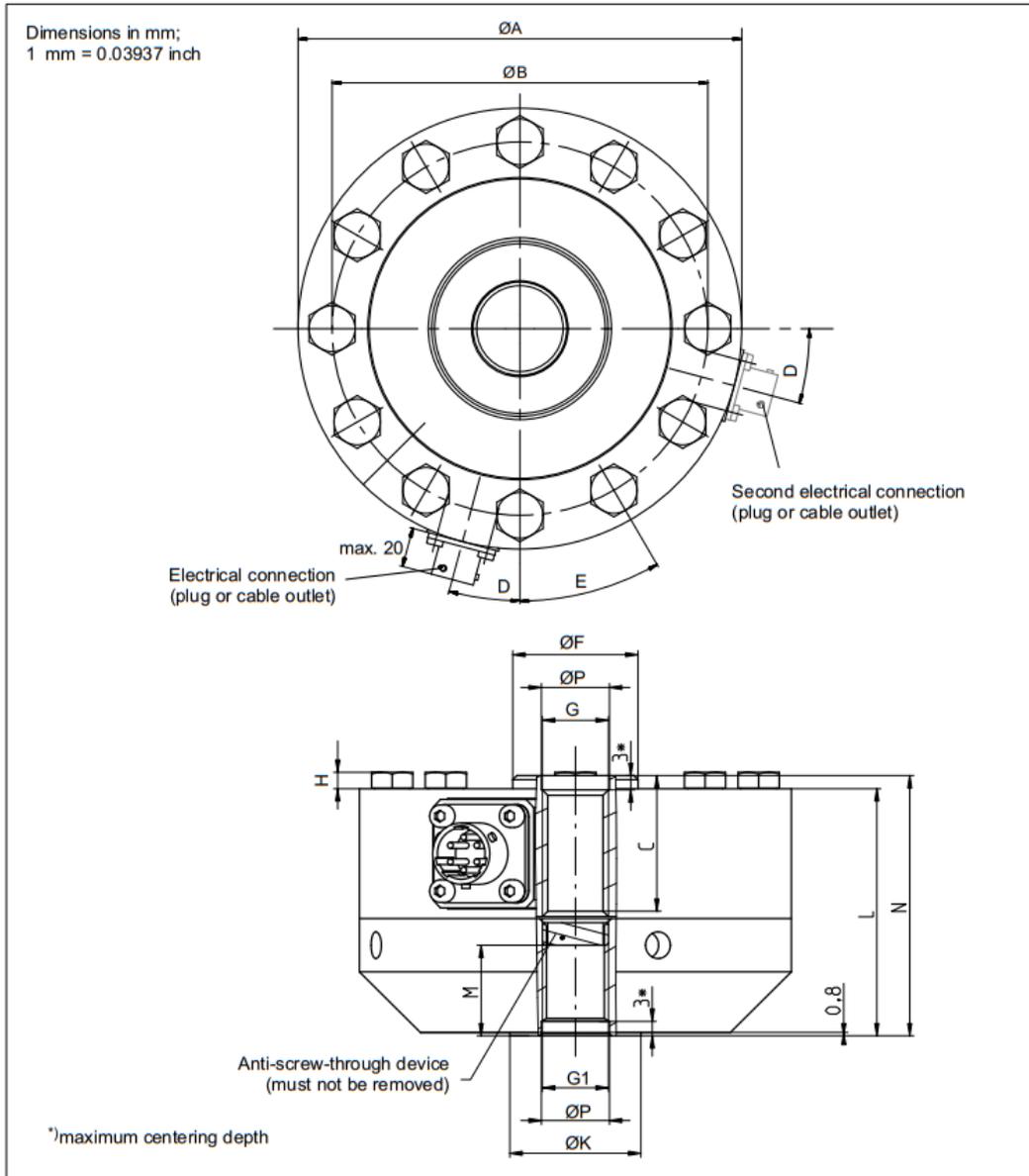


Configurable connection cable "K-CAB-F" with angled bayonet connector option, compatible with a MIL-C-26482 series 1 connector



Connection cable **KAB158** with screw connection, compatible with a MIL-C-26482 series 1 connector

Dimensions of U10M with foot adapter

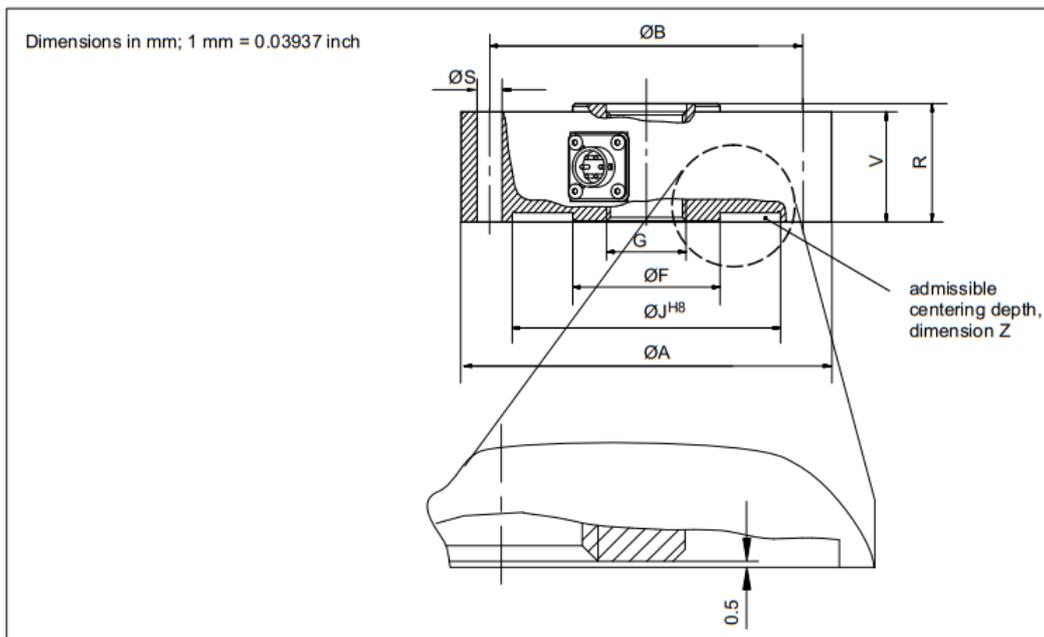


Nominal (rated) force	Dimensions in	ØA	ØB	C	D	E	ØF	G	H	M
1.25 kN - 5 kN	mm	104.8	88.9	33.3	22.5°	45°	30.4	M16x2-4H	4	22
	inch	4.13	3.5	1.3			1.2			
12.5 kN - 25 kN	mm	104.8	88.9	33.3	22.5°	45°	31.5	M16x2-4H	4	22
	inch	4.13	3.5	1.3			1.24			
50 kN	mm	153.9	130.3	42.9	15°	30°	61.2	M33x2-4H	10	35.5
	inch	6.06	5.13	1.69			2.41			

Nominal (rated) force	Dimensions in	ØA	ØB	C	D	E	ØF	G	H	M
125 kN	mm	153.9	130.3	42.9	15°	30°	67.3	M33x2-4H	10	35.5
	inch	6.06	5.13	1.69			2.65		0.39	
250 kN	mm	203.2	165.1	61.9	11.25°	22.5°	95.5	M42x2-4H	12	44
	inch	8.00	6.51	2.4			3.76		0.47	
500 kN	mm	279	229	87.3	11.25°	22.5°	122.2	M72x2-4H	16	69.5
	inch	10.98	9.02	3.4			4.81		0.63	
1.25 MN	mm	390	322	125	7.5°	15°	190	M120x4-4H	22	112
	inch	15.35	12.68	4.92			7.48		0.87	

Nominal (rated) force	Dimensions in	G1	ØK	L	N	ØPH8
1.25 kN - 25 kN	mm	M16x2-4H 22.1 mm deep	31.8	60.3	63.5	16.5
	inch		1.25	2.37	2.5	0.65
50 kN - 125 kN	mm	M33x2-4H 35.6 mm deep	57.2	85.9	89	33.5
	inch		2.25	3.38	3.5	1.32
250 kN	mm	M42x2-4H 54.6 mm deep	76.2	108	114.3	43
	inch		3	4.25	4.5	1.69
500 kN	mm	M72x2-4H 82.6 mm deep	114	152.4	165.1	73
	inch		4.49	6	6.5	2.87
1.25 MN	mm	M120x4-4H, 125 deep	190	239	254	123
	inch		7.48	9.41	10.0	4.84

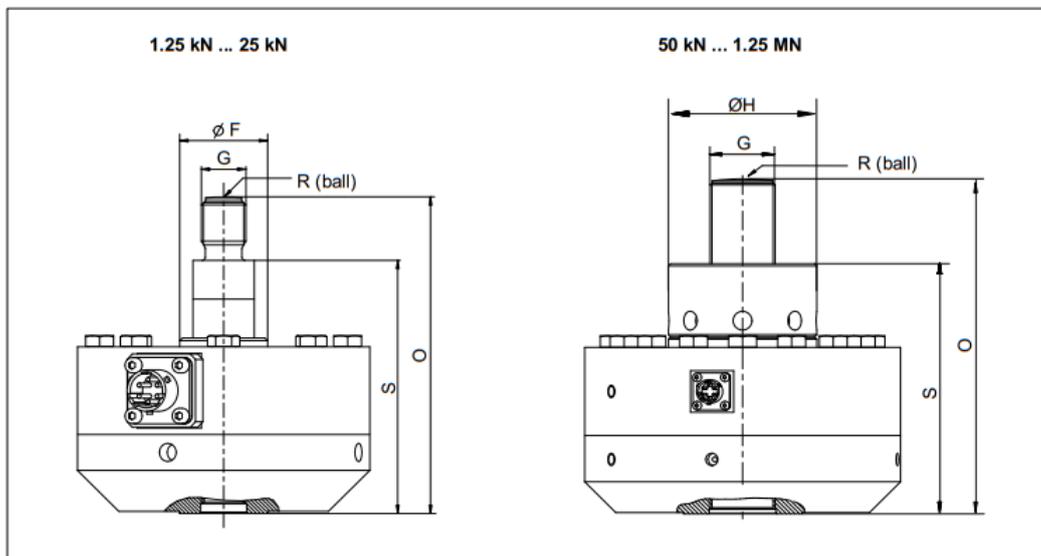
Dimensions of U10M without foot adapter



Nominal (rated) force	Dimensions in	ØA	ØB	ØS	ØF	G	ØJH8	V	R	Z
1.25 kN - 5 kN	mm	104.8	88.9	7.0	30.4	M16x2-4H	78	31.7	34.9	2.5
	inch	4.13	3.5	0.27	1.2		3.07	1.25	1.37	0.1

Nominal (rated) force	Dimensions in	ØA	ØB	ØS	ØF	G	ØJ ^{H8}	V	R	Z
12.5 kN - 25 kN	mm	104.8	88.9	7.0	31.5	M16x2-4H	78	31.7	34.9	2.5
	inch	4.13	3.5	0.27	1.24		3.07	1.25	1.37	0.1
50 kN	mm	153.9	130.3	10.5	61.2	M33x2-4H	111.5	41.4	44.5	2.5
	inch	6.06	5.13	0.41	2.41		4.39	1.63	1.75	0.1
125 kN	mm	153.9	130.3	10.5	67.3	M33x2-4H	111.5	41.4	44.5	2.5
	inch	6.06	5.13	0.41	2.65		4.39	1.63	1.75	0.1
250 kN	mm	203.2	165.1	13.5	95.5	M42x2-4H	143	57.2	63.5	3.5
	inch	8.00	6.51	0.53	3.76		5.63	2.25	2.5	0.14
500 kN	mm	279	229	17.0	122.2	M72x2-4H	175	76.2	88.9	6
	inch	10.98	9.02	0.66	4.81		6.89	3	3.5	0.24
1.25 MN	mm	390	322	23	190	M120x4-4H	262	112	127	6
	inch	15.35	12.68	0.91	7.48		10.31	4.41	5.08	0.24

Dimensions of U10M with force application and foot adapter



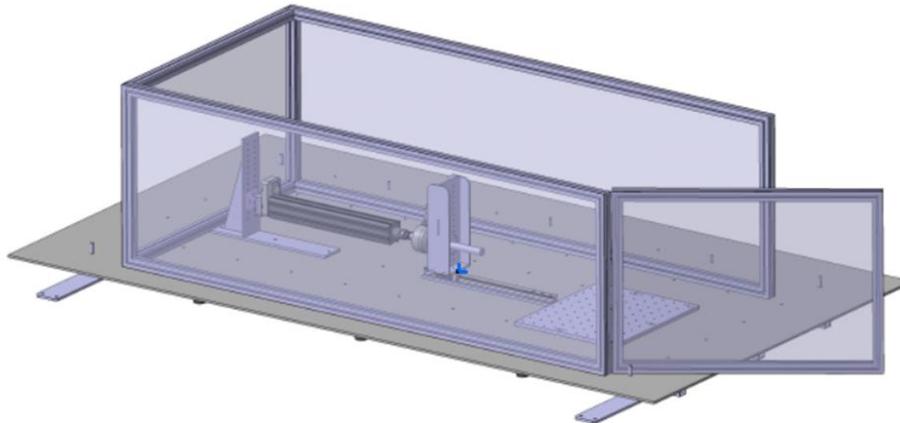
Nominal (rated) force	Dimensions in	ØF	G	ØH	S	O	R
1.25 kN - 5 kN	mm	30.4	M16x2	-	91.5	114.5	60
	inch	1.2			3.6	4.51	2.36
12.5 kN - 25 kN	mm	31.5	M16x2	-	91.5	114.5	60
	inch	1.24			3.6	4.51	2.36
50 kN	mm	61.2	M33x2-6g	67.3	131.5	174.5	160
	inch	2.41		2.65	5.18	6.87	6.3
125 kN	mm	67.3	M33x2-6g	67.3	131.5	174.5	160
	inch	2.65		2.65	5.18	6.87	6.3
250 kN	mm	95.5	M42x2-6g	95.5	162.3	217.3	160
	inch	3.76		3.76	6.39	8.56	6.3
500 kN	mm	122.2	M72x2-6g	135	230.1	307.3	400
	inch	4.81		5.31	9.06	12.1	15.75
1.25 MN	mm	190	M120x4-6g	190	351.5	465.3	600
	inch	7.48		7.48	13.84	18.32	23.62

ANEXO 2: DOCUMENTACIÓN MARCADO CE

EXPEDIENTE TÉCNICO
-MARCADO CE-



MÁQUINA:



FABRICANTE

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

EXPEDIENTE ELABORADO POR:
Ingeniero Técnico Industrial
Alejandro Rodríguez Muñoz. Colegiado nº 3456

Junio 2020



1. PRESCRIPCIONES PARTICULARES

El presente expediente técnico es una copia del ejemplar que permanece archivado por el Ingeniero Técnico Industrial. Dicho expediente técnico responde únicamente a las conclusiones y especificaciones detalladas en el mismo, referidos exclusivamente a la máquina y modelo descrita en él.

El Ingeniero Técnico Industrial no se hace responsable de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse con este expediente, cuya reproducción esta totalmente prohibida sin previa autorización.

Este expediente técnico pertenece a la Universidad de Valladolid, la cual es fabricante de la máquina BANCO DE ENSAYOS DE FATIGA.

El Ingeniero Técnico Industrial ha tenido acceso a toda la información proporcionada por el fabricante para realizar esta documentación de la máquina denominada BANCO DE ENSAYOS DE FATIGA.

Cualquier modificación posterior y diferente a la reflejada en esta documentación deja fuera de responsabilidades al Ingeniero Técnico Industrial.

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL

Alejandro Rodríguez Muñoz

Colegiado nº 3456 de Valladolid.

2. ANTECEDENTES Y OBJETO

2.1 Antecedentes

La política de nuevo enfoque de la Unión Europea exige el cumplimiento de las Directivas Europeas, con el fin de asegurar que en el Mercado Europeo solo se comercializan productos seguros y con unos mínimos de calidad.

Las Directivas Europeas armonizan los requisitos esenciales de seguridad y salud que deben satisfacer los productos que entran en el alcance de las mismas, para poder ser comercializados en Europa. Establecen presunción de conformidad con dichos requisitos esenciales de seguridad y salud en aquellos casos en los que la fabricación de dichos productos se lleva a cabo siguiendo las pautas establecidas en las normas armonizadas

De esta manera, solo queda garantizada la libre circulación y la puesta en servicio de los productos o equipos, en cualquier país perteneciente a la Unión Europea, cuando estos tengan en posesión marcado CE y la correspondiente Declaración CE de conformidad.

2.2 Objeto

Para la realización de la Declaración de Conformidad de la máquina denominada BANCO DE ENSAYOS DE FATIGA, que se explicará a continuación, fabricada por la UNIVERSIDAD DE VALLADOLID y de acuerdo con la Directiva 2006/46/CEE donde se recogen todas las condiciones de seguridad que debe reunir la máquina, con el fin de cumplir dichos objetivos y proceder al Mercado CE de la misma.

Este Expediente Técnico quedará en posesión del fabricante y a la entera disposición de la Administración durante los 10 años siguientes a la fabricación de la última máquina de este tipo.

3. DATOS DEL FABRICANTE Y DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA

3.1 Datos del fabricante

Nombre de la empresa y persona responsable	UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ALEJANDRO RODRÍGUEZ
C.I.F Y D.N.I	CIF:XXXXXXXX ; D.N.I 71144340G
Dirección	Paseo del Cauce Nº59, Valladolid, España
Teléfono	983423313
Correo electrónico	eii@uva.es

3.2 Descripción del producto

La máquina objeto de este expediente técnico es el BANCO DE ENSAYOS DE FATIGA.

Se define BANCO DE ENSAYOS DE FATIGA a la máquina que sobre una bancada de soportación y que dispone de un elemento móvil, siendo este un actuador eléctrico, capaz de generar un movimiento repetitivo con la capacidad de controlar el movimiento, la fuerza o el desplazamiento de mismo. A su vez debe disponer de una zona apta para la colocación de las piezas tipo permitiendo la correcta sujeción de estas.

Esta máquina es apta únicamente para ensayar a fatiga piezas plásticas. Se refiere a piezas plásticas aquellas que se han generado mediante impresión 3D, principalmente de materiales como el ABS, PLA y Poliamidas como el Nylon.

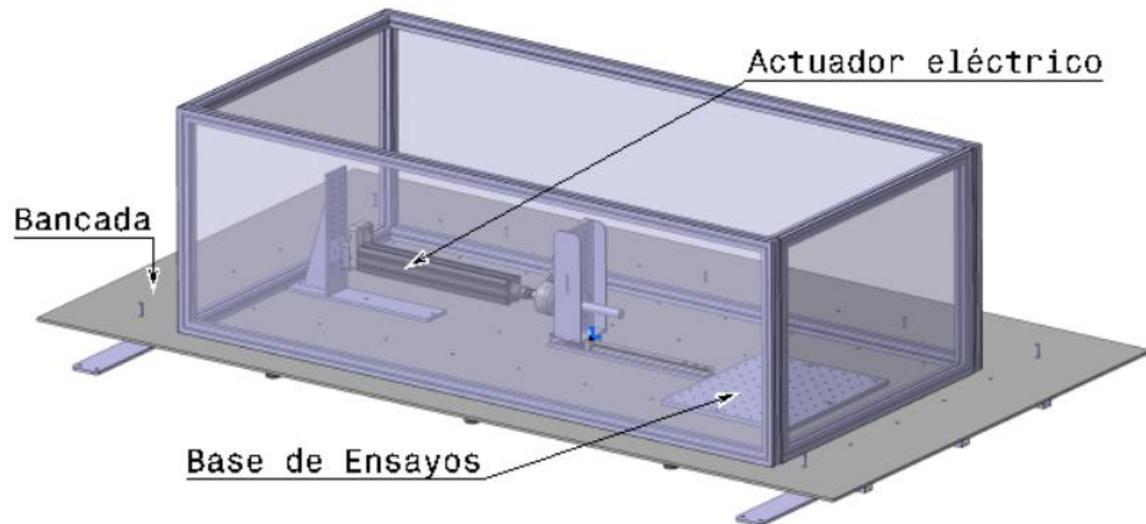
3.3 Operativa de funcionamiento

Un operario colocaría la pieza a ensayar con el utillaje específico correspondiente sobre la base de ensayos, posteriormente cerrará la puerta que da acceso a la base de ensayos para pasar a la zona control. Es en esta zona donde por medio de un ordenador con un software determinado se introducen todos los datos de velocidad, fuerza o desplazamiento del actuador eléctrico, con toda la información introducida desde el ordenador de la zona de control se procedería a realizar el ensayo de la pieza o producto.

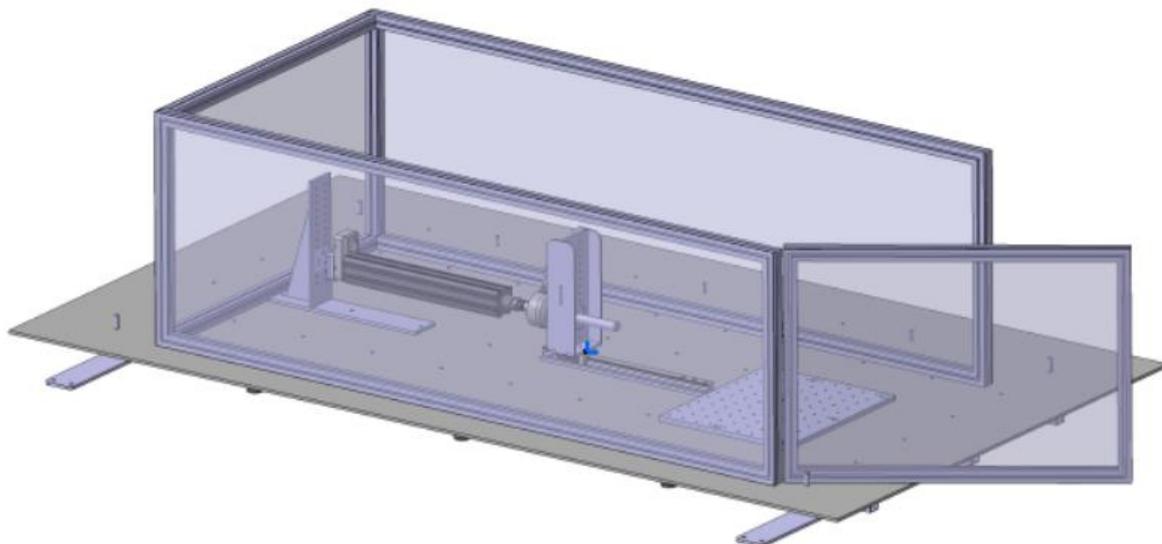
3.4 Descripción de la máquina

La máquina está constituida por 3 elementos que abarcan zonas principales de la máquina.

- **Bancada**, es la encargada de hacer la función de base y soportación del resto de elementos. Está formada por un chapón y unos tubos por la parte inferior que hacen de refuerzo.
- **Actuador**, es el que proporciona el movimiento a la máquina. Esta compuesto por un vástago con una carrera de 400mm. Sobre el vástago va adosada una célula de carga que permite medir con una precisión mayor el valor de fuerza que se ejerce durante el ensayo. Es movido por un servomotor AC.
- **Base de ensayos**, se corresponde con la zona de la máquina en la que se sitúan las piezas o productos que son objeto de ensayo.



La máquina tiene instalada una protección perimetral de seguridad para impedir el acceso a cualquier operario durante la realización de un ensayo y a su vez protege de posibles proyecciones que puedan suceder por la rotura de alguna de las piezas de ensayo. En la siguiente imagen se ve la protección abierta para acceder a la base de ensayos.



4. EVALUACIÓN DE RIESGOS Y CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS ESENCIALES DE SEGURIDAD Y SALUD

La evaluación de riesgos analizada para el banco de ensayos de fatiga de piezas impresas en 3D se ha utilizado el siguiente método de estimación del riesgo.

		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

Riesgo	Acción y temporización
Trivial (T)	No se requiere acción específica
Tolerable (TO)	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
Moderado (M)	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un período determinado. Cuando el riesgo moderado esta asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
Importante (I)	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
Intolerable (IN)	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

A su vez y para asegurar el cumplimiento de todos los RESS, se ha cumplimentado la siguiente tabla, compuesta por todos los puntos a los que se refiere el Anexo I de la Directiva 2006/42.

1 GENERALIDADES										
RESS	Aplica	Identificación de riesgos.	Probabilidad			Consecuencia			Valoración del	Acciones tomadas
			B	M	A	LD	D	E D		
1.1.2. Principios de integración de la seguridad	SI	Riesgo de atrapamiento	X				X		TO	Se ha instalado una mampara de seguridad con sensor en la puerta, protege al usuario y con la puerta abierta no puede estar en marcha el banco.
		Proyecciones material	X				X		TO	
1.1.3. Materiales y productos	NO									
1.1.4. Iluminación	NO									
1.1.5. Diseño de la máquina con vistas a su manutención	SI	Incorrecta manipulación o transporte	X			X			T	Se ha diseñado permitiendo el acceso para mantenimientos. Además debe moverse con traspaleta ya que cuenta con orificios para ello

1.1.6. Ergonomía	NO									
1.1.7. Puestos de mando	NO									
1.1.8. Asientos	NO									

2 SISTEMAS DE MANDO

1.2.1. Seguridad y fiabilidad de los sistemas de mando	NO									
1.2.2. Órganos de accionamiento	NO									
1.2.3. Puesta en marcha	SI	PUESTA EN MARCHA INDEBIDA	X			X			T	La puesta en marcha solo puede ser voluntaria. Se efectúa desde el software de SMC . Además si la puerta de seguridad esta abierta no permite que llegue energía al actuador
1.2.4.1. Parada normal	SI	IMPOSIBILIDAD DE PARADA	X			X			T	La parada del banco de ensayos se produce desde el propio software con

										control de SMC.
1.2.4.2. Parada operativa	NO									
1.2.4.3. Parada de emergencia	SI	Parada por accidente o mal funcionamiento inesperado	x				X		TO	El banco de ensayos cuenta con una seta de emergencia, a su vez si se abriese la puerta de seguridad el actuador pararía inmediatamente.
1.2.4.4. Conjuntos de máquinas	NO									
1.2.5. Selección de modos de mando o de funcionamiento	SI	SELECCIÓN MODO EQUIVOCADO	X				X		T	La utilización del software de SMC debe hacerse por personal que tenga conocimiento avanzado y suficiente para manejarlo.
3 MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA PELIGROS MECÁNICOS										
1.3.1. Riesgo de pérdida de estabilidad	SI	Desplazamiento del banco de ensayos por rotura de anclajes	X				X		T	Se utilizan anclajes que sujetan la bancada al suelo. Se

										utilizan 8 anclajes.
1.3.2. Riesgo de rotura en servicio	SI	Desgaste prematuro	X			X			T	Se debe revisar periódicamente el estado de las uniones y el estado de las piezas.
1.3.3. Riesgos debidos a la caída y proyección de objetos	SI	Proyección de virutas de material	X					X	TO	Se ha provisto de un mampara de protección en todo el perímetro de la maquina
1.3.4. Riesgos debidos a superficies, aristas o ángulos	SI	Riesgo de corte o golpe	X			X			T	En el diseño las piezas que se han podido se han dejado aristas redondeadas. Las aristas vivas deben protegerse con burletes, resaltando la zona de posible golpe
1.3.5. Riesgos debidos a las máquinas combinadas	NO									
1.3.6. Riesgos relacionados con las variaciones	NO									

de las condiciones de funcionamiento										
1.3.7. Riesgos relacionados con los elementos móviles	SI	Golpe o atrapamiento con el actuador	X					X		TO Se ha colocado una mampara perimetral que impide el acceso a la zona de movimiento, además la puerta con sensor de apertura, la cual si esta abierta no permite moverse el actuador
1.3.8. Elección de la protección contra los riesgos ocasionados por los elementos móviles	SI	Incorrecta protección de los elementos móviles	X					X		TO Las protecciones elegidas permitan la correcta operatividad de la máquina sin que suponga un riesgo mayor del existente.
1.3.9. Riesgos debidos a movimientos no intencionados	NO									

4 CARACTERÍSTICAS A REUNIR POR LOS RESGUARDOS Y LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

1.4.1. Requisitos generales	SI	Golpes o tratamientos indebidos de la máquina	X				X		TO	Los resguardos elegidos tienen la rigidez suficiente para hacer su función.
1.4.2. Requisitos específicos para los resguardos	SI	Resguardos inefectivos	X				X		TO	* Los resguardos fijos deben desmontarse con herramienta y solo cuando sea necesario, mantenimiento. * Los resguardos móviles deben asegurar la eficacia necesaria
1.4.3. Requisitos específicos para los dispositivos de protección	NO									
5 RIESGOS DEBIDOS A OTRO PELIGROS										
1.5.1. Energía eléctrica	SI	Contacto eléctrico	X				X		T	Se debe inspeccionar el cableado con frecuencia. Los cables estarán protegidos con tubo

										corrugado o similar
1.5.2. Electricidad estática	SI	Toma a tierra	X			X			T	La maquina dispondrá de una toma de tierra
1.5.3. Energías distintas a la eléctrica	NO									
1.5.4. Errores de montaje	SI	Riesgo durante el montaje	X			X			T	En el manual de instrucciones se muestran las indicaciones necesarias
1.5.5. Temperaturas extremas	NO									
1.5.6. Incendio	NO									
1.5.7. Explosión	NO									
1.5.8. Ruido	NO									
1.5.9. Vibraciones	NO									
1.5.10. Radiaciones	NO									
1.5.11. Radiaciones exteriores	NO									

1.5.12. Radiaciones laser	NO									
1.5.13. Emisiones de materiales y sustancias peligrosas	NO									
1.5.14. Riesgo de quedar atrapado en una máquina	NO									
1.5.15. Riesgo de patinar, tropezar o caer	NO									
1.5.16. Rayos	NO									

6 MANTENIMIENTO

1.6.1. Mantenimie nto de la máquina	SI	Mantenimiento inadecuado	X			X			T	EL mantenimient o lo debe realizar una perosna cualificada para ello, simepre con los EPI's necesarios. En el manual de instrucciones vienen reflejados los
1.6.2. Acceso a los puntos de trabajo o a los puntos de intervención	SI									
1.6.3. Separación de las	NO									

fuentes de energía											planos con cada una de las piezas y su instalación.
1.6.4. Intervención del operador	SI										
1.6.5. Limpieza de las partes interiores	NO										

7 INFORMACIÓN

1.7.1. Información y señales de advertencia sobre la máquina	SI	Señalización	X			X				T	En las zonas de acceso al banco de ensayos debe indicarse los peligros de atrapamiento y la utilización de EPI's botas, guantes y gafas para la manipulación
1.7.2. Advertencia de los riesgos residuales	NO										
1.7.3, Marcado de las máquinas	SI	Documentacion	X			X				T	El banco de ensayos cuenta con toda la documentación necesaria y cumple los requisitos exigidos por la UE



1.7.4. Manual de Instrucciones	SI	Manual de instrucciones	X		X				T	El manual se redacta de forma clara y con todas las aclaraciones necesarias.
-----------------------------------	----	-------------------------	---	--	---	--	--	--	---	--

5. MANUAL DE INSTRUCCIONES

5.1 Introducción

Este manual de instrucciones y mantenimiento recopila toda la información técnica para la instalación, correcto funcionamiento y mantenimiento necesario para garantizar un nivel de seguridad del BANCO DE ENSAYOS DE FATIGA.

Todo el personal que vaya a intervenir en la máquina, independientemente de la tarea que vaya a realizar debe haberse leído el presente manual.

La máquina ha sido diseñada, para que bajo un correcto funcionamiento y uso de la misma no exista ningún peligro, puesto que se han seguido las premisas de la normativa Europea de Seguridad.

La máquina BANCO DE ENSAYOS DE FATIGA cuenta con el MARCADO CE, garantizando la seguridad del personal y permitiendo la libre circulación dentro de la comunidad europea.



La **Declaración CE de conformidad** de la máquina se encuentra al final de este manual de instrucciones y mantenimiento.

El fabricante Universidad de Valladolid no se hace responsable de un uso indebido, incumpliendo las normas de seguridad establecidas. A su vez no es responsable de cualquier tipo de modificación posterior a su instalación.

5.2 Datos generales

5.2.1 Fabricante

Nombre de la empresa y persona responsable	UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ALEJANDRO RODRÍGUEZ
C.I.F Y D.N.I	CIF:XXXXXXXX ; D.N.I 71144340G
Dirección	Paseo del Cauce Nº59, Valladolid, España
Teléfono	983423313
Correo electrónico	eii@uva.es

5.2.2 Identificación de la máquina

El banco de ensayos de fatiga para piezas impresas en 3D cuenta con una placa identificativa donde se aparece fabricante, Nº de serie, año de fabricación y logo CE.

FABRICANTE:	Universidad de Valladolid CIF:XXXXXXXX Dirección: Paseo del Cauce Nº59, Valladolid, España eii@uva.es		
MODELO:	400	Nº DE SERIE:	01
AÑO DE FABRICACIÓN:	2020		

5.2.3 Descripción del Banco de ensayos de fatiga

En el plano U20100 se hace referencia a cada una de las partes que forman el banco de ensayos de fatiga.

5.3 Instrucciones de instalación y montaje

5.3.1 Transporte

Debido a las dimensiones y al peso del banco de ensayos no es posible el movimiento de forma manual.

El banco de ensayos esta provisto de unos huecos en la parte central inferior de la bancada para poder introducir una transpaleta o las uñas de una carretilla y de esta forma poderla llevar hasta la ubicación de trabajo.

5.3.2 Nivelación y fijación

La máquina se colocará en la orientación que corresponda y deberá ser nivelada de forma que la bancada quede horizontal. Para ello cuenta con 4 patas regulables en las esquinas las cuales se fijan a la solera, a mayores cuenta con 6 pies de apoyo regulables.

Las fijaciones de los soportes del actuador deben marcarse con un rotulador o de cualquier manera que permita saber si una fijación se ha aflojado o movido.

5.3.3 Conexiones y programación

Para la conexión del banco de ensayos debe estar previamente la máquina fijada al suelo.

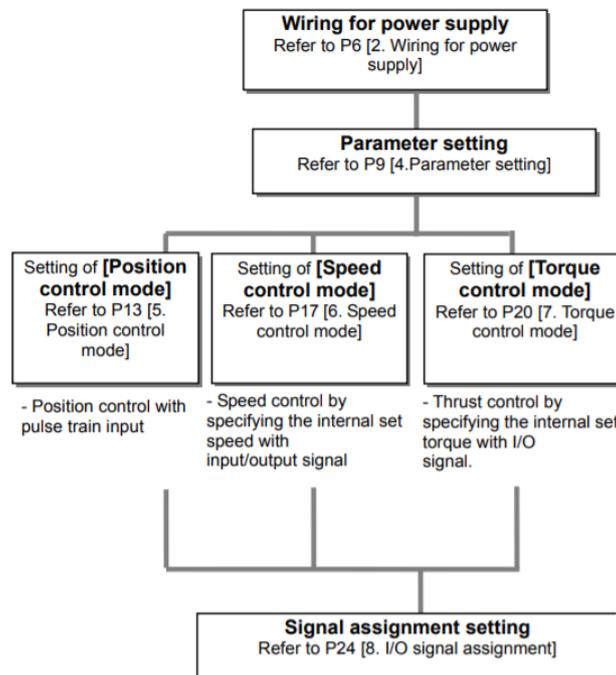
La conexión de cableado debe hacerse por personal cualificado, con conocimientos de electricidad y electrónica. Debe equiparse con los EPI's necesarios para actividad eléctrica.

Para el cableado del driver y programación del mismo, se adjunta junto con este documento el manual del Driver LECSB del fabricante SMC. En el se especifican todos los diagramas y parámetros de programación para cada uno de los modos de funcionamiento.

Se muestra de forma resumida las operaciones previas antes de operar con la máquina y también el esquema de conexiones entre driver, seta de emergencia y

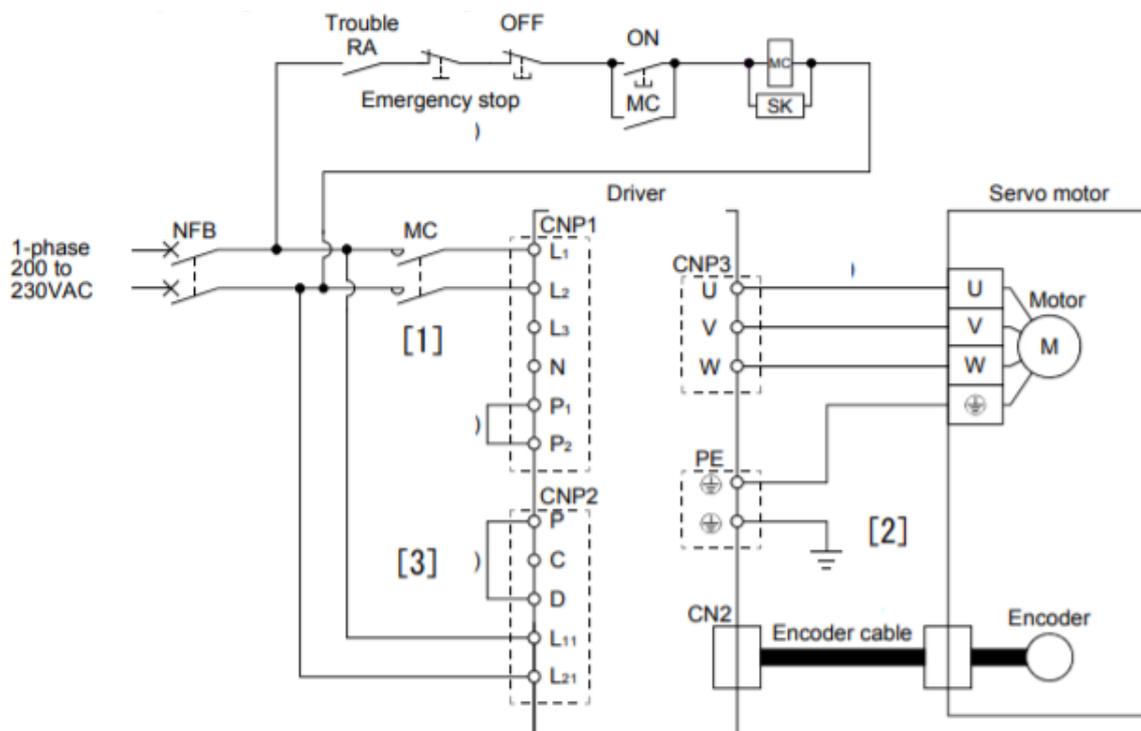
actuador. El diagrama de procedimiento previo y el esquema de conexión de alimentación se han obtenido tal cual del manual de driver LECSB de SMC

Procedimiento previo a operar



Las referencias de dicho esquema hacen referencia al manual del driver LECSB de SMC adjunto con esta documentación.

Conexión de alimentación



5.4 Instrucciones de funcionamiento

Previo a la puesta en marcha de la máquina para realizar un ensayo hay que abrir la puerta de la protección de seguridad, la cual, da acceso a la base de ensayos.

Sobre la base de ensayos se posiciona la pieza o producto a ensayar. Para el posicionamiento, previamente han tenido que diseñarse y fabricarse los útiles necesarios para asegurar que la pieza de ensayo no se va a desplazar. La base de ensayos cuenta con taladros roscados para la fijación de utilajes.

La manipulación de la base de ensayos con las piezas a ensayar y los utilajes necesarios debe realizarse con calzado de seguridad y guantes.

Con la pieza fijada se debe cerrar la puerta de seguridad de la protección perimetral.

Lo siguiente es programar el ensayo con el software de SMC. Para ello se debe seguir el procedimiento establecido para la programación y parametrización del Driver, se adjunta manual de Driver LECSB de SMC con esta documentación.

5.5 Mantenimiento

A nivel general, hay que mantener la máquina limpia, prestando especial atención al actuador, ya que el vástago no debe acumular suciedad y tampoco las conexiones eléctricas.

Para la correcta realización de los ensayos comprobar siempre antes de comenzar que la bancada esta nivelada.

A las rótulas se las debe hacer una inspección visual cada vez que se vaya a usar el banco de ensayos, comprobar que están en buen estado, que no haya grietas o golpes.

Los tornillos de fijación del actuador deben estar marcados. Se revisarán siempre previamente al uso de la máquina, comprobando que las marcas continúan en el mismo lugar.

La máquina no tiene ningún mantenimiento periódico, son todo comprobaciones diarias.

5.6 Listado de piezas y componentes

Al final de este manual están recopilados todos los planos.

Denominación	Fabricante	Referencia	Unidades
Conjunto Banco Ensayos	Uva	U20100	1
Bancada	Uva	U20101	1
Soporte trasero	Uva	U20102	1
Placas acolple actuador	Uva	U20103	1
Adaptador vástago	Uva	U20104	1

Acople patín	Uva	U20105	1
Anclaje guía	Uva	U20106	1
Base de ensayos	Uva	U20107	1
Anclaje regulable	Uva	U20108	4
Util de contacto	Uva	U20109	1
Protección perimetral	Uva	U20110	1
Actuador eléctrico	SMC	LEY63	1
Correa actuador	SMC	LE-D-2-5	1
Piñón actuador	SMC	LE-D-12-17	1
Tapa actuador	SMC	LEY-RP63	1
Motor actuador	SMC	LE-D-S8	1
Cable motor 2mts	SMC	LE-CSM-S2A	1
Cable encoder 2mts	SMC	LE-CSE-S2A	1
Driver actuador	SMC	LESSB2-S8	1
Software programación	SMC	LEC-MRC2E	1
Charnela hembra estrecha	Lasiom	DF0013-050	2
Charnela hembra con rótula	Lasiom	DF0018-050	1
Bulón charnela estrecha	Lasiom	DF0012-050	2
Cabeza rótula	Lasiom	SAJK16C DIN 648K	1
Guía lineal 600mm	NSK	RA30	1
Patín guía lineal	NSK	RA30EM	1
Celula de carga	HBM	U10M5KN	1

6. Normas de seguridad

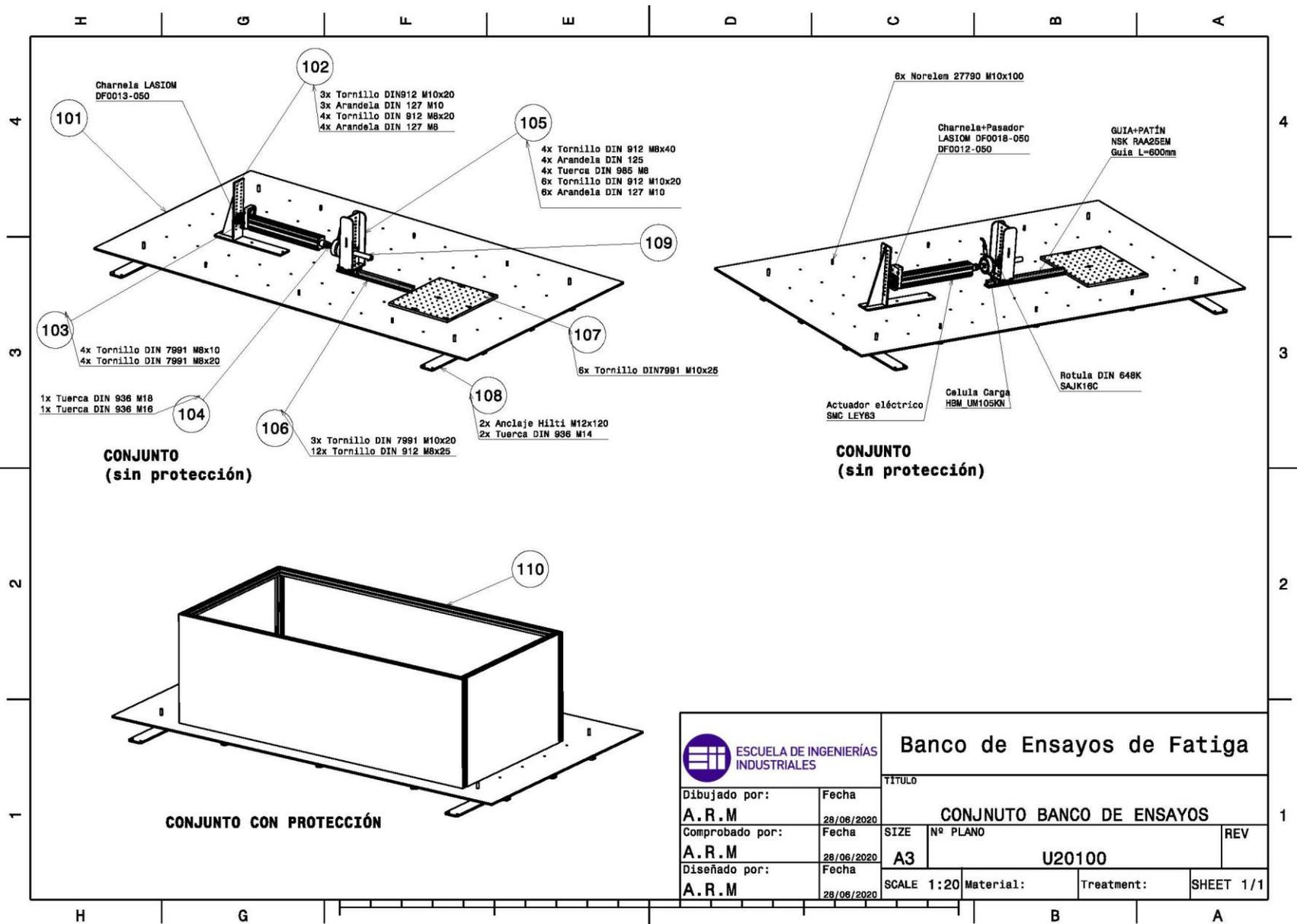
6.1 Uso previsto

La máquina de ensayos de fatiga es exclusiva para el ensayo de piezas impresas en 3D con materiales plásticos

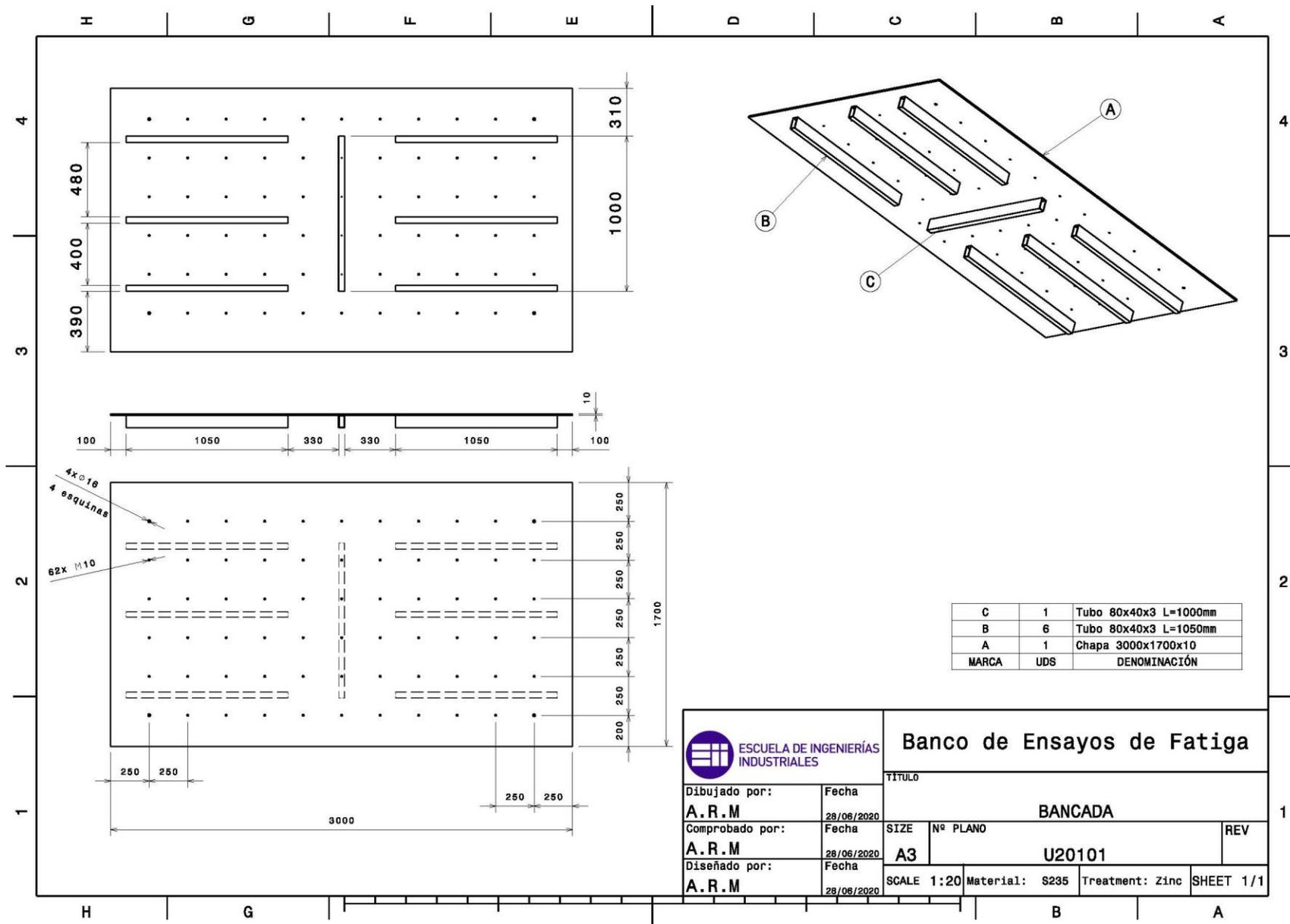
6.2 Normas de seguridad

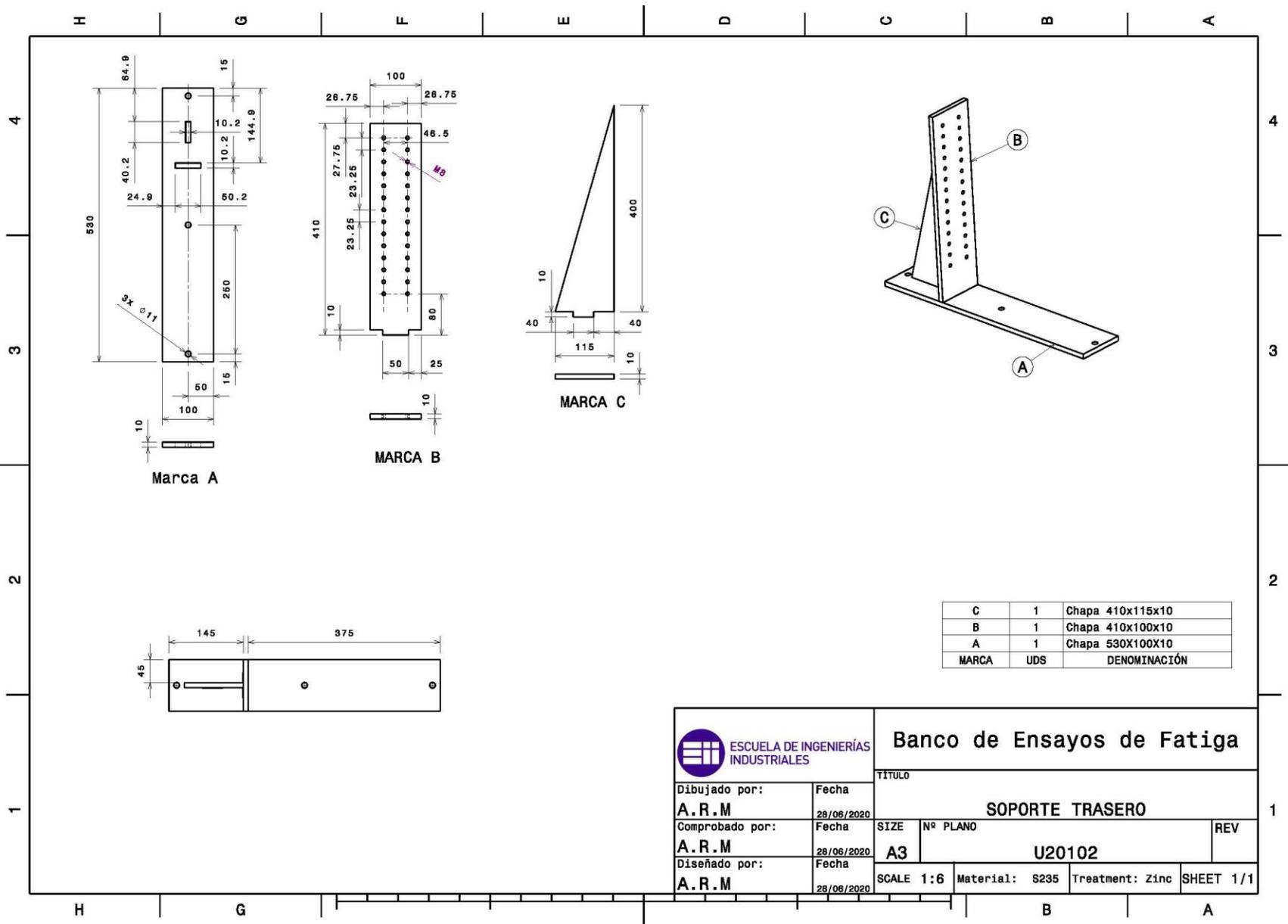
- Para el transporte se dispondrá de elementos como transpaleta o carretilla. En el caso de utilizar carretilla el operario debe tener la cualificación necesaria para la manipulación.
- Durante le montaje deberá haber una persona encargada de que se realice de forma segura
- Es obligatorio para la manipulación de la máquina ya sea en montaje o en funcionamiento el uso de EPI's, Botas de seguridad, guantes.
- Durante la realización de un ensayo no se debe manipular la puerta de la protección perimetral.
- Está totalmente prohibido retirar la protección perimetral, salvo en casos necesario de ajuste o mantenimiento.
- Para el ajuste o mantenimiento la máquina debe estar desconectada de la red eléctrica.
- La máquina debe ser manipulada por personal que conozca el funcionamiento de esta.

7. Planos



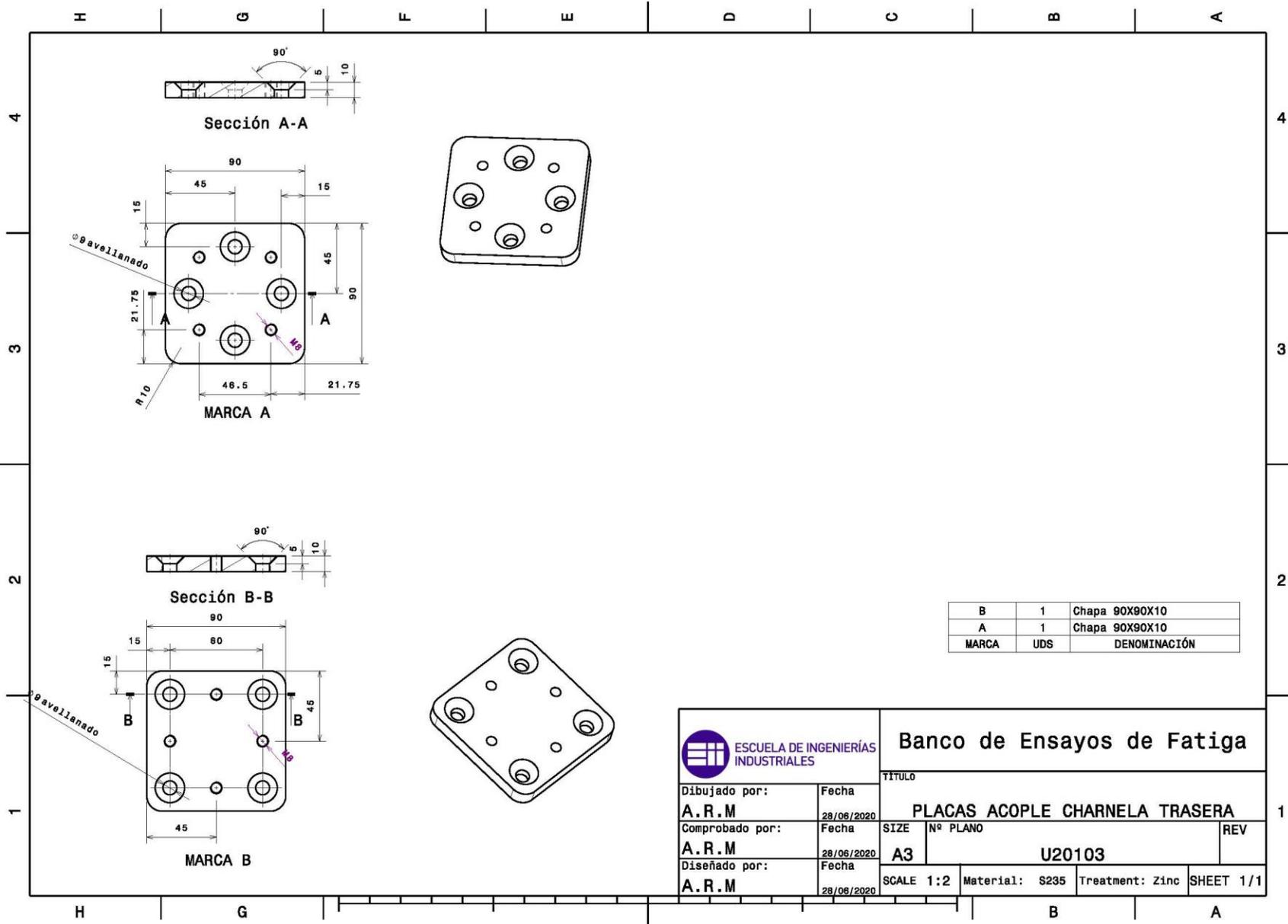
 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		Banco de Ensayos de Fatiga			
Dibujado por:		Fecha:		TÍTULO	
A.R.M		28/06/2020		CONJUNTO BANCO DE ENSAYOS	
Comprobado por:		SIZE	Nº PLANO	REV	
A.R.M		A3	U20100		
Diseñado por:		SCALE	Material:	Treatment:	SHEET
A.R.M		1:20			1/1

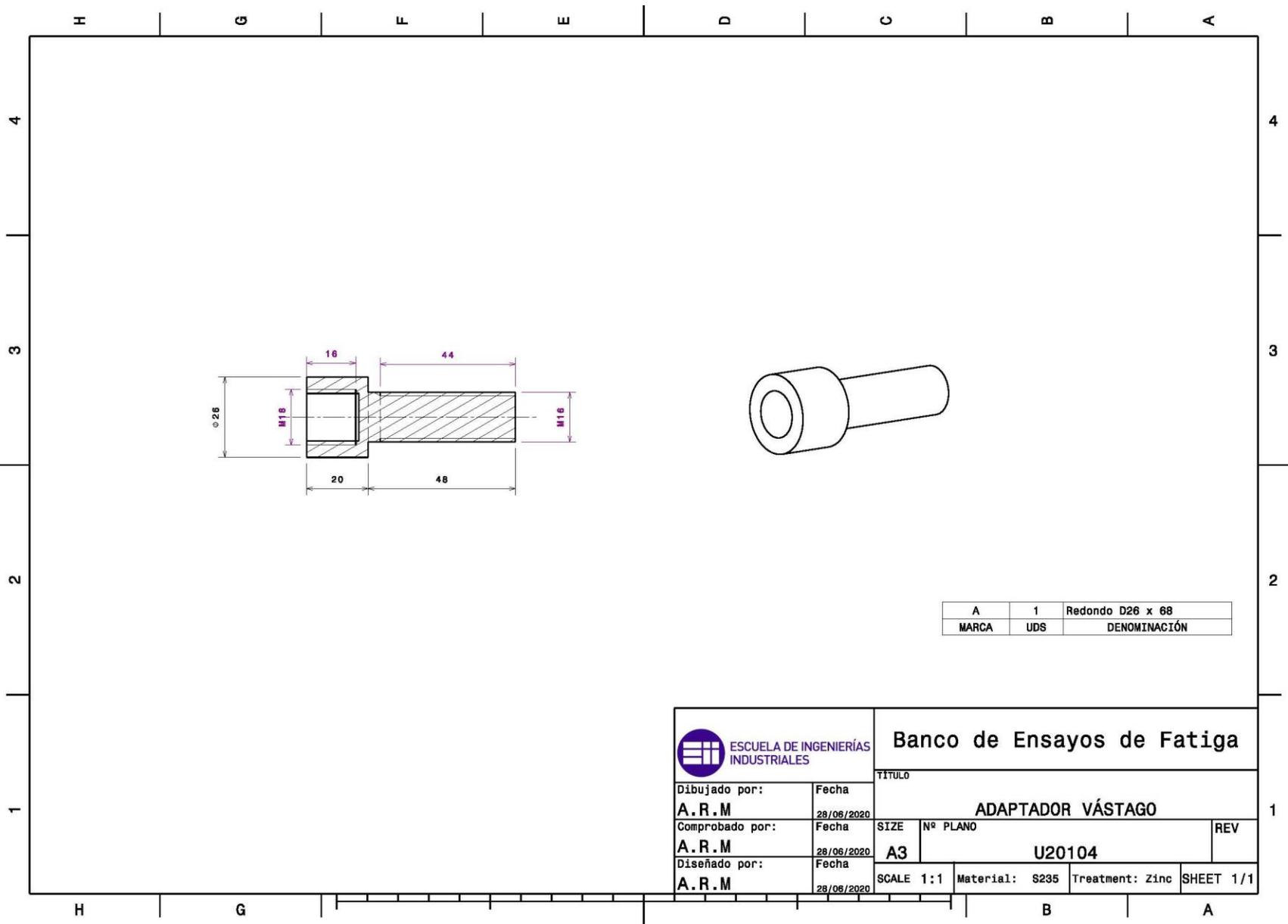




C	1	Chapa 410x115x10
B	1	Chapa 410x100x10
A	1	Chapa 530X100X10
MARCA	UDS	DENOMINACIÓN

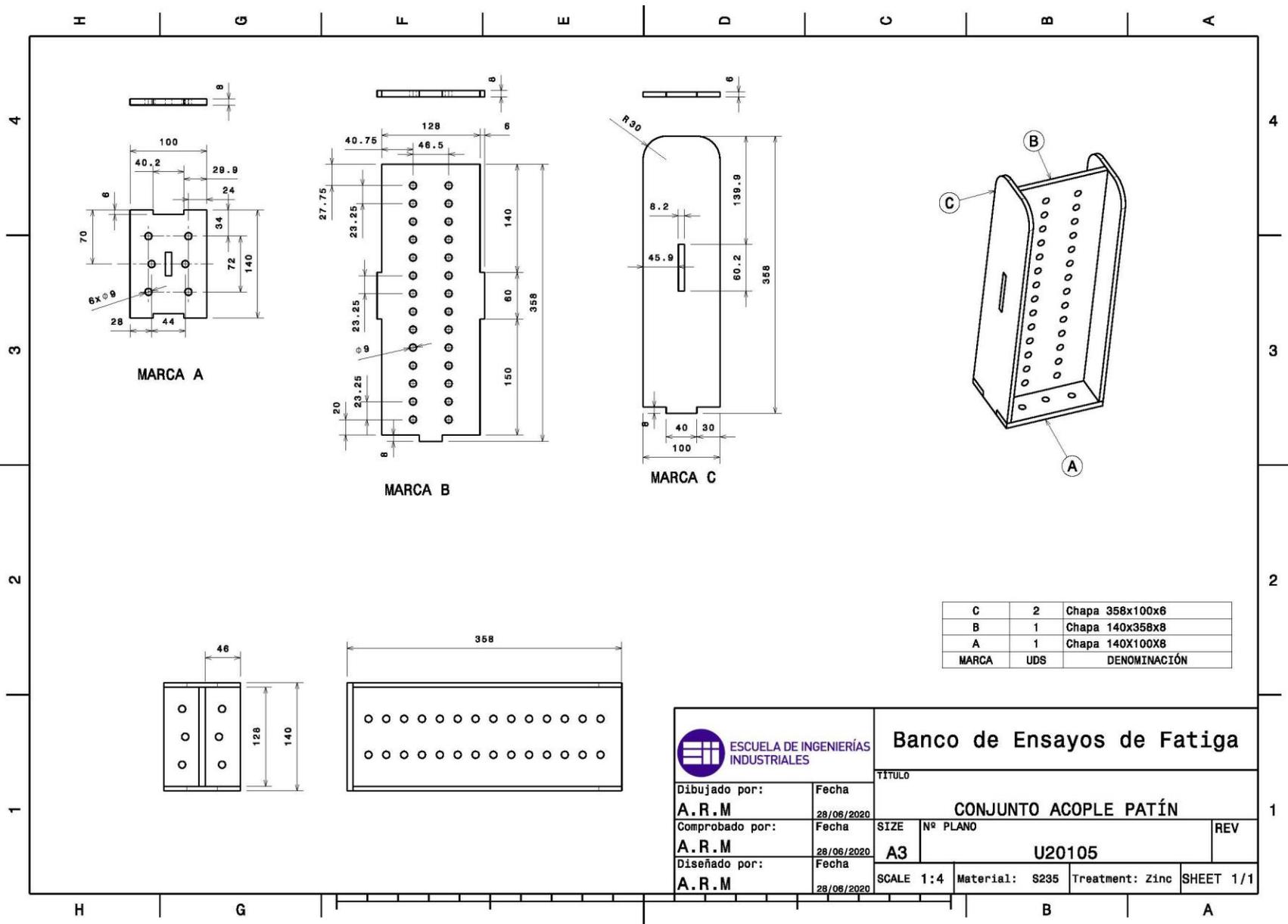
 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		Banco de Ensayos de Fatiga		
		TÍTULO SOPORTE TRASERO		
Dibujado por: A.R.M	Fecha 28/08/2020	SIZE A3	Nº PLANO U20102	REV
Comprobado por: A.R.M	Fecha 28/08/2020	SCALE 1:6	Material: S235	Treatment: Zinc
Diseñado por: A.R.M	Fecha 28/08/2020	SHEET 1/1		

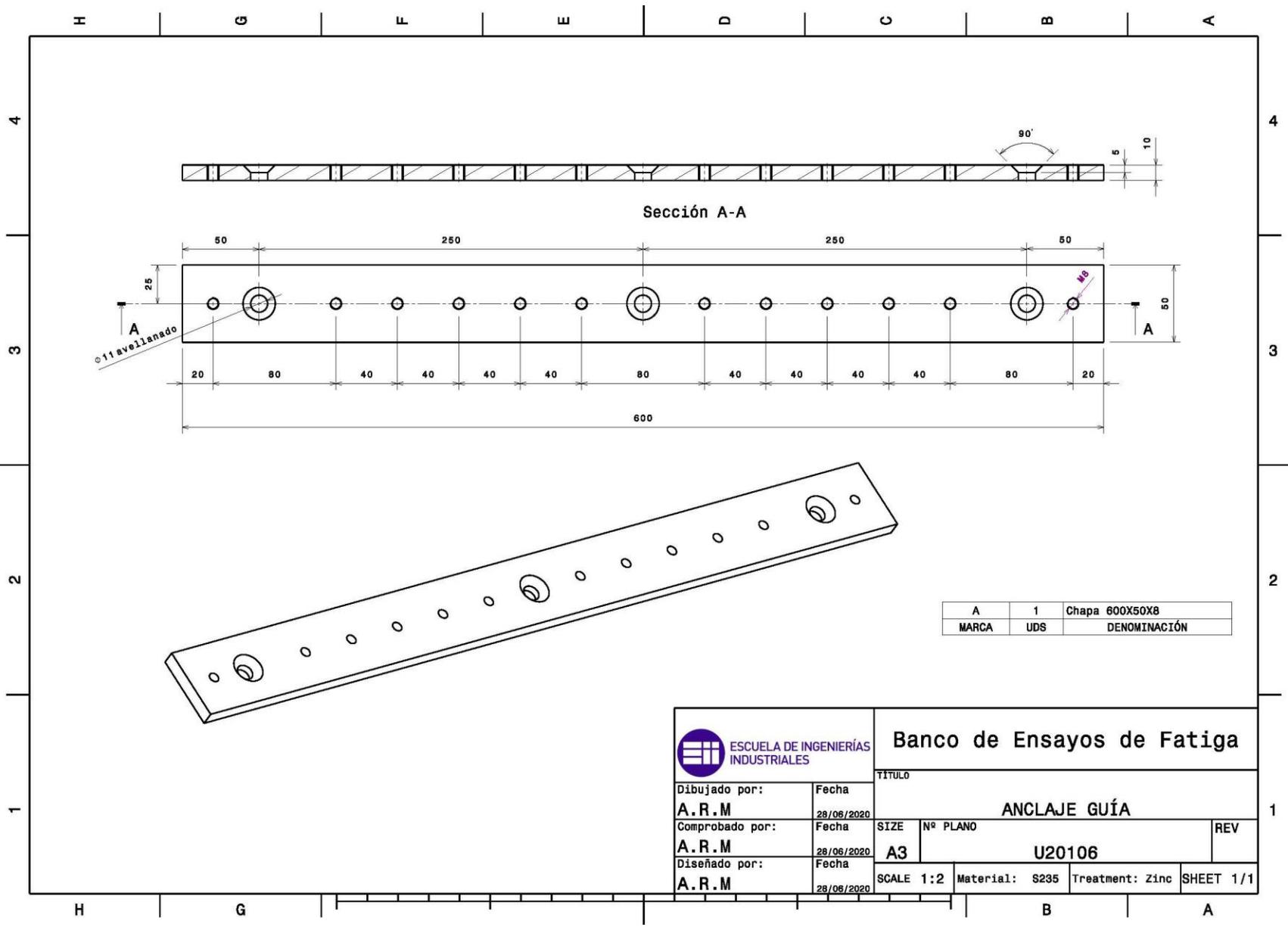


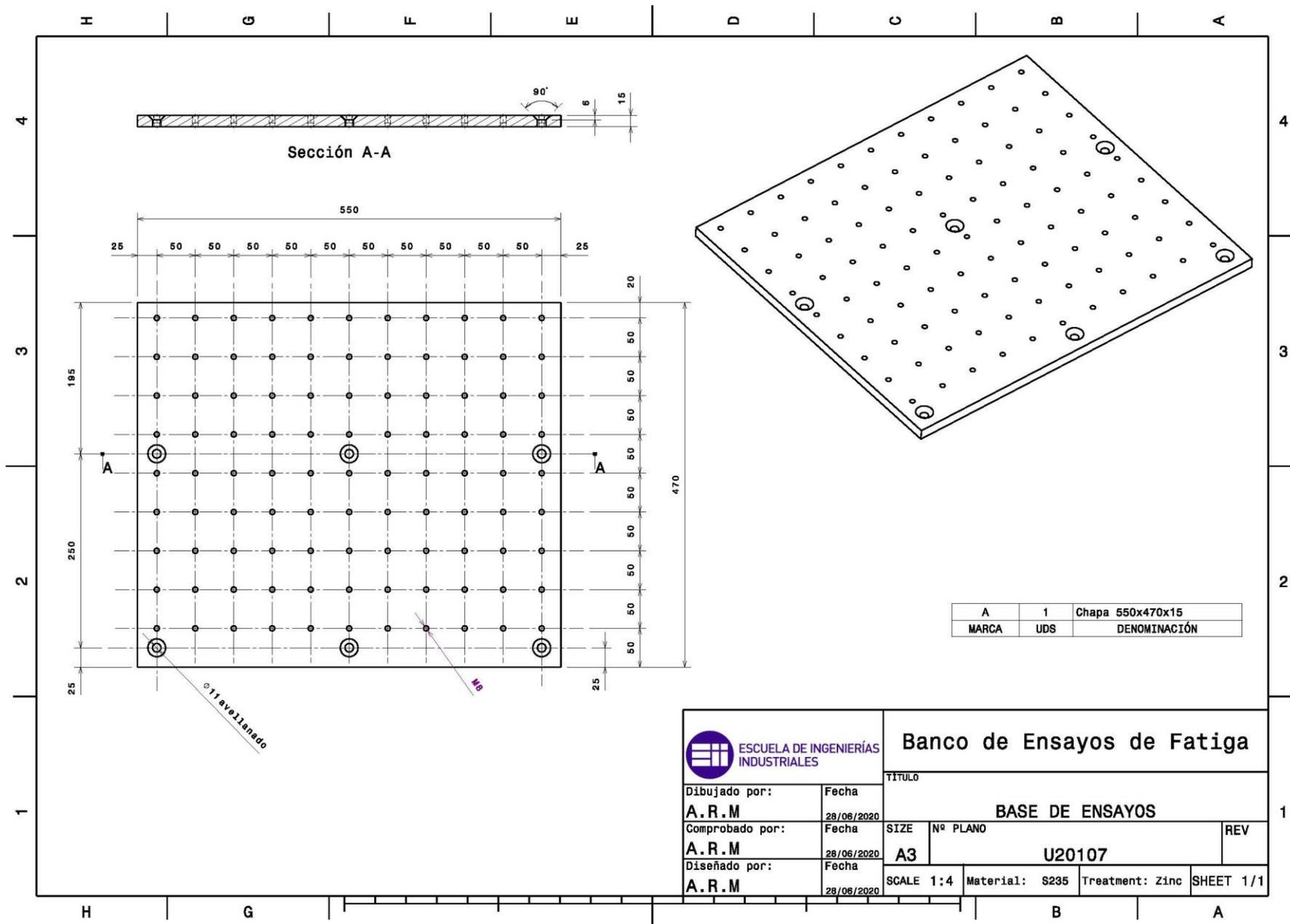


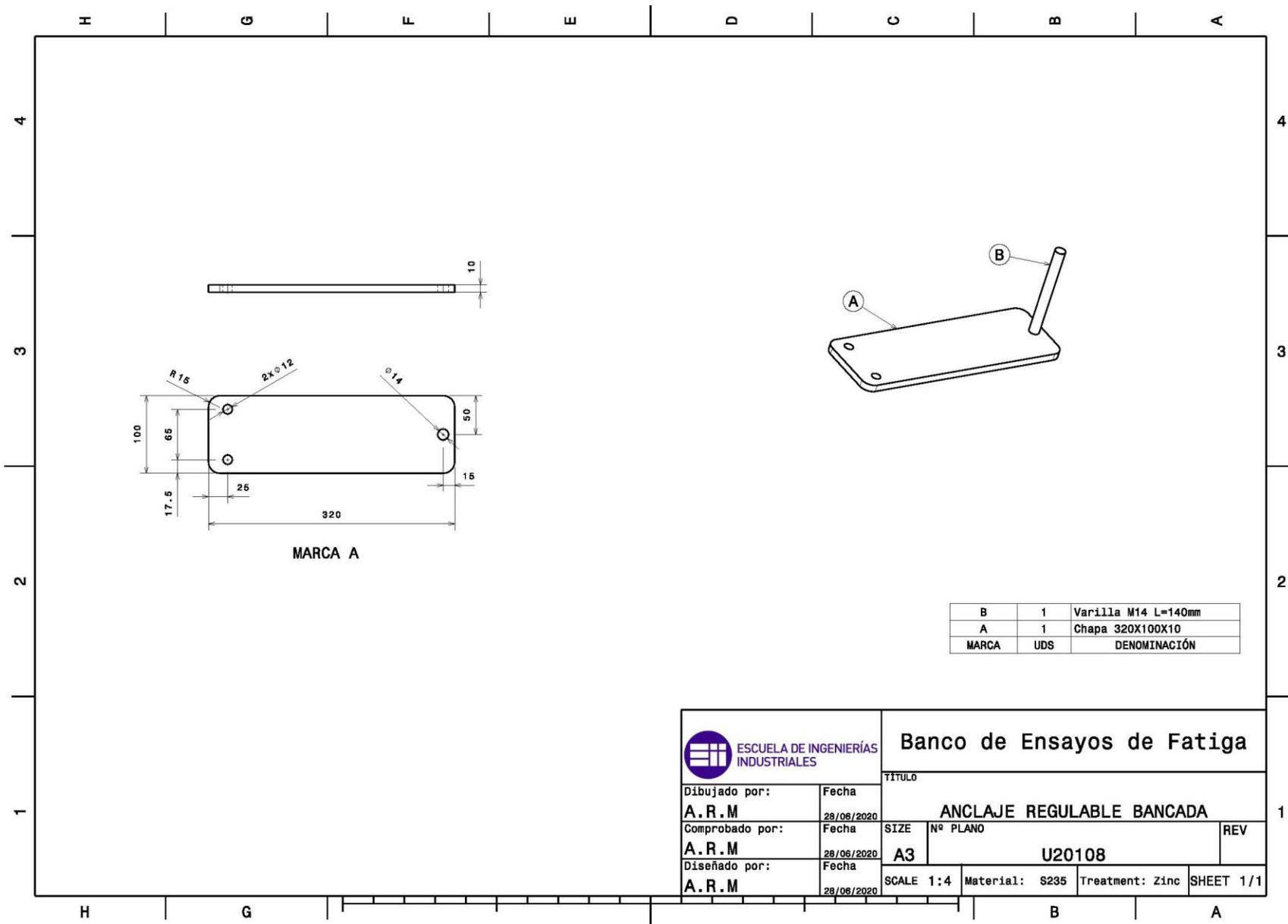
A	1	Redondo D26 x 68
MARCA	UDS	DENOMINACIÓN

 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		Banco de Ensayos de Fatiga		
Dibujado por:		TÍTULO		
A.R.M		ADAPTADOR VÁSTAGO		
Comprobado por:		SIZE	Nº PLANO	REV
A.R.M		A3	U20104	
Diseñado por:		SCALE	Material:	Treatment:
A.R.M		1:1	S235	Zinc
				SHEET 1/1



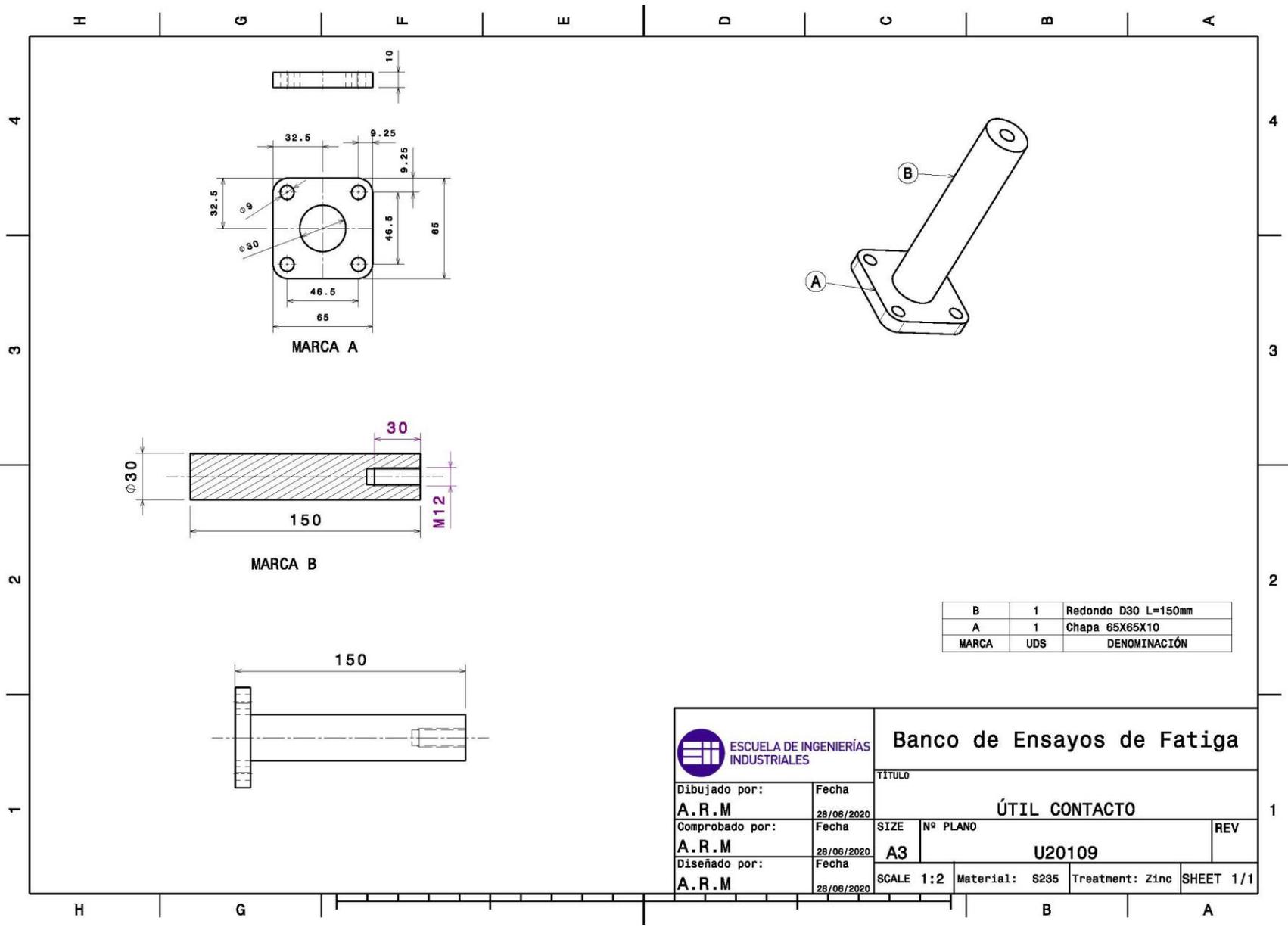


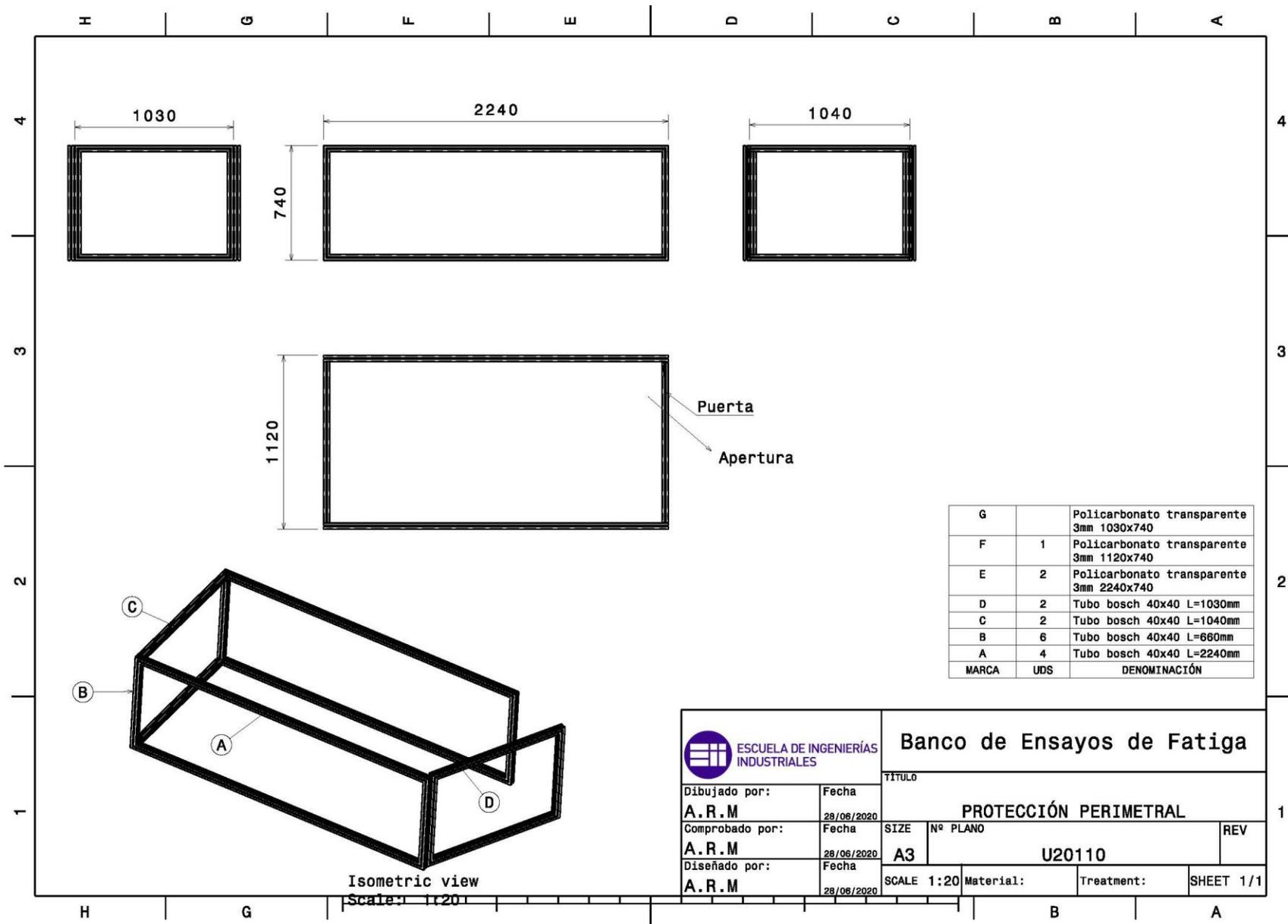




B	1	Varilla M14 L=140mm
A	1	Chapa 320X100X10
MARCA	UDS	DENOMINACIÓN

 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		Banco de Ensayos de Fatiga	
Dibujado por: A.R.M		Fecha: 28/08/2020	
Comprobado por: A.R.M		Fecha: 28/08/2020	
Diseñado por: A.R.M		Fecha: 28/08/2020	
 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		Banco de Ensayos de Fatiga	
TÍTULO ANCLAJE REGULABLE BANCADA			
SIZE A3	Nº PLANO U20108	REV	
SCALE 1:4	Material: S235	Treatment: Zinc	SHEET 1/1





DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD

La empresa: **Universidad de Valladolid**
Paseo del Cauce Nº58, Valladolid,
Valladolid

Declara bajo su única responsabilidad que el producto:

Denominación: **BANCO DE ENSAYOS DE FATIGA**

Modelo: **400**

Nº serie: **01**

Año de fabricación: **2020**

Objeto de esta declaración y descrito en el Expediente Técnico en poder del fabricante y que se proporciona junto con el Manual de Instrucciones y Mantenimiento al usuario, se realiza con arreglo a la Directiva 2006/42/CE relativa a las máquinas.

- Cumple con los requisitos esenciales de seguridad y salud relativos al diseño y fabricación establecidos en el Anexo I de la citada Directiva y que la máquina NO se encuentra en las enumeradas en el Anexo IV
- Que en su fabricación se han tenido en cuenta las normas nacionales y europeas que le pudieran afectar.

La máquina se halla en conformidad con las normas UNE siguientes:

- UNE-EN ISO 12100:2012. Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación de riesgo y reducción del riesgo.

Y para que así conste a los efectos oportunos, emite la presente Declaración CE de Conformidad,

Fdo. D. Alejandro Rodríguez Muñoz

Nº colegiado: 3456

Valladolid, a X de JUNIO de 2020

ANEXO 3: TABLA DE COMPROBACIÓN RD1215/97

DISPOSICIONES MÍNIMAS APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO

1.- DISPOSICIONES GENERALES

1. ORGANOS DE ACCIONAMIENTO		SI	NO	N/A
1.01	Son visibles e identificables			
1.02	Tienen señalización adecuada			
1.03	Están situados fuera de zonas peligrosas			
1.04	Están protegidos contra manipulación involuntaria			
1.05	¿Hay visión del puesto de trabajo desde el puesto de mandos? Si la respuesta es no : ¿Hay señal de advertencia de puesta en marcha?			
1.06	¿El Personal puede eludir el riesgo provocado por una puesta en marcha o una parada?			
1.07	Tras una parada, la puesta en marcha se produce solo tras el accionamiento voluntario del elemento previsto a tal efecto.			
1.08	Los sistemas de mando son seguros, teniendo en cuenta el nivel de riesgo.			
2. PUESTA EN MARCHA				
2.01	¿La puesta en marcha se puede realizar solo mediante el accionamiento del órgano previsto a tal efecto, accionado voluntariamente?			
3. ACCIONAMIENTO DE PARADA TOTAL				
3.01	Hay un órgano de accionamiento que permite la parada total en condiciones de seguridad (Interruptor general)			
3.02	El mando de parada tiene prioridad sobre las órdenes de puesta en marcha.			
3.03	Tras la parada ¿Se interrumpe el suministro de energía de los órganos de accionamiento?			
3.04	Si la parada normal es lenta ¿Existe un dispositivo de parada de emergencia?			
4. PROYECCIÓN Y CAIDA DE OBJETOS				
4.01	Si existe peligro de caída de objetos: ¿Existe una protección adecuada?			
4.02	Si existe peligro de proyecciones: ¿Existe una protección adecuada?			
5. CAPTACION DE EMANACIONES				
5.01	Si existen emanaciones de gases tóxicos: ¿Existe un dispositivo de captación cerca de la emisión?			
5.02	Si existen emanaciones de vapores tóxicos: ¿Existe un dispositivo de captación cerca de la emisión?			
5.03	Si existe emanación de líquidos: ¿Existe un dispositivo de captación cerca de la emisión?			
5.04	Si existe emisión de polvo: ¿Existe un dispositivo de captación cerca de la emisión?			
6. ACCESO A EQUIPOS DE TRABAJO				
6.01	¿Están los elementos de la máquina correctamente fijados?			
6.02	¿Está la máquina correctamente anclada para caída, vuelco y desplazamiento?			
6.03	Si existen zonas elevadas de acceso en la máquina: ¿Hay medios adecuados de acceso y permanencia que garantizan la seguridad de las personas?			

	¿Hay barandilla con una altura mínima de 90 cm. si la altura de caída es superior a 2 m.?			
7. ESTALLIDO O ROTURA				
		SI	NO	N/A
7.01	Si existe peligro de estallido o rotura de elementos del equipo de trabajo: ¿Hay medios de protección adecuados?			
8. RESGUARDOS				
8.01	¿Existen resguardos que impidan el acceso a elementos móviles?			
8.02	¿Los resguardos son de fabricación sólida y resistente?			
8.03	Los resguardos no ocasionan riesgos suplementarios			
8.04	¿Están instalados los resguardos de tal forma que no pueden ser fácilmente anulados?			
8.05	¿Están situados a una distancia suficiente de la zona peligrosa?			
8.06	¿Limitan los resguardos lo mínimo imprescindible la observación del ciclo de trabajo?			
8.07	¿Los resguardos permiten de manera cómoda la sustitución de herramientas en la máquina?			
8.08	¿Los resguardos permiten los trabajos de mantenimiento?			
8.09	¿Están instalados los resguardos de tal forma que no limitan el acceso a la zona de trabajo de la máquina?			
9. ILUMINACIÓN				
9.01	¿La zona de trabajo está correctamente iluminada?			
9.02	¿La zona de mantenimiento está correctamente iluminada?			
10. TEMPERATURA				
10.01	Si existen partes de la máquina que alcanzan temperaturas elevadas o muy bajas: ¿Están correctamente protegidas contra el contacto del personal?			
11. ALARMA				
11.01	¿Existen dispositivos de alarma?			
11.02	¿Son fácilmente perceptibles y comprensibles?			
11.03	¿Están dispuestos los dispositivos de alarma de tal forma que no existe riesgo de ambigüedad?			
12. ENERGÍA				
12.01	¿Existe dispositivo que permite desconectar la máquina de su fuente de energía eléctrica?			
12.02	¿Existe dispositivo que permite desconectar la máquina de su fuente de energía hidráulica?			
12.03	¿Existe dispositivo que permite desconectar la máquina de su fuente de energía neumática?			
12.04	¿Existe dispositivo que permite desconectar la máquina de su fuente de energía térmica?			
13. SENALIZACIÓN				
13.01	¿Están correctamente señalizados los riesgos de la máquina?			
13.02	¿Están correctamente señalizados los equipos de protección individual apropiados para reducir riesgos?			
13.03	¿Están correctamente señalizadas las condiciones límite de utilización de la máquina?			
14. INCENDIO, CALENTAMIENTO, EMANACIONES				
14.01	Si existe peligro de incendio de la máquina: ¿Existen dispositivos de protección contra incendios?			
14.02	Si existe peligro de sobrecalentamiento de la máquina: ¿Está correctamente protegida contra el contacto del personal?			
14.03	¿Está la máquina protegida contra un calentamiento anormal?			
		SI	NO	N/A
14.04	Si existen emanaciones accidentales de gases, líquidos, vapores, polvos: ¿Hay protecciones adecuadas?			

14.05	Si se trabaja en condiciones ambientales agresivas o con riesgo (p.e.: atmósferas explosivas): ¿Está el equipo preparado para ello y hay sistemas de protección adecuados?			
15. EXPLOSION				
15.01	En el caso que exista peligro de explosión: ¿Existen dispositivos adecuados para prevenir el riesgo de explosión?			
16. CONTACTOS ELÉCTRICOS				
16.01	¿El equipo de trabajo es adecuado para prevenir el riesgo de contacto eléctrico directo?			
16.02	Si existe riesgo de contacto eléctrico indirecto: ¿Existe un dispositivo de protección adecuado?			
17. RUIDO, VIBRACIONES, RADIACIONES				
17.01	En el caso que el equipo produzca ruido, vibraciones o emanaciones: ¿Existen protecciones que limiten su generación o propagación?			
18. LÍQUIDOS PELIGROSOS				
18.01	Si existe almacenamiento, manipulación o tratamiento de líquidos corrosivos a temperatura peligrosos: ¿Hay protecciones adecuadas?			
19. HERRAMIENTAS MANUALES				
19.01	Las herramientas manuales ¿son adecuadas y están en buen uso?			

2.- EQUIPOS MÓVILES

1. DISPOSICIONES MÍNIMAS (EQUIPOS AUTOMOTORES O NO)				
		SI	NO	N/A
1.01	Los equipos móviles con trabajadores transportados que tienen ruedas u orugas: ¿Disponen de un medio que impida el contacto con las mismas por parte del operario?			X
1.02	Está diseñado el sistema de transmisión de tal forma que su bloqueo no ocasione riesgos ¿Existe algún medio que impida dicho bloqueo?			X
1.03	¿Los elementos de transmisión disponen de medios de fijación que impidan su arrastre por el suelo?			X
1.04	Si el equipo de trabajo puede transportar trabajadores: ¿Dispone de una estructura de protección que impida que se incline más de ¼ de vuelta?			X
	Si se inclina más de ¼ de vuelta ¿Dispone de una estructura de protección alrededor de los trabajadores que garantice un espacio vital?			X
	Si existe el riesgo de inclinación o vuelco ¿Hay algún medio de retención de los trabajadores?			X
	¿Está adaptado para el transporte de personas?			X
1.05	Si el equipo de trabajo es una carretilla elevadora: ¿Dispone de una cabina para el conductor?			X
	¿Dispone de estructura de protección para impedir el vuelco?			X
	¿Hay estructura de protección que en caso de vuelco garantice un espacio vital para el trabajador?			X
	¿Hay una estructura que mantenga al trabajador sobre su asiento en caso de vuelco?			X
EQUIPOS AUTOMOTORES				
1.06	Es imposible su puesta en marcha no autorizada			X
	Hay dispositivos de frenado y parada			X
	Si es necesario: ¿hay parada de emergencia?			X
	Es suficiente el campo de visión desde el puesto de conductor			X
	¿Hay suficiente iluminación natural o artificial?			X
	Si hay riesgo de incendio: ¿Hay dispositivos extintores?			X
	Al salir del campo de control el automotor se para automáticamente			X
	Hay dispositivos de protección contra choque y atropello			X
Si es necesaria: ¿hay señalización acústica?			X	

3.- EQUIPOS PARA ELEVACIÓN DE CARGAS

		SI	NO	N/A
1	¿El equipo está instalado firmemente?			X
2	¿Es lo suficientemente robusto como para soportar las cargas a elevar?			X
3	¿Tiene placa donde se indica la carga nominal para cada configuración?			X
4	¿Los accesorios de elevación están marcados con sus características esenciales?			X
5	¿Existe una indicación clara que prohíbe la elevación de personas? (si hay riesgo de confusión)			X
6	Si el equipo de elevación está instalado permanentemente: ¿Tiene dispositivo que impida la caída en picado de la carga, se suelte o desvíe golpeando a trabajadores?			X
7	Si está el equipo diseñado para la elevación de trabajadores: ¿Tiene dispositivos que impidan la caída del habitáculo?			X
	¿Se comprueba siempre que se use el buen estado del cable?			X
	¿Tiene dispositivos para evitar la caída del operario fuera del habitáculo?			X
	¿Tiene dispositivos para evitar el choque o aplastamiento del usuario?			X
	¿Tiene medios para garantizar la evacuación de los operarios en caso de quedar bloqueados en el habitáculo?			X