



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Trabajo de Fin de Máster

Título del trabajo:

MÁQUINA DE ENSAYOS PARA MUESTRAS DE IMPRESIÓN 3D

English title:

TESTING MACHINE FOR 3D PRINTING SAMPLES

Autor:

Javier Camino Ferró

Director:

Miguel Ángel Agustín Fonfría

Máster en Ingeniería de Diseño

ETSID

Universidad Politécnica de Valencia

2021

MEMORIA

Índice

Objetivo.....	5
Problemática	5
Marco teórico.....	6
Funcionamiento de una máquina de ensayos universal	6
Características mecánicas de los materiales.....	7
Plásticos en la impresión 3D	11
Tipos de plásticos utilizados.....	11
Características mecánicas de los plásticos.....	16
Probetas	21
Medidas de las probetas según la Norma	22
Estudio de mercado.....	34
Máquinas de ensayos universales.....	34
Impresoras	37
Mordazas	41
Esquema fundamental y requisitos	47
Análisis de capacidades (DAFO).....	48
Normativa	49
Patentes	50
Componentes.....	51
Bocetos.....	61
Solución final.....	65
Conjunto Viga en C + Motor + Soportes	65
Mordazas y célula de carga	67
Carcasa exterior.....	70
Bibliografía	75

Objetivo

El objetivo consiste en desarrollar una máquina de ensayos para las muestras de plásticos de las impresoras 3D. Mediante este dispositivo se realizarán ensayos de rotura a tracción y a compresión en probetas normalizadas del plástico utilizado en las impresoras 3D. Con estos ensayos se calcularán características básicas de los productos obtenidos de estas impresoras (resistencia, resiliencia, límite elástico, límite de rotura...).

La máquina consistirá en una viga en C, a la cual se acoplará un motor Nema 17. Este motor rotará un husillo, que a su vez hará que la mordaza móvil se mueva, separándose de la mordaza fija. Poco a poco se elongará la muestra hasta que llegue a su límite de rotura. Todo ello se administrará mediante un software, que recogerá las mediciones mediante una célula de carga colocada en la mordaza móvil.

El objetivo no es solo conseguir que el dispositivo funcione, sino conseguir que sea ligero, accesible, estético y compacto. Con ello se pretende lograr que cualquier usuario pueda poseer uno en su casa, de la misma forma que posee una impresora 3D compacta.

Problemática

La impresión 3D es un sector en auge, que cada día ocupa un puesto más importante en el mercado. Gran cantidad de usuarios poseen impresoras particulares, con las que se imprimen objetos que necesitan o les facilitan el día a día. Además, cada vez más empresas se dedican a este sector o poseen dispositivos de impresión 3D para producir sus propios utillajes o herramientas.

Sin embargo, se observa una gran ausencia de maquinaria que compruebe la calidad de los productos finales de las impresoras 3D. Para los productos acabados de metales (aceros, aluminios) existen cantidad de máquinas de ensayos de dureza, resistencia, flexibilidad etc. Las máquinas de ensayos universales pueden realizar test de resistencia a casi cualquier tipo de materiales, pero tienen el inconveniente de ser muy pesadas y grandes (más de una tonelada).

Por ello, mediante este Trabajo de Fin de Máster se pretende desarrollar una máquina de ensayos que permita realizar test de resistencia en las piezas acabadas de las impresoras 3D, teniendo en cuenta las dimensiones y el peso, consiguiendo así un dispositivo portátil, ligero, accesible y fácilmente manipulable.

Marco teórico

Funcionamiento de una máquina de ensayos universal

Las máquinas de ensayos universales (UTM) son dispositivos que permiten comprobar las propiedades mecánicas (tensión, compresión, etc.) de una muestra de ensayo determinada ejerciendo tensiones de tracción, compresión o transversales. La máquina ha sido nombrada así debido a la amplia gama de pruebas que puede realizar sobre diferentes tipos de materiales. Se pueden realizar diferentes pruebas como prueba de tracción, prueba de flexión, prueba de tensión, prueba de fricción, prueba de resorte, etc. con la ayuda de UTM.

Las máquinas de ensayos constan de los siguientes componentes:



Bastidor de carga: Normalmente las máquinas de ensayos universales constan de dos fuertes soportes. Sin embargo, las máquinas más pequeñas (algunas portátiles) constan solo de uno.

Célula de carga: Es un transductor de fuerza u otro medio para medir la carga. Es importante calibrarlo periódicamente.

Cabeza transversal: Consiste en una cruceta móvil la cual se controla para producir el movimiento (hacia arriba o hacia abajo). Por lo general, este movimiento se produce a una velocidad constante. Si el movimiento se produce hacia arriba, se realizaría el ensayo de tracción, en sentido contrario, de compresión.

Medios de medición de la extensión o deformación: Mediante estos medios se consigue obtener la deformación cuantificada.

Dispositivo de salida: En la actualidad se suelen utilizar computadoras con softwares potentes con los que se controlan los dispositivos.

Figura 1. Máquina de ensayos de rotura. Fuente: [0]

Acondicionamiento: muchas pruebas requieren un acondicionamiento controlado (temperatura, humedad, presión, etc.). La máquina puede estar en una habitación controlada o se puede colocar una cámara ambiental especial alrededor de la muestra de prueba para la prueba.

En muchos métodos de prueba se requieren accesorios de prueba, mordazas de sujeción de muestras y equipos relacionados para la fabricación de muestras.

Características mecánicas de los materiales

La resistencia es una propiedad mecánica que presentan los materiales para soportar diversas fuerzas. Se puede estudiar en diferentes ejes y situaciones. Hay diversos tipos de resistencias: resistencia a la tracción, a la compresión, a la flexión, a la cizalladura...

La resistencia a la tracción es importante para un material que se va a estirar o tensar. Las fibras necesitan una buena resistencia a la tracción. La siguiente imagen muestra la prueba de tracción de un polímero de éter vinílico. En ella, la mordaza inferior se encuentra fija, y la superior se mueve hacia arriba, generando así la tracción necesaria para estirar el material hasta su rotura:

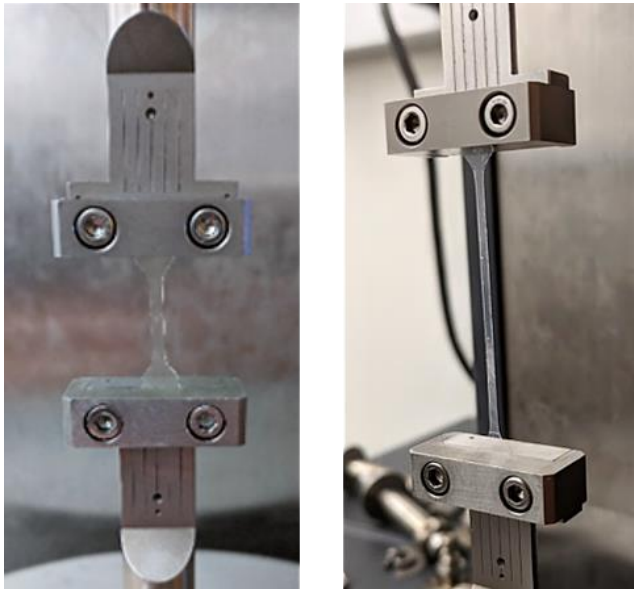


Figura 2. Rotura de probeta en máquina de ensayos de rotura. Fuente: [2]

La fuerza de compresión se aplica de forma inversa a la de tracción. En la siguiente imagen se puede observar un polímero sometido a un ensayo de compresión:

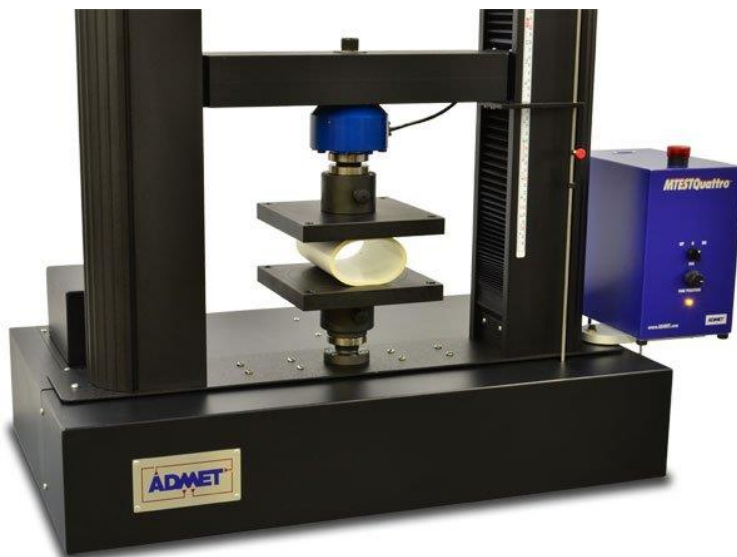


Figura 3. Polímero en ensayo de compresión. Fuente: [3]

El hormigón es un ejemplo de material con buena resistencia a la compresión:



Figura 4. Ensayo de compresión del hormigón. Fuente: [4]

La resistencia a la flexión, también conocida como módulo de ruptura, o resistencia flexural, es una propiedad de los materiales que se manifiesta como esfuerzos ocurridos justo antes de ceder en una prueba de flexión. En la siguiente imagen se observa un polímero sometido a una prueba de flexión:

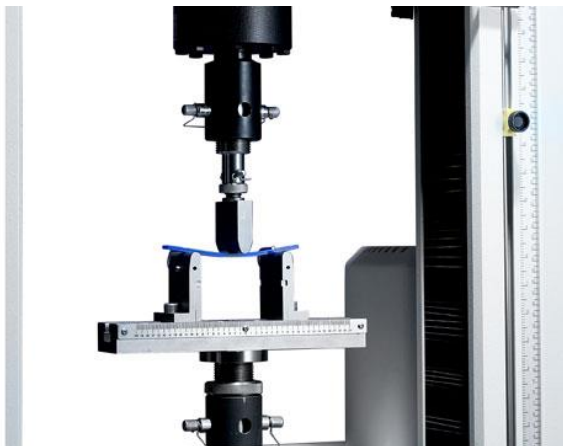


Figura 5. Ensayo a flexión. Fuente: [5]

También existen otros tipos de resistencia, como la resistencia a la torsión o la resistencia al impacto.

La resistencia a la torsión consiste en la capacidad de los materiales para soportar sollicitaciones que se presentan cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo o prisma mecánico, como pueden ser ejes o, en general, elementos

donde una dimensión predomina sobre las otras dos, aunque es posible encontrarla en situaciones diversas.

La resistencia al impacto se utiliza en ingeniería de polímeros para estudiar la tenacidad de un material.

Para medir la resistencia a la tracción de una muestra de polímero, se toma la muestra y se estira someténdola a un ensayo de tracción mediante una máquina de ensayos universal. Mientras se estira la muestra, se mide la cantidad de fuerza (F) que se está ejerciendo (normalmente mediante una célula de carga). Una vez conocida la fuerza, se divide por el área de aplicación (A), para conocer la tensión a la que está sometida la probeta:

$$T = \frac{F}{A}$$

La máquina aumenta la cantidad de fuerza, con lo que se va aumentando la tensión de forma natural, hasta que la probeta se rompe. La tensión necesaria para romper la muestra determina la resistencia a la tracción del material.

Asimismo, se pueden imaginar pruebas similares de resistencia a la compresión o flexión. En todos los casos, la fuerza necesaria para romper la probeta determina la resistencia a la tracción del material.

Además de la fuerza y la tensión, también nos encontramos con un alargamiento previo a la rotura del material. El alargamiento es un tipo de deformación. La deformación es simplemente un cambio de forma que cualquier material sufre bajo una determinada tensión. Cuando hablamos de tensión de tracción, la muestra se deforma al estirarse, alargándose (alargamiento de un material).

El alargamiento porcentual es la longitud de la muestra de polímero después de estirada (L), dividida por la longitud original de la muestra (L₀) y luego multiplicada por 100:

$$\%Elongación = \frac{L}{L_0} \times 100$$

Existen dos tipos de alargamiento: el alargamiento máximo y el alargamiento elástico.

El alargamiento máximo es la cantidad que puede estirarse la muestra antes de romperse.

El alargamiento elástico es el porcentaje de alargamiento que puede alcanzar la muestra sin presentar deformaciones permanentes. Es decir, cuánto puede estirarse la muestra pudiendo volver a su longitud original una vez que se libere la tensión sobre ella.

Esta capacidad es especialmente importante en los elastómeros, ya que deben poder estirarse una gran distancia sin sufrir deformaciones permanentes. La mayoría de ellos pueden estirarse entre un 500 y un 1000% de su alargamiento y volver a sus longitudes originales sin ningún problema.

Los elastómeros deben mostrar un alto alargamiento elástico. Pero para algunos otros tipos de materiales, como los plásticos, generalmente es mejor que no se estiren ni se deformen tan fácilmente. Si se quiere saber cómo resiste un material a la deformación, medimos su módulo de Young. El módulo de elasticidad longitudinal en un material elástico lineal es una constante (para valores de tensión dentro del rango de reversibilidad completa de

deformaciones). En este caso, su valor se define como el cociente entre la tensión y la deformación:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F/S}{\Delta L/L},$$

Una vez calculado el módulo de Young, se pueden realizar gráficas de tensión-deformación, en las cuales la pendiente es el módulo de Young:

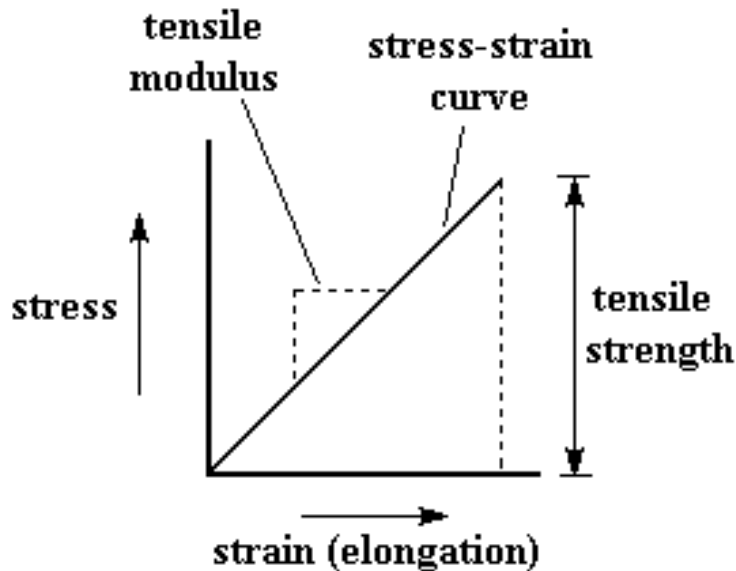


Figura 6. Gráfica tensión-deformación. Fuente: [6]

Otro valor que se puede sacar de estos ensayos es la tenacidad del material.

La tenacidad es una medida de la energía que la probeta puede absorber antes de romperse. Si la altura del triángulo en la gráfica es la fuerza y la base del triángulo es la tensión, entonces el área es proporcional a la fuerza multiplicada por la tensión. Dado que la resistencia es proporcional a la fuerza necesaria para romper la muestra, y la deformación se mide en unidades de distancia (la distancia a la que se estira la muestra), la fuerza multiplicada por la deformación es proporcional a la fuerza multiplicada.

El área debajo de la curva tensión-deformación, de color rojo en el gráfico a continuación, es la tenacidad:

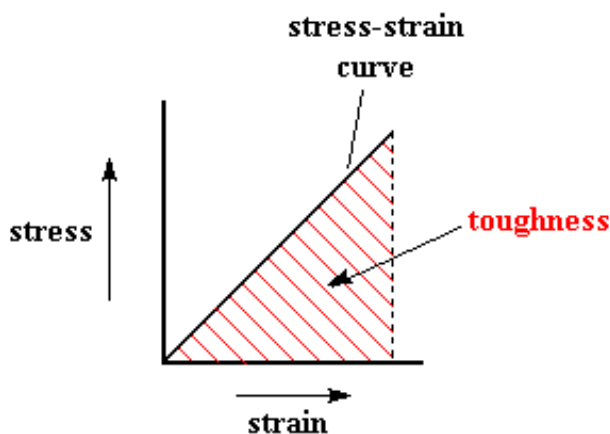


Figura 7. Tenacidad en gráfica esfuerzo-deformación. Fuente: [6]

Plásticos en la impresión 3D

Tipos de plásticos utilizados

A continuación, se procede a analizar los plásticos más utilizados en la impresión 3D.

Los plásticos son materiales compuestos sintéticos o semisintéticos maleables. Gran parte de los plásticos son completamente sintéticos, derivados de productos petroquímicos.

Sin embargo, debido a la actual preocupación ambiental, los plásticos derivados de materiales renovables son un sector en auge (como el ácido poliláctico, PLA).

Debido a sus diversas características (muy versátil, resistencia al agua, costes bajos, facilidad de fabricación...) los plásticos son utilizados en una gran variedad de productos y sectores, y gracias a la impresión 3D son aún más utilizados.

ABS

El acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) es un polímero termoplástico opaco y amorfo. "Termoplástico" (a diferencia de "termoestable") se refiere a la forma en que el material responde al calor. Los termoplásticos se vuelven líquidos (es decir, tienen una "transición vítrea") a una determinada temperatura (221 grados Fahrenheit en el caso del plástico ABS). Pueden calentarse hasta su punto de fusión, enfriarse y recalentarse nuevamente sin una degradación significativa. En lugar de quemarse, los termoplásticos como el ABS se licuan, lo que les permite moldearse por inyección fácilmente y luego reciclarse.

El ABS como filamento es de los plásticos más utilizados en la impresión 3D. Este plástico es utilizado para carrocerías, carcasas de electrodomésticos o aparatos eléctricos y para fundas de teléfonos móviles.



Figura 8. ABS. Fuente: [7]

PLA

El ácido poliláctico, más conocido como PLA, es un polímero elaborado a partir de recursos renovables. A diferencia de otros termoplásticos a base de petróleo, algunas de las materias primas utilizadas para la producción de PLA incluyen almidón de maíz, raíces de tapioca o caña de azúcar. Sin embargo, sus propiedades son comparables a las de otros plásticos de la industria. Estas características y el deseo de los consumidores de utilizar un material menos impactante han desencadenado su rápida entrada al mercado del plástico como un producto competitivo.

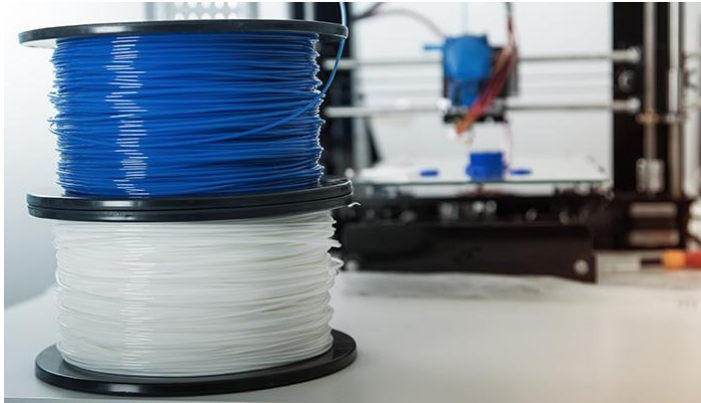


Figura 9. PLA. Fuente: [7]

ASA

El copolímero acrílico-estireno-acrilonitrilo (ASA) es un elastómero termoplástico. Este tipo de copolímero tiene una excelente resistencia a la radiación UV, al calor, a la humedad y al agrietamiento por tensión y probablemente tiene la mejor resistencia a la intemperie de todos los elastómeros de acrilonitrilo. También tiene buena resistencia química y alta resistencia al impacto. Sus propiedades mecánicas son muy similares a las de los elastómeros de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS). Sin embargo, a diferencia del caucho a base de butadieno, el ASA no tiene dobles enlaces en la estructura del polímero, lo que da como resultado una resistencia a la intemperie y a los rayos ultravioleta significativamente mejorada, así como una mejor resistencia térmica y química a largo plazo en comparación con los cauchos de dieno.

Uno de los mercados más importantes para los ASA son las piezas de carrocería de automóviles, como carcasas de espejos y parrillas de radiador. Los termoplásticos ASA también se utilizan ampliamente en las industrias de la construcción, electrodomésticos, eléctrica / electrónica y artículos deportivos.



Figura 10. ASA. Fuente: [7]

PET

El tereftalato de polietileno (PET o PETE) es un polímero termoplástico de uso general que pertenece a la familia de polímeros de poliéster. Las resinas de poliéster son conocidas por su excelente combinación de propiedades tales como resistencia mecánica, térmica, química y estabilidad dimensional.

El PET reciclado se puede convertir en fibras, tejidos, láminas para embalar y fabricar piezas de automoción. Químicamente, el tereftalato de polietileno es muy similar al tereftalato de polibutileno.

El PET es una resina muy flexible, incolora y semicristalina en su estado natural. Dependiendo de cómo se procese, puede ser de semirrígido a rígido. Muestra buena estabilidad dimensional, resistencia al impacto, humedad, alcoholes y disolventes.



Figura 11. PET. Fuente: [7]

PETG

El PETG, o poliéster glicolizado, es un termoplástico ampliamente utilizado en el mercado de fabricación aditiva, que combina la simplicidad de la impresión 3D con PLA y la resistencia del ABS. Es un plástico amorfo, que puede ser 100% reciclado. Tiene la misma composición química que el tereftalato de polietileno, mejor conocido por sus siglas PET. Se ha agregado glicol para reducir su fragilidad y, por lo tanto, que gane en resistencia.

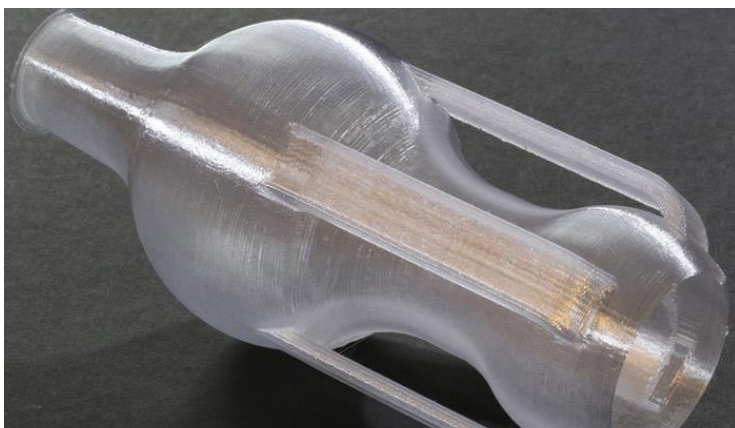


Figura 12. PETG. Fuente: [7]

Policarbonato (PC)

El policarbonato es un polímero termoplástico transparente, amorfo y resistente de alto rendimiento con grupos funcionales orgánicos unidos entre sí por grupos carbonato ($-\text{O}-\text{C}(\text{O})-\text{O}-$) y ofrece una combinación única de propiedades. La PC se usa popularmente como plástico de ingeniería debido a sus características únicas que incluyen: Fuerza de alto impacto, alta estabilidad dimensional y buenas propiedades eléctricas entre otras.

Aunque las características del policarbonato son similares al polimetilmetacrilato (PMMA, acrílico), el policarbonato es más fuerte y se puede usar en un rango de temperatura más amplio (punto de fusión: $155\text{ }^{\circ}\text{C}$) pero más caro. Como la PC muestra una excelente compatibilidad con ciertos polímeros, se usa ampliamente en mezclas, como PC / ABS, PC / PET, PC / PMMA. Algunas de las aplicaciones comunes son discos compactos, cascos de seguridad, vidrios a prueba de balas, lentes de faros de automóviles, biberones, techos y acristalamientos, etc.



Figura 13. PC. Fuente: [7]

Polímeros de alto rendimiento (PEEK, PEKK, ULTEM)

PEEK (polieteretercetona) es un plástico de ingeniería de alto rendimiento con una excelente resistencia a los productos químicos agresivos y una excelente resistencia mecánica y estabilidad dimensional. Ofrece resistencia a la hidrólisis al vapor, agua y agua de mar. PEEK tiene la capacidad de mantener la rigidez a altas temperaturas y es adecuado para uso continuo a temperaturas de hasta 338oF (170oC). Este plástico de ingeniería tiene un historial probado en entornos desafiantes como el aeroespacial, el petróleo y el gas y los semiconductores.



Figura 14. Polímeros de alto rendimiento. Fuente: [7]

Polipropileno (PP)

El polipropileno es un termoplástico resistente, rígido y cristalino producido a partir de monómero de propeno (o propileno). Es una resina de hidrocarburo lineal. La fórmula química del polipropileno es $(C_3H_6)_n$. El PP se encuentra entre los plásticos más baratos disponibles en la actualidad.

El PP pertenece a la familia de polímeros de poliolefinas y es uno de los tres polímeros más utilizados en la actualidad. El polipropileno tiene aplicaciones tanto como plástico como como fibra en: Industria automotriz, aplicaciones industriales, bienes de consumo y mercado de muebles.



Figura 15. PP. Fuente: [7]

Nylon

Nylon es un nombre genérico para una familia de polímeros sintéticos, más específicamente poliamidas alifáticas o semi-aromáticas en las que al menos el 85% en peso de los enlaces amida (-CO-NH-) están unidos directamente a dos grupos alifáticos. Pueden procesarse por fusión en fibras, películas o cualquier otra forma.

El nailon se utiliza en la industria de la confección y el mobiliario para el hogar. Sin embargo, debido a su mayor precio y menor resistencia a las arrugas, ha sido reemplazado por poliéster en muchas prendas. Sin embargo, sigue siendo una fibra importante para aplicaciones más exigentes, incluidos cordones de neumáticos, cuerdas, cinturones de seguridad, mangueras, cintas transportadoras, alfombras, paracaídas, cuerdas para raquetas, sacos de dormir, carpas y diversos materiales de ingeniería civil.



Figura 16. Fuente: [7]

Características mecánicas de los plásticos

A continuación, se contemplan las características mecánicas de los plásticos más utilizados en la impresión 3D.

En el siguiente gráfico se comparan las curvas típicas de tensión-deformación para diferentes tipos de polímeros. Se aprecia en el gráfico verde que los plásticos rígidos como el poliestireno, el poli (metacrilato de metilo) o el policarbonato pueden soportar una gran cantidad de estrés, pero no resistirán mucha elongación antes de romperse. No hay mucha área bajo la curva de tensión-deformación. Por tanto, estos materiales son fuertes, pero no muy duros. Además, la pendiente es muy pronunciada, lo que significa que se necesita mucha fuerza para deformar un plástico rígido. Estos plásticos rígidos, por tanto, tendrán altos módulos de Young. En resumen, los plásticos rígidos tienden a ser fuertes, resisten la deformación, pero tienden a no ser muy duros, es decir, quebradizos.



Figura 17. Diferentes curvas en función del material. Fuente: [8]

Los plásticos flexibles como el polietileno y el polipropileno se diferencian de los plásticos rígidos en que tampoco resisten la deformación, pero tienden a no romperse. Por supuesto, la capacidad de deformarse es lo que evita que se rompan. El módulo inicial es alto, es decir, resistirá la deformación por un tiempo, pero si se aplica suficiente tensión a un plástico flexible, se deformará. La conclusión es que los plásticos flexibles pueden no ser tan fuertes como los rígidos, pero son mucho más resistentes.

Es posible alterar el comportamiento tensión-deformación de un plástico con aditivos llamados plastificantes. Un plastificante es una pequeña molécula que hace que los plásticos sean más flexibles. Por ejemplo, sin plastificantes, el poli (cloruro de vinilo), o PVC, es un plástico rígido. El PVC rígido no plastificado se utiliza para tuberías de agua. Pero con plastificantes, el PVC se puede hacer lo suficientemente flexible para usarlo en elementos como juguetes inflables para piscinas.

Fibras como KevlarTM, fibra de carbono y nailon tienden a tener curvas de tensión-deformación como la gráfica de color rojo en el gráfico anterior. Al igual que los plásticos rígidos, son más fuertes que resistentes y no se deforman mucho bajo tensión de tracción. Sin

embargo, son mucho más fuertes que los plásticos, incluso los rígidos, y algunas fibras poliméricas, como Kevlar™, fibra de carbono y polietileno de peso molecular.

Los elastómeros como el poliisopreno, el polibutadieno y el poliisobutileno tienen un comportamiento mecánico completamente diferente al de los otros tipos de materiales. Los elastómeros tienen módulos muy bajos.

Más allá de las propiedades de tracción, cuando se observan otras propiedades, como las de compresión o flexión, las cosas pueden ser completamente diferentes. Por ejemplo, las fibras tienen una resistencia a la tracción muy alta y también una buena resistencia a la flexión, pero generalmente tienen una mala resistencia a la compresión. Además, solo tienen una buena resistencia a la tracción en la dirección de las fibras.

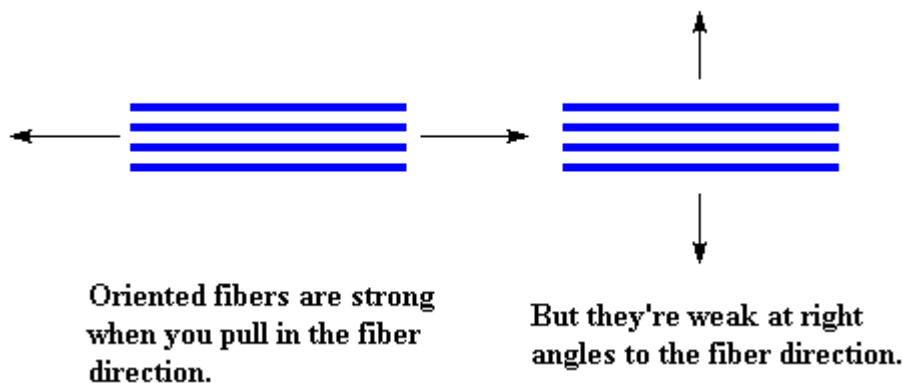


Figura 18. Resistencia según la orientación de las fibras. Fuente: [8]

A continuación, se observarán dos tablas en las que se contempla el porcentaje de elongación flexible (primera tabla) y el porcentaje de elongación antes de romperse la probeta (segunda tabla).

Se hará especial énfasis en la elongación de rotura para el diseño de la máquina que se va a desarrollar. Esto es debido a que el recorrido de la mordaza superior deberá ser al menos la distancia que se vaya a alargar la probeta hasta la rotura. Por ello, dentro de los plásticos que se utilizaran en impresión 3D, tendremos en cuenta el de mayor elongación antes de rotura para diseñar la máquina en base a ese valor (valor más desfavorable).

Los datos de elongación flexible los tendremos en cuenta para cuando se realicen ensayos, poder comprobar que el material utilizado trabaja correctamente.

Elongación flexible de plásticos de impresión 3D

Polymer Name	Min Value (%)	Max Value (%)
ABS - Acrylonitrile Butadiene Styrene	1.70	6.00
ABS Flame Retardant	2.10	2.20
ABS High Heat	2.10	2.80
ABS/PC Blend - Acrylonitrile Butadiene Styrene/Polycarbonate Blend	3.00	5.00
ABS/PC Blend 20% Glass Fiber	1.90	2.20
ABS/PC Flame Retardant	70.0	4.00
ASA - Acrylonitrile Styrene Acrylate	3.10	3.50
ASA/PC Blend - Acrylonitrile Styrene Acrylate/Polycarbonate Blend	4.00	4.00
ASA/PC Flame Retardant	5.00	5.00
PC (Polycarbonate) 20-40% Glass Fiber	2.00	4.00
PC (Polycarbonate) 20-40% Glass Fiber Flame Retardant	2.00	4.00
PC - Polycarbonate, high heat	6.00	7.00
PC/PBT Blend - Polycarbonate/Polybutylene Terephthalate Blend	4.40	4.50
PC/PBT blend, Glass Filled	1.300	1.590
PEEK - Polyetheretherketone	5.00	5.00
PEEK 30% Carbon Fiber-reinforced	1.00	3.00
PEEK 30% Glass Fiber-reinforced	2.00	3.00
PET - Polyethylene Terephthalate	3.80	3.80
PET, 30% Glass Fiber-reinforced	2.00	7.00
PET, 30/35% Glass Fiber-reinforced, Impact Modified	6.00	6.00
PETG - Polyethylene Terephthalate Glycol	3.90	4.10
PP - Polypropylene 10-20% Glass Fiber	3.00	4.00
PP, 10-40% Mineral Filled	2.00	3.00

PP (Polypropylene) Copolymer	6.00	2.50
------------------------------	------	------

Figura 19. Tabla de elongación flexible en diferentes plásticos. Fuente: [9]

Elongación de rotura de plásticos de impresión 3D

Polymer Name	Min Value (%)	Max Value (%)
ABS - Acrylonitrile Butadiene Styrene	10.0	50.0
ABS Flame Retardant	2.0	80.0
ABS High Heat	2.0	100.0
ABS High Impact	2.0	100.0
ABS/PC Blend - Acrylonitrile Butadiene Styrene/Polycarbonate Blend	60.0	85.0
ABS/PC Blend 20% Glass Fiber	1.90	2.10
ABS/PC Flame Retardant	50.0	90.0
ASA - Acrylonitrile Styrene Acrylate	15.0	40.0
ASA/PC Blend - Acrylonitrile Styrene Acrylate/Polycarbonate Blend	25.0	50.0
ASA/PVC Blend - Acrylonitrile Styrene Acrylate/Polyvinyl Chloride Blend	40.00	70.00
PC (Polycarbonate) 20-40% Glass Fiber	2.00	4.00
PC (Polycarbonate) 20-40% Glass Fiber Flame Retardant	2.00	4.00
PC - Polycarbonate, high heat	50.00	120.00
PC/PBT Blend - Polycarbonate/Polybutylene Terephthalate Blend	4.00	175.00
PC/PBT blend, Glass Filled	2.00	4.00
PEEK - Polyetheretherketone	30.00	150.00
PEEK 30% Carbon Fiber-reinforced	1.00	3.00
PEEK 30% Glass Fiber-reinforced	2.00	3.00
PET - Polyethylene Terephthalate	30.00	70.00
PET, 30% Glass Fiber-reinforced	2.00	7.00

PET, 30/35% Glass Fiber-reinforced, Impact Modified	6.00	6.00
PETG - Polyethylene Terephthalate Glycol	50.00	50.00
PLA - Polylactide	5.00	7.00
PLA, High Heat Films	179.00	181.00
PLA, injection molding	2.00	3.00
PP - Polypropylene 10-20% Glass Fiber	3.00	4.00
PP, 10-40% Mineral Filled	30.00	50.00
PP, 10-40% Talc Filled	20.00	30.00
PP, 30-40% Glass Fiber-reinforced	2.00	3.00
PP (Polypropylene) Copolymer	200.00	500.00
PP (Polypropylene) Homopolymer	150.00	60.00
PP Homopolymer, Long Glass Fiber, 30% Filler by Weight	2.00	2.00
PP Homopolymer, Long Glass Fiber, 40% Filler by Weight	2.00	2.00
PP Homopolymer, Long Glass Fiber, 50% Filler by Weight	2.00	2.00
PP, Impact Modified	200.00	700.00

Figura 20. Elongación de rotura en diferentes plásticos. Fuente: [10]

Las impresoras 3D, por norma general tienen un rango de temperatura de impresión: (180 – 260) °C. y temperatura óptima de impresión: 238 °C.

En base a estos resultados, los dos únicos plásticos que no podrían entrar en nuestra máquina de ensayos de tracción serían el polipropileno con impacto modificado, puesto que tiene un valor máximo de rotura de un 700% y el polipropileno copolímero, puesto que tiene un valor máximo de 500%.

Probetas

Métodos de prueba de tracción para plásticos: ASTM D638 (SHIMADZU)

Las probetas SHIMADZU son una de las probetas más utilizadas en los ensayos de tracción para gomas y elastómeros.

Estas probetas tienen las siguientes características:

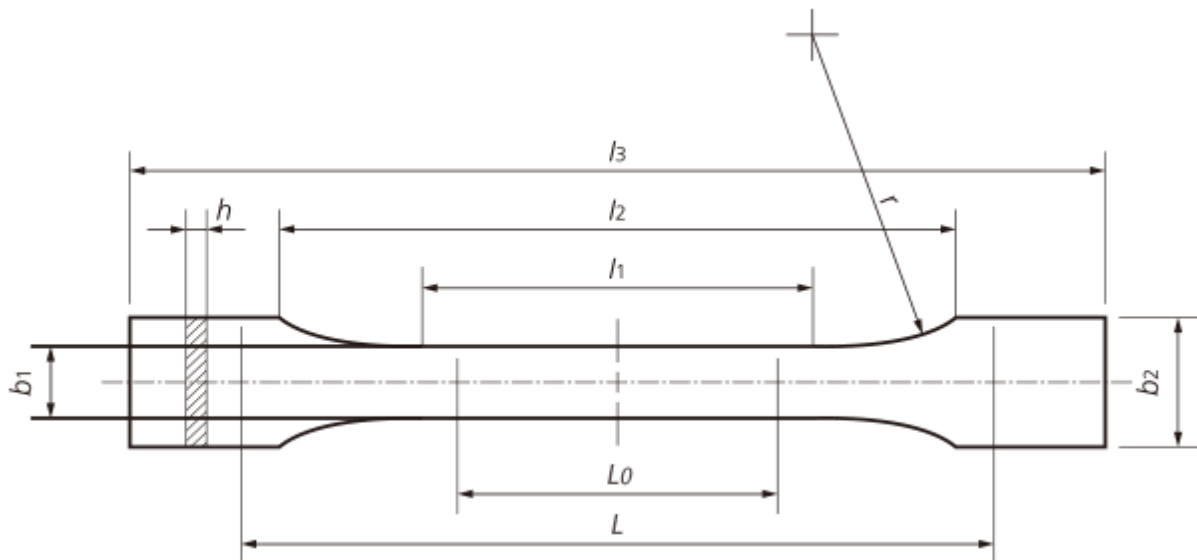


Figura 21. Medidas probeta. Fuente: [11]

Size	Type I	Type II	Type III	Type IV	Type V
Full length, l_3	165	185	165	115	
Parallel length, l_2	57	57	57	33	63.5
Gauge length, l_1	50	50	50	25	-
Parallel section width, $strong_1$	13	6	19	6	7.62
Thickness, h	7 mm or less (Recommend 3.2±0.4 mm)		7mm to 14mm	4mm or less	
Grip section width, $strong_2$	19	19	29	19	9.53
Distance between grips	115	135	115	65	25.4

Figura 22. Medidas probeta. Fuente: [11]

norma española

UNE-EN ISO 527-1

Noviembre 2012

TÍTULO

Plásticos

Determinación de las propiedades en tracción

Parte 1: Principios generales

(ISO 527-1:2012)

9.2 Dimensiones de las probetas

Se determinan las dimensiones de las probetas de acuerdo con la Norma ISO 16012 o con la Norma ISO 23529, según proceda.

Se registran los valores mínimos y máximos para la anchura y el espesor de cada probeta en el centro de la misma y a menos de 5 mm de cada extremo de la longitud de referencia, y se asegura que caen dentro de las tolerancias indicadas en la norma aplicable para el material dado. Se utilizan las medias de las anchuras y los espesores medidos para calcular la sección transversal de la probeta.

Para las probetas moldeadas por inyección, es suficiente determinar la anchura y el espesor a menos de 5 mm del centro de la probeta.

En el caso de probetas moldeadas por inyección, no es necesario medir las dimensiones de cada probeta. Es suficiente medir una probeta de cada lote para asegurarse que las dimensiones corresponden al tipo de probeta seleccionado (véase la parte correspondiente de la Norma ISO 527). Para moldes de cavidades múltiples, asegurarse que las dimensiones de las probetas no difieren en más del $\pm 0,25\%$ entre las cavidades.

En el caso de probetas troqueladas a partir de materiales en forma de hoja o de película, se permite asumir que la anchura media de la parte central paralela del material es equivalente a la anchura correspondiente de la probeta. La adopción de tal procedimiento debería basarse en mediciones comparativas realizadas en intervalos periódicos.

Para los fines de esta parte de la Norma ISO 527, las dimensiones de las probetas utilizadas para calcular las propiedades en tracción se miden exclusivamente a temperatura ambiente. Para las mediciones de propiedades a otras temperaturas, por tanto, no se tienen en cuenta los efectos de dilatación térmica.

Figura 23. UNE-EN ISO 527-1. Fuente: [12]

Elastómeros

Procedimientos generales de preparación y acondicionamiento de probetas para ensayos físicos

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico CTN 53 *Plásticos y caucho*, cuya secretaría desempeña ANAIP.



7 Preparación de probetas

7.1 Espesor de las probetas

El espesor de las probetas debe ser el especificado en el método de ensayo correspondiente. Sin embargo, se pueden especificar espesores de probetas que sean diferentes a los indicados en la tabla 2 cuando sea necesario mantener la superficie original de la muestra.

Tabla 2 – Espesores recomendados de las probetas

Espesor de la probeta mm	Tolerancia mm
1,0	$\pm 0,1$
2,0	$\pm 0,2$
4,0	$\pm 0,2$
6,3	$\pm 0,3$
12,5	$\pm 0,5$

Figura 24. UNE-ISO 23529. Fuente: [12]

norma española

UNE-EN ISO 527-2

Noviembre 2012

TÍTULO

Plásticos

Determinación de las propiedades en tracción

Parte 2: Condiciones de ensayo de plásticos para moldeo y extrusión

(ISO 527-2:2012)

11 INFORME DEL ENSAYO

El informe del ensayo debe incluir la siguiente información:

a) una referencia a esta parte de la Norma ISO 527, incluyendo el tipo de probeta y la velocidad del ensayo conforme a:

Ensayo de tracción

ISO 527-2/1A/50

Tipo de probeta (véase la figura 1 y la tabla 1)

Velocidad del ensayo, en milímetros por minuto

Para los puntos b) a q) del informe del ensayo, véase la Norma ISO 527-1:2012, 12 b) a q).

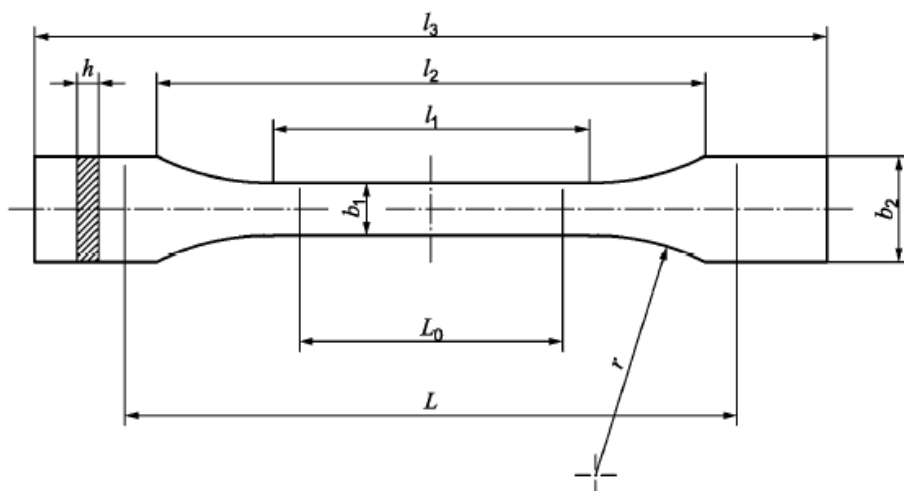


Figura 1 – Probetas tipo 1A y 1B

Tabla 1 – Medidas de las probetas tipo 1A y 1B

Medidas en milímetros

	Tipo de probetas	1A	1B
l_3	Longitud total ^a	170	≥ 150
l_1	Longitud de la parte estrecha de caras paralelas	80 ± 2	60,0 ± 0,5
r	radio	24 ± 1	60 ± 0,5
l_2	Distancia entre las partes anchas de caras paralelas ^b	109,3 ± 3,2	108 ± 1,6
b_2	Anchura en los extremos	20,0 ± 0,2	
b_1	Anchura de la parte estrecha	10,0 ± 0,2	
h	Espesor recomendado	4,0 ± 0,2	
L_0	Longitud de referencia (recomendada)	75,0 ± 0,5	50,0 ± 0,5
	Longitud de referencia (aceptable si se requiere para el control de calidad o cuando se especifique)	50,0 ± 0,5	
L	Distancia inicial entre las mordazas	115 ± 1	115 ± 1
<p>^a La longitud total recomendada de 170 mm para el tipo 1A concuerda con las Normas ISO 294-1 e ISO 10724-1. Para algunos materiales, puede ser necesario alargar la longitud de los extremos (por ejemplo $l_3 = 200$ mm) para evitar la rotura o el deslizamiento en las mordazas de la máquina de ensayo.</p> <p>^b $l_2 = l_1 + [4r(b_2 - b_1) - (b_2 - b_1)^2]^{1/2}$, que resulta de l_1, r, b_1 y b_2, pero dentro de las tolerancias indicadas.</p>			

PROBETAS PEQUEÑAS

Si, por cualquier razón, no fuera posible utilizar una probeta normalizada tipo 1, se pueden utilizar probetas de los tipos 1BA, 1BB (véase la figura A.1 y la tabla A.1), 5A o 5B (véase la figura A.2 y la tabla A.2) o aquellas especificadas en la Norma ISO 20753, siempre que la velocidad del ensayo se ajuste al valor dado en el apartado 5.1.2, tabla 1 de la Norma ISO 527-1:2012, que proporciona, para las probetas pequeñas, el índice de deformación nominal más próximo al utilizado en la probeta de dimensiones normalizadas. El índice de deformación nominal es la relación entre la velocidad del ensayo (véase 3.5 de la Norma ISO 527-1:2012) y la distancia inicial entre las mordazas. Cuando se requiere determinar el módulo, se recomienda que la velocidad de ensayo corresponda a un índice de deformación del $1\% \text{ min}^{-1}$. Puede ser difícil técnicamente medir el módulo sobre probetas pequeñas debido a las pequeñas longitudes de referencia y a los cortos tiempos de ensayo. Los resultados obtenidos con probetas pequeñas no son comparables a los obtenidos con probetas tipo 1.

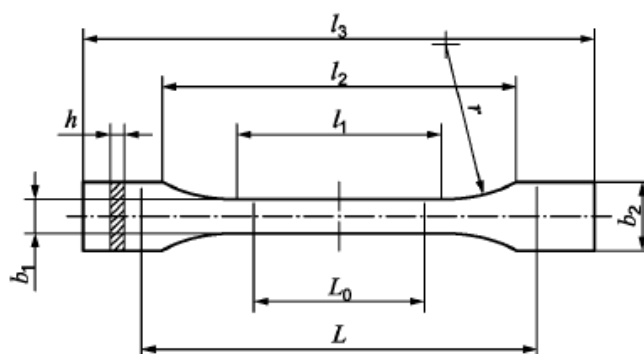


Figura A.1 – Probetas tipo 1BA y 1BB

Tabla A.1 – Medidas de las probetas tipo 1BA y 1BB

Medidas en milímetros

	Tipo de probetas	1BA	1BB
l_3	Longitud total	≥ 75	≥ 30
l_1	Longitud de la parte estrecha de caras paralelas	$30,0 \pm 0,5$	$12,0 \pm 0,5$
r	Radio	≥ 30	≥ 12
l_2	Distancia entre las partes anchas de caras paralelas	58 ± 2	23 ± 2
b_2	Anchura en los extremos	$10,0 \pm 0,5$	$4 \pm 0,2$
b_1	Anchura de la parte estrecha	$5,0 \pm 0,5$	$2,0 \pm 0,2$
h	Espesor	≥ 2	≥ 2
L_0	Longitud de referencia	$25,0 \pm 0,5$	$10,0 \pm 0,2$
L	Distancia inicial entre las mordazas	$l_2 \begin{smallmatrix} +2 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$l_2 \begin{smallmatrix} +1 \\ 0 \end{smallmatrix}$

NOTA Los tipos de probetas 1BA y 1BB son una reducción proporcional de las probetas tipo 1B con un factor de reducción del 1:2 y 1:5, respectivamente, con excepción del espesor.

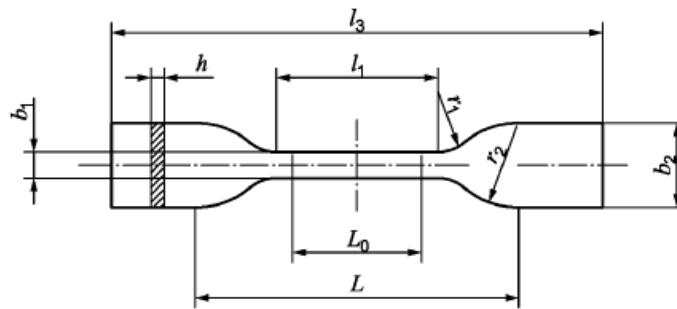


Figura A.2 – Probetas tipo 5A y 5B

Tabla A.2 – Medidas de las probetas tipo 5A y 5B

Medidas en milímetros

	Tipo de probetas	5A	5B
l_3	Longitud total	≥ 75	≥ 35
b_2	Anchura en los extremos	$12,5 \pm 1$	$6 \pm 0,5$
l_1	Longitud de la parte estrecha de caras paralelas	25 ± 1	$12 \pm 0,5$
b_1	Anchura de la parte estrecha	$4 \pm 0,1$	$2 \pm 0,1$
r_1	Radio pequeño	$8 \pm 0,5$	$3 \pm 0,1$
r_2	Radio grande	$12,5 \pm 1$	$3 \pm 0,1$
L	Distancia inicial entre las mordazas	50 ± 2	20 ± 2
L_0	Longitud de referencia	$20 \pm 0,5$	$10 \pm 0,2$
h	Espesor	$2 \pm 0,2$	$1 \pm 0,1$

NOTA Los tipos de probetas 5A y 5B son similares al tipo 5 de la Norma ISO 527-3 y representan, respectivamente, los tipos 2 y 4 de la Norma ISO 37.

Figura 25. UNE-EN ISO 527-2. Fuente: [12]

Plásticos

Determinación de las propiedades en tracción

Parte 3: Condiciones de ensayo para películas y hojas (ISO 527-3:2018)

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico CTN 53 *Plásticos y caucho*, cuya secretaría desempeña ANAIP.



6 Probetas

6.1 Forma y dimensiones

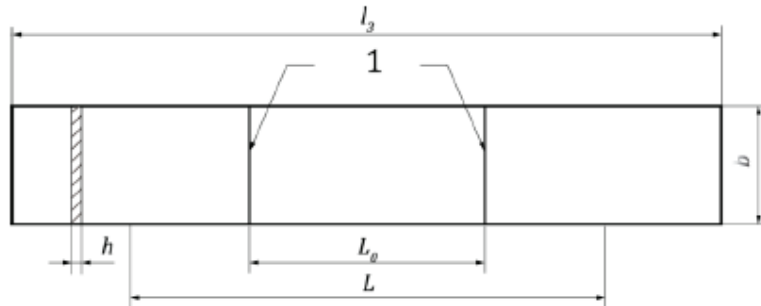
6.1.1 La forma de probeta recomendada para la determinación de las propiedades en tracción por este método es una banda de 10 mm a 25 mm de anchura y de, por lo menos, 150 mm de longitud (probeta del tipo 2 - véase figura 1), con dos marcas paralelas, a 50 mm una de la otra, en la parte central de la probeta.

El material de ciertos tipos de películas posee un gran alargamiento en el punto de rotura, que puede sobrepasar la capacidad de estiramiento del dinamómetro. En este caso, se permite la reducción de la distancia inicial entre mordazas a 50 mm.

6.1.2 Cuando la especificación del material a ensayar o los ensayos de control rutinarios lo exigen, se puede utilizar las probetas halterio de los tipos 5, 1B y 4, de la forma y las dimensiones dadas en las figuras 2, 3 y 4. Estas probetas se preparan fácilmente y permiten llevar a cabo ensayos rápidos de control de calidad.

Para el caso de películas y hojas de gran esfuerzo en el punto de rotura, se recomienda el uso de la probeta del tipo 5 (véase la figura 2). Para otros tipos de hojas termoplásticas flexibles, se recomienda el uso de la probeta tipo 4.

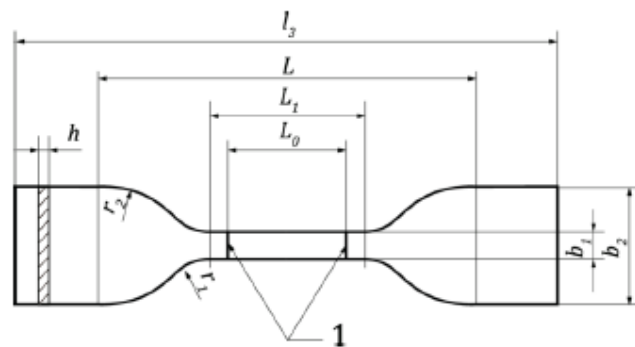
Para hojas rígidas, se recomienda el uso de la probeta tipo 1B (véase la figura 3).



Leyenda

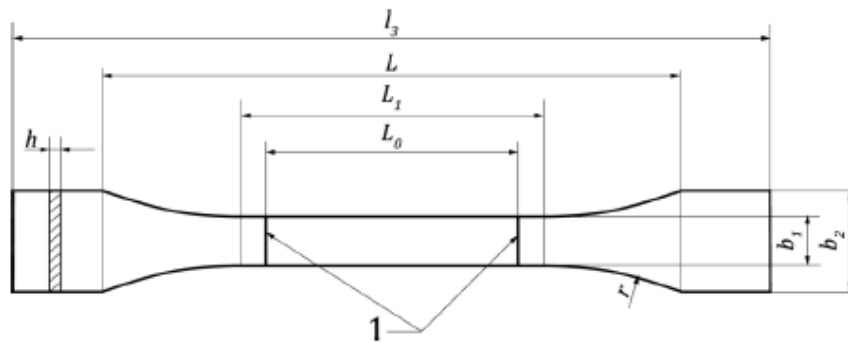
- 1 Marcas
- b* Anchura: 10 mm a 25 mm
- h* Espesor: ≤ 1 mm
- L_0 Distancia entre marcas: 50 mm \pm 0,5 mm
- L* Distancia inicial entre mordazas: 100 mm \pm 5 mm
- l_3 Longitud total: ≥ 150 mm

Figura 1 - Probeta tipo 2



Leyenda

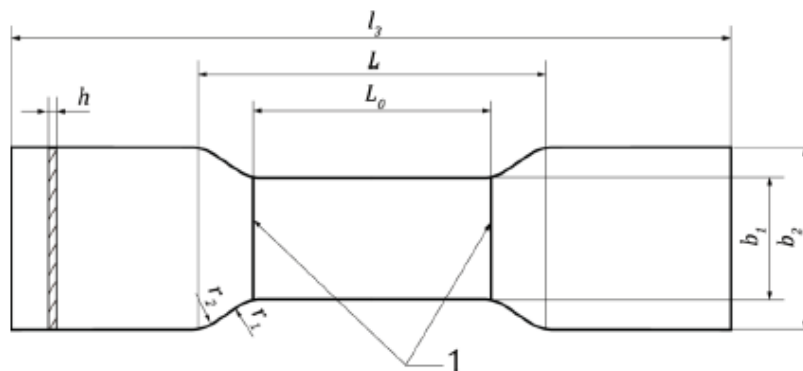
- 1 Marcas
- b_1 Anchura de la parte estrecha: 6 mm \pm 0,4 mm
- b_2 Anchura en los extremos: 25 mm \pm 1 mm
- h* Espesor: ≤ 1 mm
- L_0 Distancia entre marcas: 25 mm \pm 0,25 mm
- l_1 Longitud de la parte estrecha: 33 mm \pm 2 mm
- L* Distancia inicial entre mordazas: 80 mm \pm 5 mm
- l_3 Longitud total: ≥ 115 mm
- r_1 Radio menor: 14 mm \pm 1 mm
- r_2 Radio mayor: 25 mm \pm 2 mm



Leyenda

- 1 Marcas
- b_1 Anchura de la parte estrecha: $10 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$
- b_2 Anchura en los extremos: $20 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$
- h Espesor: $\leq 1 \text{ mm}$
- L_0 Distancia entre marcas: $50 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$
- l_1 Longitud de la parte estrecha: $60 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$
- L Distancia inicial entre mordazas: $115 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$
- l_3 Longitud total: $\geq 150 \text{ mm}$
- r Radio: $\geq 60 \text{ mm}$ (radio recomendado: $60,0 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$)

Figura 3 - Probeta tipo 1B



Leyenda

- 1 Marcas
- b_1 Anchura de la parte estrecha: $25,4 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$
- b_2 Anchura en los extremos: 38 mm
- h Espesor: $\leq 1 \text{ mm}$
- L_0 Distancia entre marcas: $50 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$
- L Distancia inicial entre mordazas: 98 mm
- l_3 Longitud total: $\geq 152 \text{ mm}$
- r_1 Radio menor: 22 mm
- r_2 Radio mayor: $25,4 \text{ mm}$

Figura 26. UNE-EN ISO 527-3. Fuente: [12]

norma española

UNE-EN ISO 527-4

Noviembre 1997

TÍTULO

Plásticos

Determinación de las propiedades en tracción

Parte 4: Condiciones de ensayo para plásticos compuestos isotrópicos y ortotrópicos reforzados con fibras

(ISO 527-4:1997)

6.1 Forma y dimensiones

Se especifican tres tipos de probetas para el uso con esta parte de la Norma ISO 527, tal como se detallan e ilustran en la fig. 3 (tipo 1B) y fig. 4 (tipos 2 y 3).

El tipo 1B se aplica para el ensayo de termoplásticos reforzados con fibras. Las probetas tipo 1B pueden también ser utilizadas para termoplásticos reforzados con fibras si rompen dentro de la longitud de referencia. El tipo 1B no debe ser utilizado en materiales multidireccionales reforzados con fibras continuas.

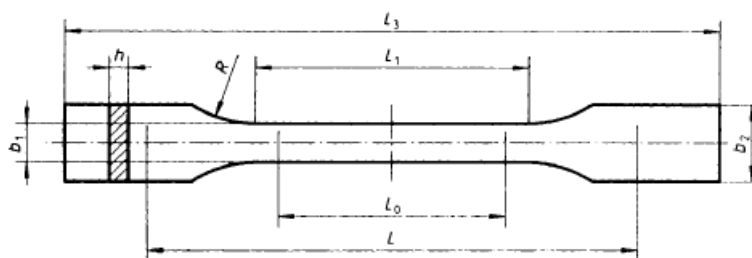
El tipo 2 (rectangulares sin talones) y el tipo 3 (rectangulares con talones pegados) son para el ensayo de termoplásticos y termoplásticos reforzados con fibras. Las probetas con talones no pegados se consideran del tipo 2.

La anchura recomendada de las probetas del tipo 2 y 3 es 25 mm, aunque pueden utilizarse anchuras de 50 mm o más si la resistencia a la tracción es baja, debido al tipo particular de refuerzo utilizado.

El espesor de las probetas tipo 2 y 3 debe estar comprendido entre 2 mm y 10 mm.

Para decidir el tipo de probetas a utilizar, tipo 2 o tipo 3, se realizan primero unos ensayos con la probeta tipo 2. Si no es posible realizar el ensayo o no es satisfactorio, es decir, si la probeta desliza o se rompe en las mordazas (véase la Norma ISO 527-1, apartado 5.1), se utilizan las probetas tipo 3.

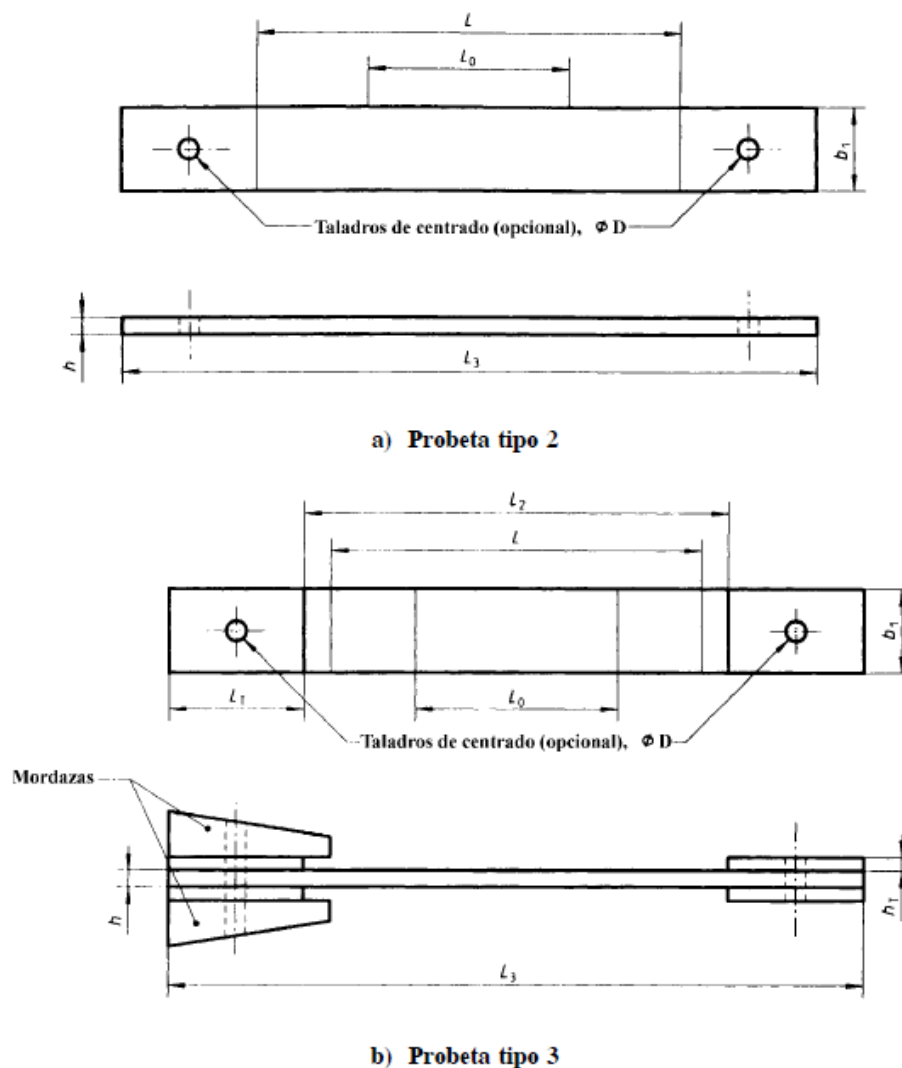
Para materiales moldeados por compresión, el espesor comprendido entre los extremos de cualquier tipo de probeta no debe presentar, en ningún punto, una desviación mayor del 2% respecto del valor medio.



Medidas en milímetros		
L_3	Longitud total	$\geq 150^{1)}$
L_1	Longitud de la parte estrecha con bordes paralelos	$60 \pm 0,5$
R	Radio	$\geq 60^{2)}$
b_2	Anchura en los extremos	$20 \pm 0,2$
b_1	Anchura en la parte estrecha	$10 \pm 0,2$
h	Espesor	2 a 10
L_0	Longitud de referencia (recomendada para extensómetros)	$50 \pm 0,5$
L	Distancia inicial entre las mordazas	115 ± 1

NOTA – Los requisitos de calidad y paralelismo de la probeta se dan en el capítulo 6.

- 1) Para algunos materiales, puede ser necesario incrementar la longitud de los talones (por ejemplo, de modo que $L_3 = 200$ mm), para impedir la rotura o el deslizamiento de la probeta en las mordazas.
- 2) Debería señalarse que un espesor de 4 mm da una probeta idéntica a la del tipo 1B especificada en las normas ISO 527-2 e ISO 3167:1993, Plásticos. Probetas de usos múltiples.



		Medidas en milímetros	
		Tipo 2	Tipo 3
L_3	Longitud total	≥ 250	≥ 250
L_2	Distancia entre talones	-	150 ± 1
b_1	Anchura	$25 \pm 0,5$ ó $50 \pm 0,5$	$25 \pm 0,5$ ó $50 \pm 0,5$
h	Espesor	2 a 10	2 a 10
L_0	Longitud de referencia (recomendada para extensómetros)	50 ± 1	50 ± 1
L	Distancia inicial entre las mordazas	150 ± 1	136 (nominal)
L_T	longitud de los talones	-	≥ 50
h_T	Espesor de los talones	-	1 a 3
D	Diámetro de los taladros de centrado	$3 \pm 0,25$	$3 \pm 0,25$

NOTA - Los requisitos de calidad y paralelismo de la probeta se dan en el capítulo 6.

Figura 27. UNE-EN ISO 527-4. Fuente: [12]

norma española

UNE-EN ISO 527-5

Abril 2010

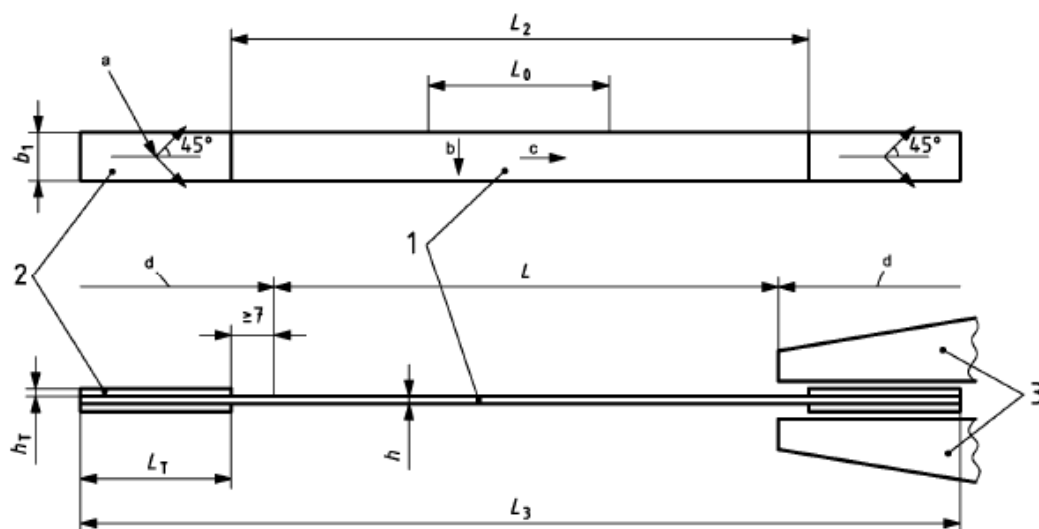
TÍTULO

Plásticos

Determinación de las propiedades en tracción

Parte 5: Condiciones de ensayo para plásticos compuestos unidireccionales reforzados con fibras

(ISO 527-5:2009)



Leyenda

- 1 probeta
- 2 talón
- 3 mordazas

- a orientación de las fibras del talón
- b dirección de la fibra en la probeta tipo B
- c dirección de la fibra en la probeta tipo A
- d zona comprendida en las mordazas

L_3	Longitud total
L_2	Distancia entre talones
b_1	Anchura
h	Espesor
L_0	Longitud de referencia (recomendada para extensómetros)
L	Distancia inicial entre las mordazas (nominal)
L_T	longitud de los talones
h_T	Espesor de los talones

Medidas en milímetros

Tipo A	Tipo B
250	250 (véase la nota 2)
150 ± 1	150 ± 1
$15 \pm 0,5$	$25 \pm 0,5$
$1 \pm 0,2$	$2 \pm 0,2$
50 ± 1	50 ± 1
136	136
> 50	> 50 (véase la nota 2)
$0,5 \text{ a } 2$	$0,5 \text{ a } 2$

NOTA 1 Los requisitos de calidad y paralelismo de la probeta se dan en el capítulo 6.

NOTA 2 Para las probetas obtenidas a partir de paneles fabricados por enrollamiento de hilo, según la Norma ISO 1268-5, se acepta una probeta con 200 mm de longitud total, con una longitud de talón de 25 mm.

Figura 28. UNE-EN ISO 527-5. Fuente: [12]

Estudio de mercado

Máquinas de ensayos universales

Instron SERIE 3400

- Capacidad de 500 N a 50 kN.
- Ensayos de tracción, compresión, flexión, pelado, punción, fricción y cizalladura.
- Compatibles con diferentes mordazas y fijaciones.



Figura 29. Instron SERIE 3400. Fuente: [13]

Instron SERIE 6800

- Capacidad de 500 N a 50 kN.
- Exactitud del 0,5 % hasta 1/1000 de la capacidad de la célula de carga



Figura 30. Instron SERIE 6800. Fuente: [14]

Máquina de prueba universal TENSILON RTF series

- Diferentes capacidades (tres tipos de máquinas).
- Precisión de salida nominal de hasta 1/500.



Figura 31. TENSILON RTF series. Fuente: [15]

Máquina de prueba universal MultiTest 0.5-i

- Capacidad 2.5 kN.
- Portátil, controlado con PC.



Figura 32. MultiTest 0.5i. Fuente: [16]

Pequeña máquina de ensayos (sin accesorios) Pasco - ME-8236

-Capacidad 0 - 7100 N.

-Portátil.

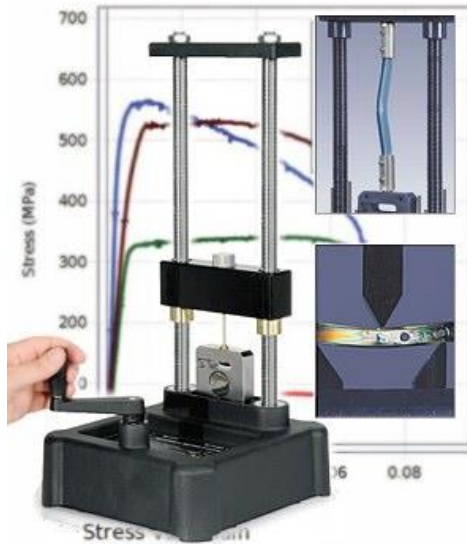


Figura 33. Máquina de ensayos de rotura. Fuente: [17]

Semi-automatic 500/1000kN testing machines for steel and concrete

-Capacidad para ensayos de tracción de hasta 500 kN en acero

-Capacidad para ensayos de compresión de hasta 1000 kN en hormigón



Figura 34. Semi-Automatic 500/1000 KN testing machine. Fuente: [18]

Impresoras

Anet A8

- Volumen de impresión de 220 x 220 x 240 mm.
- Precisión de 0,1 mm.
- Precio mínimo de 123 €.

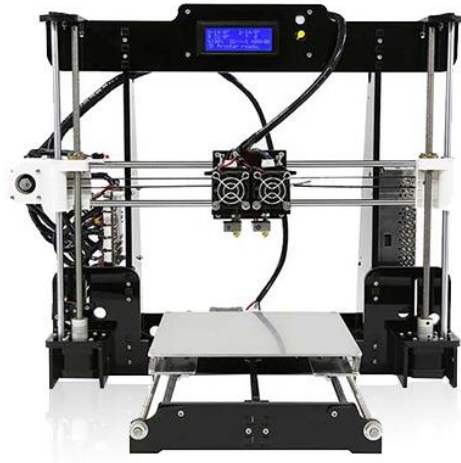


Figura 35. Anet A8. Fuente: [19]

Photon Zero, de Anycubic

- Volumen de impresión cerrado de 97 x 54 x 150 mm
- Resolución de capa de 10 micrones.
- Precio de \$169.



Figura 36. Photon Zero, Anycubic. Fuente: [20]

Da Vinci Mini w+, de XYZPrinting

- Volumen de impresión de 150 x 150 x 150 mm
- Resolución de capa de 100 micras.
- Precio de 269€.



Figura 37. Da Vinci Mini w+, XYZPrinting. Fuente: [21]

MP Select Mini V2, de Monoprice

- Volumen de impresión de 120 x 120 x 120 mm.
- Resolución de 100-300 micras.
- Por menos de \$ 200.



Figura 38. MP Select Mini V2, Monoprice. Fuente: [22]

Ender 3, de Creality

-Volumen de impresión de 220 x 220 x 250 mm

-Incluye boquillas de extrusión, un limpiador y un filamento de muestra.

-Precio \$ 229



Figura 39. Ender 3, Creality. Fuente: [23]

CR-10 V2, de Creality

-Volumen de impresión de 300 x 300 x 400 mm.

-La máquina puede imprimir con una variedad de materiales como ABS, PLA y madera.

-Precio \$ 499.

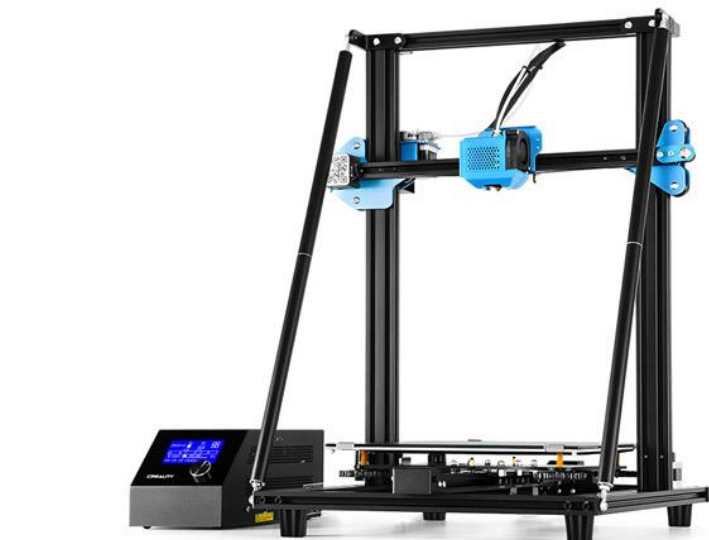


Figura 40. CR-10 V2, Creality. Fuente: [24]

Micro, de M3D

- Volumen de impresión limitado de 109 x 113 x 116 mm.
- Tiene un compartimento de filamento debajo de su placa de calentamiento para un carrete rápido y fácil.
- Precio \$ 300.



Figura 41. Micro, M3D. Fuente: [25]

Duplicator i3 V2.1, de Wanhao

- Volumen de impresión de 200 x 200 x 180 mm.
- Resolución de capa de 0,1.
- Precio de \$349.



Figura 42. Duplicator i3 V2.1, Wanhao. Fuente: [26]

Mordazas

Mordazas de tornillo Zwick/Roell

En las mordazas de tornillo la fuerza de agarre se aplica manualmente o mediante un motor eléctrico. Estas mordazas son utilizadas principalmente para cargas de prueba más pequeñas (de 20 N a 50 kN) y probetas más delgadas: alambres finos, fibras, películas...

Características:

- Muchas mordazas de tornillo ofrecen un ajuste libre de ambas mandíbulas, lo que permite probar muestras asimétricas.
- Dependiendo del tipo, estas mordazas tienen un cojinete axial en la unidad de agarre para mayores fuerzas de agarre.
- Muy fácil de operar.
- Grandes anchos de apertura para mayor flexibilidad de uso.
- Las mordazas de tornillo más comúnmente utilizadas tienen forma de U para buena accesibilidad.
- El principio de diseño simple permite que la versión estándar sea resistente a altas temperaturas.

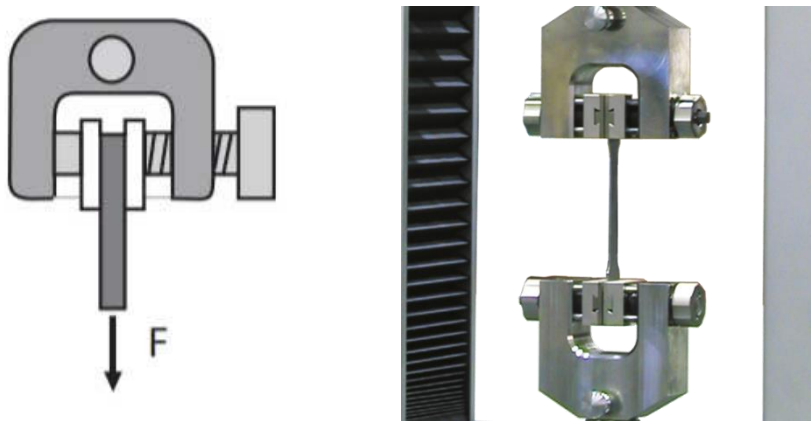


Figura 43. Mordazas de tornillo Zwick/Roell. Fuente: [27]

Mordazas de tornillo Instron

-Materiales de las muestras: plásticos, metales, textiles, papel, láminas finas, papel de aluminio, alambre, etc.

-Fuerza máxima 10 Kn.



Figura 44. Mordazas de tornillo Instron. Fuente: [28]

Mordazas neumáticas Instron

Las mordazas neumáticas son particularmente útiles cuando queremos sujetar una amplia variedad de materiales, especialmente materiales sensibles a la sujeción. La fuerza de agarre es generada por cilindros neumáticos actuando directamente en las mordazas o mediante una palanca.

Características:

- La separación de las fuerzas de tracción y cierre asegura una fuerza de agarre constante a lo largo de la secuencia de prueba.
- La fuerza de contacto sobre la muestra es reproducible.
- El sistema de estabilización de fuerza protege a la probeta de fuerzas indeseables durante el proceso de sujeción.
- Las muestras sensibles a la sujeción se pueden sujetar de forma segura ajustando la presión neumática, evitando roturas de mandíbula.
- La aplicación de carga de tracción puede ser estática o pulsante. Dependiendo del tipo de agarres, la compresión y las pruebas de carga alterna también son posibles.
- Las mordazas más grandes pueden permanecer en su lugar mientras las células de carga, pinzas para muestras, herramientas y dispositivos de prueba se adjuntan a ellos, lo que supone un gran ahorro de tiempo.



Figura 45. Mordazas neumáticas Instron. Fuente: [29]

Mordazas hidráulicas Zwick/Roell

Las mordazas hidráulicas se utilizan principalmente cuando se requieren cargas de prueba de 50 kN o más, con altas fuerzas de agarre asociadas ($F_{\text{máx}}$ de 10 kN a 2000 kN posible). La fuerza de contacto es exactamente reproducible.

Características:

- La aplicación de fuerza definida asegura un agarre optimizado de materiales sensibles.
- El sistema de estabilización de fuerza protege la muestra de manera confiable de fuerzas no deseadas durante el proceso de agarre.
- La versión estándar de las empuñaduras hidráulicas de 50 kN a 250 kN cuenta con un pistón excéntrico de carrera larga que permite un posicionamiento profundo de las superficies de agarre y un gran ancho de apertura (ancho de apertura máx. 78 mm).
- El sistema de ranuras en T permite montar pequeñas celdas de carga, mordazas para muestras, herramientas de prueba y dispositivos mediante ranuras en T incorporadas en la parte inferior del cuerpo de la mordaza.
- La relación entre las fuerzas de agarre y tracción se puede ajustar individualmente, asegurando que la muestra se sujete de forma segura (a la fuerza de tracción máxima se requiere aproximadamente el doble de fuerza de agarre).



Figura 46. Mordazas hidráulicas Zwick/Roell. Fuente: [30]

Mordazas de agarre en cuña Instron

Los agarres de cuña consisten en un cuerpo sólido con inserciones de mordazas intercambiables o mordazas fijas, más un control para abrir y cerrar los agarres. La zona de agarre es de libre acceso.

- La fuerza de agarre es proporcional a la fuerza de tracción (autoapriete).
- Las mordazas cierran simétricamente, es decir, siempre cierran en el eje de tracción.
- Buena resistencia a altas temperaturas y baja altura total hacen que estos agarres sean muy adecuados para su uso en cámaras de temperatura.



Figura 47. Mordazas de agarre en cuña Instron. Fuente: [31]

Mordazas tornillo-cuña Zwick/Roell

Las mordazas de tornillo de cuña combinan las propiedades mecánicas de las mordazas de tornillo y las mordazas de cuña. El ajuste del espesor y la generación de la fuerza de agarre inicial se realizan mediante la acción del tornillo, lo que elimina el deslizamiento de la muestra al comienzo de la prueba.

- La fuerza de agarre principal es generada por la acción de la cuña.
- La fuerza de agarre es proporcional a la fuerza de tracción real (autoapriete), lo que garantiza un agarre seguro de diferentes materiales.
- La gran separación de agarre a agarre permite que la presión de la superficie se mantenga baja, evitando roturas de mandíbula.



Figura 48. Mordazas tornillo-cuña Zwick/Roell. Fuente: [32]

Mordazas de pinza Zwick/Roell

Estos agarres se utilizan principalmente para probar plásticos y elastómeros altamente dúctiles. El principio de pinza produce un fuerte aumento de la fuerza de agarre durante la prueba.

Características:

- La fuerza de agarre es proporcional a la fuerza de tracción (autoapriete).
- La movilidad lateral de las pinzas permite que las muestras siempre se carguen en el centro del eje de prueba.
- El diseño garantiza una sujeción rápida y sencilla.

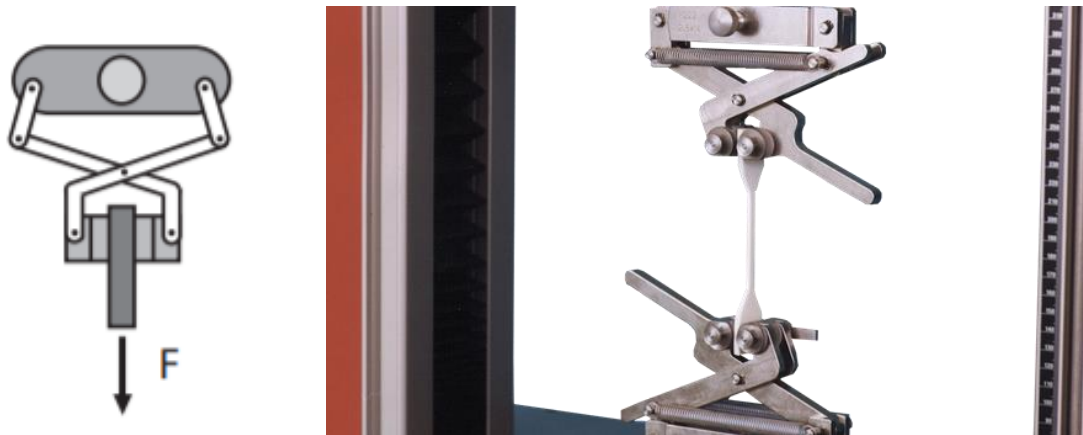


Figura 49. Mordazas de pinza Zwick/Roell. Fuente: [33]

Mordazas de palanca Zwick/Roell

Las mordazas de palanca se sujetan automáticamente debido a la acción de la palanca oscilante. La muestra se inserta levantando la palanca oscilante y puede pasarse alrededor de la palanca o sujetarse directamente según sea necesario.

Características:

- El diseño asegura un agarre rápido y fácil
- La baja altura total y el rango de temperatura hacen que las empuñaduras de palanca sean ideales para usar en cámaras de temperatura

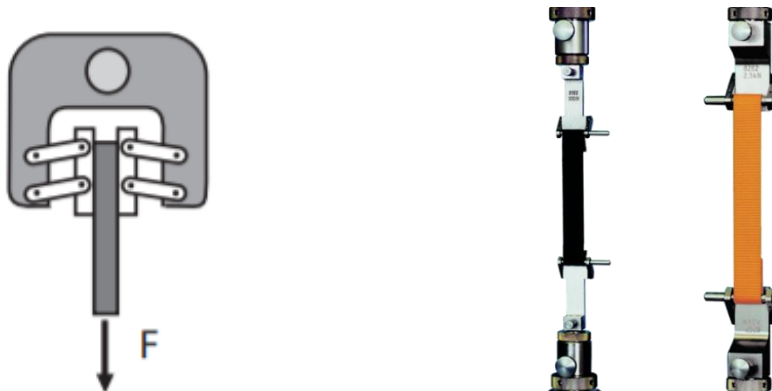





Figura 50. Mordaza de palanca Zwick/Roell. Fuente: [34]

Characteristics/Features		Specimen grips (Function principle)							
		Screw-	Spring loaded-	Pneumatic-	Hydraulic-	Wedge-	Wedge screw-	Pincer-	Toggle-
Size (max. test load)									
Smallest version [kN]		0.02	0.02	0.02	10	2.5	0.5	0.5	0.3
Largest version [kN]		50	0.05	100	2000	600	250	10	2.5
Temperature range									
Lower limit [°C]		-70	-15	-70	-70	-70	-40	-40	-15
Upper limit [°C]		+250	+80	+250	+250	+250	+250	+250	+80
Main range of application									
Plastics									
 Sheets, strips		✓	✓	✓	-	-	-	-	✓
Tapes		✓	-	✓	✓	-	-	-	-
Monofilament		-	-	✓	✓	✓	-	-	-
Strings, ropes		✓	-	✓	-	-	-	-	-
Dumbbells		✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	-
Metal									
 Foils		✓	-	✓	-	-	✓	✓	-
Sheets, thin sheets		✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	-
Wires, fine wires		✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
Strips		✓	-	✓	✓	✓	✓	-	-
Pipes		✓	-	✓	✓	✓	✓	-	-
Dumbbells		✓	-	✓	✓	✓	✓	-	-
Flat specimens		✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	-
Round specimens		✓	-	✓	✓	✓	✓	-	-
Profiles		-	-	-	✓	-	-	-	-
Textiles									
 Filaments, fine yards		✓	✓	-	-	-	-	-	-
Elastic yarns		-	✓	-	-	-	-	-	-
General yarn		✓	-	✓	-	-	-	-	-
Technical yarn		-	-	✓	-	-	-	-	-
Non-woven fabrics		✓	-	✓	✓	-	-	-	✓
General fabric		✓	-	✓	✓	-	-	-	-
Technical fabrics		-	-	✓	✓	-	-	-	-
Geo-fabrics		-	-	-	✓	-	-	-	-
String, ropes		-	-	✓	-	-	-	-	-
Cordage, conveyor belts		✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	-

Specimen grips for additional applications, including medical technology, are described in Section 3.3.

Figura 51. Catálogo Zwick/Roell. Fuente: [35]

En base a los datos aportados anteriormente, se decidió un diseño de mordaza de tornillo, puesto que este tipo de mordazas se suelen utilizar para cargas de prueba pequeñas (20 N a 50 Kn) y en probetas delgadas, que es justo la situación de este trabajo (unos 7 Kn). Además, este tipo de probetas se utilizan en todo tipo de plásticos.

Estos agarres son especialmente adecuados para pruebas con fuerzas muy bajas porque su peso es lo suficientemente bajo en relación con la fuerza nominal de la célula de carga adjunta como para no imponer restricciones en el rango de medición de fuerza de la célula de carga. La fuerza de agarre es generada por un resorte. La fuerza del resorte se puede preestablecer, lo que permite que los materiales sensibles a la sujeción se prueben siempre con la misma fuerza de sujeción.

Esquema fundamental y requisitos

Una vez realizado el marco teórico y el estudio de mercado, se expondrán los requisitos necesarios para llevar a cabo la máquina de ensayos para muestras de impresora 3D.

La máquina constará de un único bastidor de carga con un único soporte.

Como corredera se utilizará una viga en C, de longitudes necesarias en función de la elongación de rotura de los plásticos. Esta irá fijada en una plancha de aluminio que funcionará como base.

En la parte superior estará el motor que accionará el husillo, el cual moverá las mordazas.

La cabeza transversal que se moverá hacia arriba para realizar el movimiento de tracción irá unida a la plancha que mueve el husillo. En ella se acoplará una mordaza, similar a la de la parte inferior. La célula de carga irá acoplada entre la cabeza transversal y la mordaza superior.

En la parte inferior se desarrollará un soporte en el que se acoplará la mordaza fija.

Las mordazas utilizadas serán mordazas de tornillo simple, para conseguir un mejor apriete de la muestra, puesto que los aprietes con tornillo consiguen una fiabilidad mayor que los de corredera y no se contempla realizar un apriete hidráulico.

Todo ello irá cubierto por una carcasa.

Los requisitos fundamentales serán:

Carcasa:

- Sólida
- Con compuertas accesibles
- Estable
- Estética
- Minimalista
- Ventilación para el motor
- Tiene que permitir la visión de la prueba

Mordazas:

- Generar apriete necesario para aguantar la probeta
- Ocupar mínimo espacio necesario
- Fáciles de manejar
- Fácil incorporación de la probeta
- Unión sencilla con la viga en C

- De tornillo simple
- Elementos similares entre la superior y la inferior

Motor:

- Potencia suficiente para realizar las pruebas de tracción
- Asequible

Viga en C:

- Longitud mínima necesaria
- Capacidad de unión con diferentes elementos

Célula de carga:

- Dimensiones mínimas necesarias
- Capacidad de soportar la fuerza necesaria
- Fácil unión con la mordaza superior

Requisitos generales:

- Fácil de usar
- Dimensiones mínimas necesarias
- Fácil de transportar
- Mínimo peso necesario
- Fiable

Análisis de capacidades (DAFO)

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> -Únicamente se puede utilizar con plásticos. -Precio. -Dispositivo desconocido. 	<ul style="list-style-type: none"> -Existencia de máquinas de ensayos universales. -Relativamente fácil de fabricar, posible competencia. -Relativamente fácil de fabricar, posibilidad de fabricarlo manualmente.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> -Dispositivo novedoso para el campo de los plásticos. -Portátil. -Ligero. -Ocupa poco espacio. -Estética similar a las impresoras 3D portátiles. Complemento ideal de impresora 3D. 	<ul style="list-style-type: none"> -Impresoras 3D en auge. -Cada vez más emprendedores en el mundo de la impresión 3D. -Necesario para comprobar resistencia de plásticos en las empresas. -Cada vez más usuarios con impresoras 3D particulares.

Normativa

UNE-EN 622-1:2004

Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 1: Requisitos generales

UNE-EN 622-2:2004

Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 2: Especificaciones para los tableros de fibras duros.

UNE-EN 622-3:2005

Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 3: Especificaciones para los tableros de fibras semiduros.

UNE-EN 622-4:2010

Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 4: Requisitos para tableros de baja densidad.

UNE-EN 622-5:2010

Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 5: Requisitos de los tableros de fibras fabricados por proceso seco (MDF).

UNE-EN ISO 7823-1:2003

Plásticos. Hojas de poli(metacrilato de metilo). Tipos, dimensiones y características. Parte 1: Hojas coladas (ISO 7823- 1:2003)

UNE-EN ISO 7823-2:2003

Plásticos. Hojas de poli(metacrilato de metilo). Tipos, dimensiones y características. Parte 2: Hojas extruidas calandradas (ISO 7823- 2:2003)

UNE-EN ISO 7823-3:2008

Plásticos. Hojas de poli(metacrilato de metilo). Tipos, dimensiones y características. Parte 3: Hojas coladas continuas. (ISO 7823-3:2007)

UNE-EN ISO 527-1:2012

Plásticos. Determinación de las propiedades en tracción. Parte 1: Principios generales. (ISO 527-1:2012).

UNE-ISO 23529:2020

Elastómeros. Procedimientos generales de preparación y acondicionamiento de probetas para ensayos físicos.

UNE-EN ISO 16012:2016

Plásticos. Determinación de las dimensiones lineales de las probetas. (ISO 16012:2015).

UNE-EN 1114-1

Maquinaria para plásticos y caucho. Extrusoras y líneas de extrusión. Parte 1: Requisitos de seguridad para extrusoras

UNE-EN 50564

Aparatos eléctricos y electrónicos domésticos y de oficina.

Medición del consumo de baja potencia

UNE-EN 60204-1

Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas.

Parte 1: Requisitos generales

UNE-EN ISO 12100

Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño.

Evaluación del riesgo y reducción del riesgo

UNE-EN ISO 13849-2

Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 2: Validación

UNE 36401:1981

ENSAYOS DE TRACCION A TEMPERATURA AMBIENTE DE PRODUCTOS DE ACERO

Patentes

CN110108578A

Shearing test device and system based on universal testing machinePatent

CN209296452U

Crack resistance test machine tool for plastering mortar crack resistance and flexibility testPatent

WO2005040765A2

MULTIAXIAL UNIVERSAL TESTING MACHINEAvailable inPatent

CN100545627C

Hydraulic universal test machine for actively loading at two ends of test piece

Componentes

-Viga en C:

La viga “C-Beam Linear Rail” es la solución definitiva que combina movimiento lineal y un sistema estructural modular. Es liviano pero rígido y proporciona una pista ultrasuave para un movimiento preciso.

Al igual que con la madera, se puede cortar la viga en C con una sierra de corte (con una hoja de metal) o incluso con una sierra para metales. A partir de ahí, simplemente se usa un destornillador para hacer las conexiones.

Se encuentran tres dimensiones de viga en C: 250mm, 500mm y 1000mm.

En función de las necesidades requeridas se escogerá la viga de 500mm.

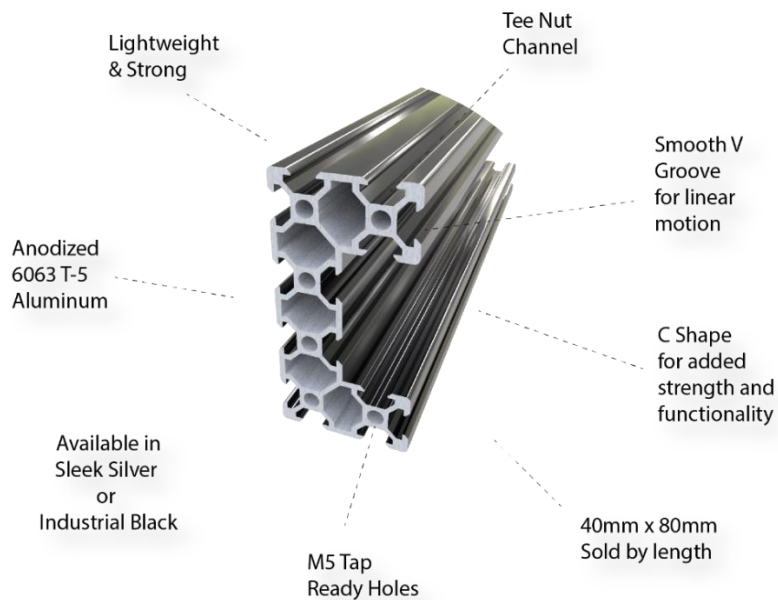


Figura 52. Perfil Viga en C. Fuente: [36]



Figura 53. Viga en C. Fuente: [36]

-Motor NEMA 23:

Se ha escogido finalmente el “NEMA 23 Stepper Motor - High Torque Series”. Este motor paso a paso NEMA 23 de Openbuilds personalizado con alto par proporciona más poder de sujeción y fuerza para poder ejercer un par superior. Para seleccionar este motor, fue necesario realizar una serie de cálculos para conocer la fuerza necesaria que imprimirá sobre el sistema.

Características del producto:

-Conector Xtension Plug and Play para una instalación fácil y rápida.

-Sección de eje plano para un mejor par.

Que está incluido:

-(1) Motor paso a paso NEMA 23 - Serie de alto par.

-(1) Cable de 7 pies (2,13 m) Cable de 4 conductores.

-(1) Conector Xtension (4 pines) macho.

-(1) Conector Xtension (4 pines) hembra.

Especificaciones del producto:

-2 Fase.

-Tamaño del eje: 1/4 ".

-Par de torsión: 345 oz * pulg.

-Ángulo de paso: 1.8.

-Bipolar de 4 hilos.

-24-48VDC (recomendado).

-RoHS compliant.

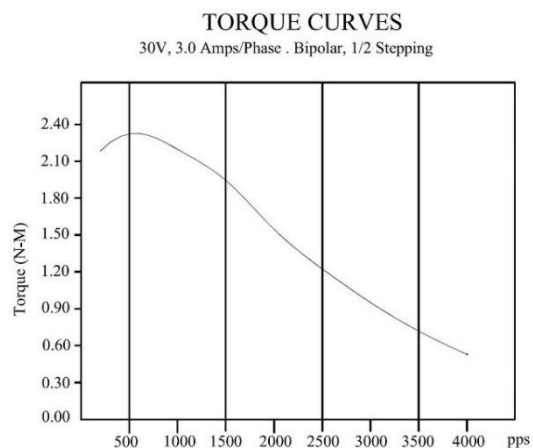
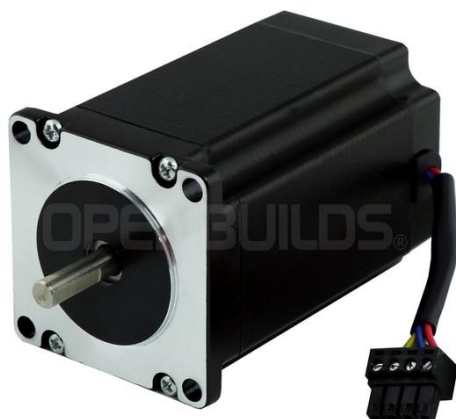


Figura 54. Motor NEMA 23. Fuente: [37]

-Elección del motor:

Dentro de los motores NEMA, se encontraron tres opciones: NEMA 17, NEMA 23 o NEMA 23 High Torque.

NEMA 17 Stepper Motor



Figura 55. Motor NEMA 17.
Fuente: [38]

Product Specifications

- Shaft Size: 5mm
- Torque: 76 oz*in
- Step Angle: 1.8
- Peak Current is 1.68A/phase
- M3 Mounting Holes
- 4 Wire Bi-Polar
- 12-24VDC (Recommended)
- RoHS Compliant

NEMA 23 Stepper Motor



Figura 56. Motor NEMA 23.
Fuente: [39]

Product Specifications

- Shaft Size: 1/4"
- Torque: 175 oz*in
- Step Angle: 1.8
- Peak Current is 2.8A/phase
- 4 Wire Bi-Polar
- 12-48VDC (Recommended)
- RoHS Compliant

NEMA 23 Stepper Motor - High Torque Series



Figura 57. Motor NEMA 23.
Fuente: [40]

Product Specifications

- 2 Phase
- Shaft Size: 1/4"
- Torque: 345 oz*in
- Step Angle: 1.8
- 4 Wire Bi-Polar
- 24-48VDC (Recommended)
- RoHS Compliant

Una vez sabidas sus características, se procedió a realizar el siguiente cálculo para conocer la fuerza lineal que imprimiría el motor:

Motores:

-NEMA 17

Torque 76 oz*in = 0.536 Nm = 536 Nmm

-NEMA 23

Torque 175 oz*in = 1.23 Nm = 1230 Nmm

-NEMA 23 (High Torque Series)

Torque 345 oz*in = 2.43 Nm = 2430 Nmm

Husillo:

Diámetro = 8 mm

Radio = 4 mm

Paso = 2 mm

Par = $F \text{ tang} \times D / 2$

$F \text{ tang} \times 2 \times \pi \times R = F \times \text{paso}$

-NEMA 17

$F \text{ tang} = \text{Par} / (D/2) = 536 / (8/2) = 134 \text{ N}$

$F = (F \text{ tang} \times 2 \times \pi \times R) / \text{paso} = 1683 \text{ N}$

F=1683 N

-NEMA 23

$F \text{ tang} = \text{Par} / (D/2) = 1230 / (8/2) = 307 \text{ N}$

$F = (F \text{ tang} \times 2 \times \pi \times R) / \text{paso} = 3864.1 \text{ N}$

F=3864.1 N

-NEMA 23 (High Torque Series)

$F \text{ tang} = \text{Par} / (D/2) = 2430 / (8/2) = 607.5 \text{ N}$

$F = (F \text{ tang} \times 2 \times \pi \times R) / \text{paso} = 7634.1 \text{ N}$

F=7634.1 N

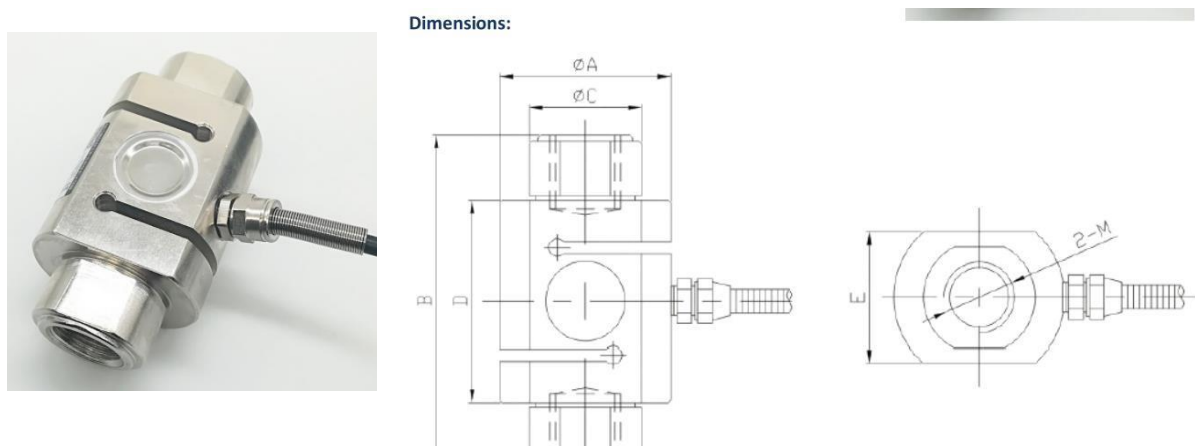
Como se necesitará una fuerza máxima de 5000 N para los ensayos, el único motor que cumple es el NEMA 23 (High Torque Series).

-Célula de carga:

Se escogió entre cuatro células de carga en función de sus características:

Opción A) DYLY-101, Sensor de tensión y compresión a gran escala 2T, 3T, 5 toneladas

El dispositivo está hecho de acero de aleación, soldado herméticamente/sellado por adhesivo en el interior, a prueba de aceite, impermeable y anti-corrosion. Producto antiexplosivo, se puede utilizar en ambientes y áreas peligrosas.



Capacity & measurement:

Capacity	Φ A	B	Φ C	D	E	M
0.2-0.7t	44	88	28	56	26	M16×1.5
1-5t	58	112	38	68	44	M24×3
10t	84	160	60	103	58	M36×4
20t	88	156	68.5	108	76	M36×4

Technical Parameters:

Parameter	Unit	Technical Specifications	Parameter	Unit	Technical Specifications
Sensitivity	mV/V	2.0±0.05	Temperature coefficient of sensitivity	≤%F-S/10°C	±0.05
Nonlinear	≤%F-S	±0.05	Operating temperature range	°C	-20°C~+80°C
Hysteresis	≤%F-S	±0.05	Input resistance	Ω	350±20Ω
Repeatability	≤%F-S	±0.03	Output Resistance	3	350±5Ω
Creep	≤%F-S/3min	±0.05	Safe Overload	≤%F-S	150% F-S
Zero output	≤%F-S	±1	Insulation resistance	MΩ	≥5000MΩ(500VDC)
Zero temperature coefficient	≤%F-S/10°C	±0.05	Excitation voltage	V	10V-15V

Figura 58. Célula de carga DYLY-101. Fuente: [41]

Esta célula en cuanto a características cumpliría los requisitos, pero tiene una longitud vertical de 112 mm, lo cual la convierte en un dispositivo un poco extenso.

Opción B) Célula de carga industrial SC219 1 tonelada 100 toneladas



Modelo: SC219

Carga nominal: 2-5T, 10-25T, 50T, 90.8T, 200T, 300T

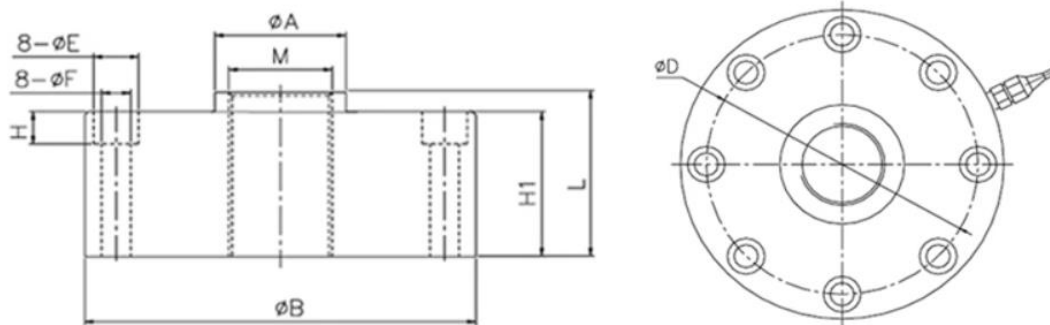
Precisión: C1 (0.05%) / C2 (0.03%)

Material: aleación de acero

Aplicación: sistema de pesaje de tanque / silo / mezclador, básculas de plataforma electrónicas, básculas de tolva, etc.

Características principales: Estructura de acero de aleación IP67 sellada con láser; Fuelle sellado herméticamente por láser, niquelado, Impermeable y anticorrosión

DIMENSION (MM)



Capacity	ØA	M	L	H1	B	D	E	F	H	
5-10klb	2-5t	34	M16X1.5	46	32	105	88.9	10.5	7.5	9.2
25-50klb	10-25t	41	M32X1.5	53	47	122	101.7	14	9	10.5
100klb	50t	51	M40X1.5	57.6	51	143	117	17	10.5	16
200klb	100t	76	M64X3	83	70	200	162.6	20	13	18
440.5klb	200t	120	M90X3	125	120	306	264	32	22	26
660.8klb	300t	150	M120X3	185	180	350	296	38	26	32

Figura 59. Célula de carga SC219. Fuente: [42]

Esta célula podría ser una buena opción para una máquina de ensayos vertical. La de este trabajo, al ser horizontal, necesita que no tenga unas dimensiones en vertical muy grandes, y esta célula tiene un diámetro de 88.9 mm. Por tanto, esta opción tampoco es válida.

Opción C) Célula de carga de vigas en S 101AH

Material: aleación de acero

Capacidades nominales: 1 kg, 2 kg, 3 kg, 5 kg, 10 kg, 20 kg, 30 kg

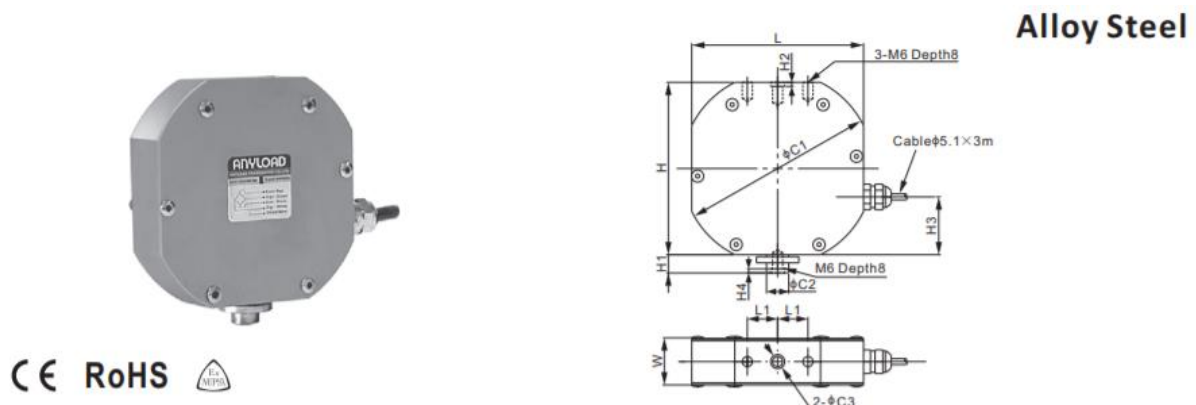
Salida de escala completa: $2 \text{ mV} / \text{V} \pm 10\%$

Sobrecarga segura: 150%

Sobrecarga de ruptura: 300%

Clasificación IP: IP65

Certificación CE, RoHS y Ex



DIMENSIONS

RATED CAPACITY	C1	C2	C3	H	H1	H2	H3	H4	L	L1	W
kg/mm											
1-30	95.0	11.0	7.0	85.0	9.0	2.0	28.5	2.0	85.0	15.0	24.0
lb/inches (conversion of above dimensions)											
2.20-66.14	3.74	0.43	0.28	3.35	0.35	0.08	1.12	0.08	3.35	0.59	0.94

SPECIFICATIONS			
Full Scale Output	2.0 mV/V \pm 10%	Recommended Excitation	10V (15V Maximum)
Zero Balance	\pm 0.02 mV/V	Insulation Resistance	>2 [50V DC] G Ω
Non-linearity	< \pm 0.017%	Compensated Temperature Range	-10°C to 50°C / 14°F to 122°F
Repeatability	< \pm 0.017%	Safe Overload	150% of full scale
Hysteresis Error	< \pm 0.017%	Breaking Overload	300% of full scale
Creep in 30 min.	< \pm 0.023%	Seal Type / IP Rating	Environmentally Sealed / IP65
Input Resistance	400 Ω \pm 20	Cable Color Code	Exc+ Red Exc- Black
Output Resistance	350 Ω \pm 3		Sig+ Green Sig- White
Element Material	Alloy Steel, Nickel Plated		
			Shield Bare

Figura 60. Célula de carga 101 AH. Fuente: [43]

Esta célula en cuanto a medidas no cumpliría puesto que tiene un diámetro de 85 mm y además no aguanta mas de 30 kg, por lo tanto, queda totalmente descartada.

Opción D) Célula de carga de vigas en S 101BH

Material: aleación de acero

Capacidades nominales: 50 kg, 100 kg, 200 kg, 300 kg, 500 kg, 1t, SE2t, 2t, 3t, 5t, 10t

Salida de escala completa: $2 \text{ mV} / \text{V} \pm 1\%$

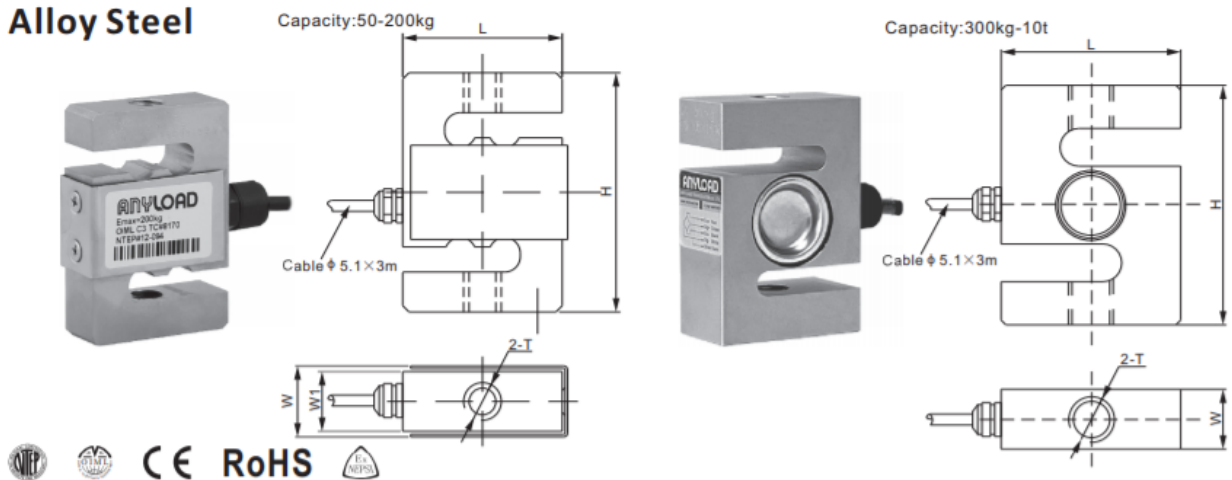
Sobrecarga segura: 150%

Sobrecarga de ruptura: 300%

Clasificación IP: IP67

Certificación CE, RoHS y Ex

Alloy Steel



DIMENSIONS

RATED CAPACITY	H	L	W	W1	T
kg/mm					
50-200	76.2	50.8	22.6	19.0	M12X1.75
300-1,500; SE2,000	76.2	50.8	28.2	-	M12X1.75
2,000-5,000	108.0	76.2	25.4	-	M18X1.50
10,000	177.8	125.0	50.8	-	M30X2.00
lb/inches (conversion of above dimensions)					
110.23-440.92	3.00	2.00	0.89	0.75	M12X1.75
661.39-3,306.9; SE4,409.2	3.00	2.00	1.11	-	M12X1.75
4,409.2-11,023.1	4.25	3.00	1.00	-	M18X1.50
22,046.2	7.00	4.92	2.00	-	M30X2.00

SPECIFICATIONS			
Full Scale Output	2.0 mV/V \pm 1%	Recommended Excitation	10V (15V Maximum)
Zero Balance	\pm 0.02 mV/V	Insulation Resistance	>2 [50V DC] G Ω
Non-linearity	< \pm 0.017%	Compensated Temperature Range	-10°C to 50°C / 14°F to 122°F
Repeatability	< \pm 0.017%	Safe Overload	150% of full scale
Hysteresis Error	< \pm 0.017%	Breaking Overload	300% of full scale
Creep in 30 min.	< \pm 0.023%	Seal Type / IP Rating	Cap. \leq 200kg: Environmentally Sealed / IP66 Cap. \geq 300kg: Environmentally Sealed / IP67
Input Resistance	400 Ω \pm 25	Cable Color Code	Exc+ Red Exc- Black
Output Resistance	350 Ω \pm 3		Sig+ Green Sig- White Shield Bare
Element Material	Alloy Steel, Nickel Plated		

Figura 61. Célula de carga 101 BH. Fuente: [44]

Finalmente se optó por esta célula, puesto que es la que tiene las menores dimensiones y además soporta 1500 kg. La dimensión de horizontal será 76.2 mm y en vertical 28.2 mm.

-Husillo:

Como primera opción, se contempló el husillo “8mm Metric Acme Lead Screw” que será accionado por el motor NEMA 23.

Estos tornillos de avance métrico trapezoidales de precisión de 8 mm son una combinación perfecta de alto par y velocidad. La longitud se tendría que escoger entre 540 y 1040 mm.

Características del producto:

- El gran diámetro ayuda a eliminar los batidos.
- Tono alto que proporciona una traducción rápida de 8 mm para cada revolución.
- Funciona mejor con los bloques de tuercas y los bloques de tuercas antiretroceso.

Especificaciones del producto:

- Tr8 * 8-2p (4 arranques).
- Paso: 2 mm.
- Acero inoxidable.
- Color plata.
- Diámetro del tornillo de avance: 7,8 ~ (mm) .

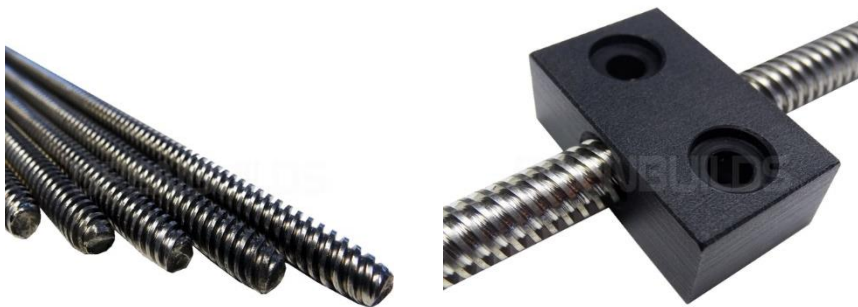


Figura 62. Husillo “Acme Lead Screw”. Fuente: [45]



Figura 63. Husillo “Acme Lead Screw”. Fuente: [45]

-Placa base:

Se utiliza la placa base de aluminio "Aluminum 6061-T6 1/8"". Las láminas de aluminio proporcionan una excelente relación resistencia/peso, así como resistencia a la corrosión.

Cuando un proyecto requiere resistencia, estas láminas de aluminio son perfectas para el trabajo.

Vienen con una película de capa transparente de alta resistencia en ambos lados que protegen las superficies de los arañazos.

Características:

- Espesor de 1/8 "para crear piezas duraderas y funcionales.
- Perfecto para corte y grabado con enrutador CNC.
- Ligero y rígido.
- Cubierta protectora de plástico en ambos lados para evitar rayones durante el mecanizado.

Que está incluido:

- (1) Aluminio 6061-T6 30 "x 30" x 1/8 "

Especificaciones del producto:

- Tamaño 30 "x 30".
- Espesor: 1/8 ".
- Material: Aluminio.
- Aleación: 6061-T6.



Figura 64. Placa base de aluminio. Fuente: [46]

Bocetos

BOCETOS INICIALES

A continuación se contemplan las primeras ideas y conceptos que se desarrollaron. Se observa el conjunto de ideas de mordazas y esquemas de máquina de ensayos portátil. Estos esquemas son puramente mecánicos, puesto que no se inició todavía la labor del desarrollo de la carcasa.

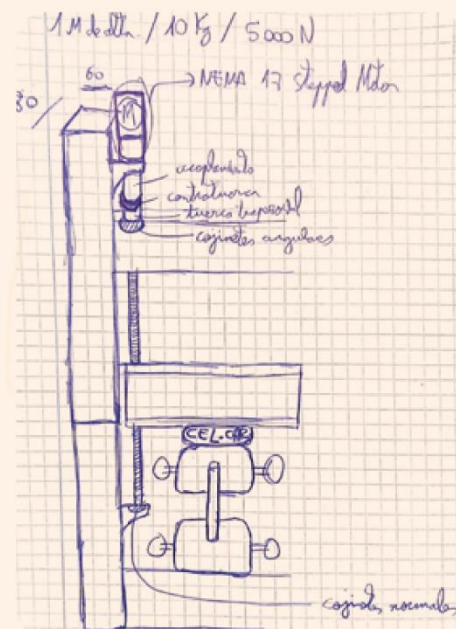
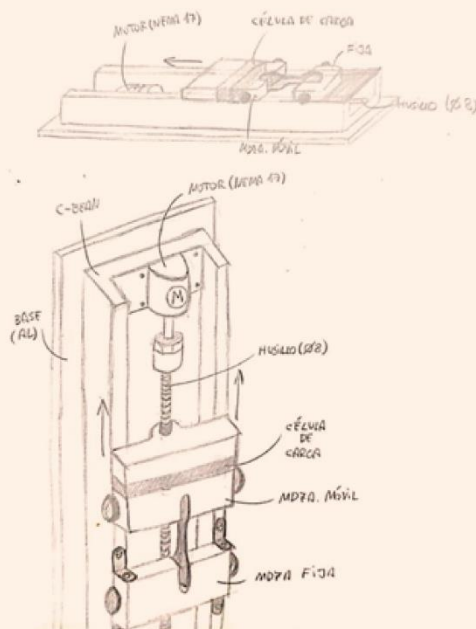
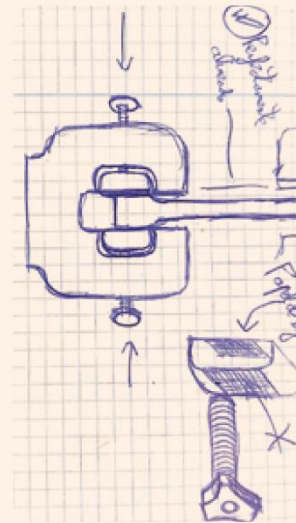
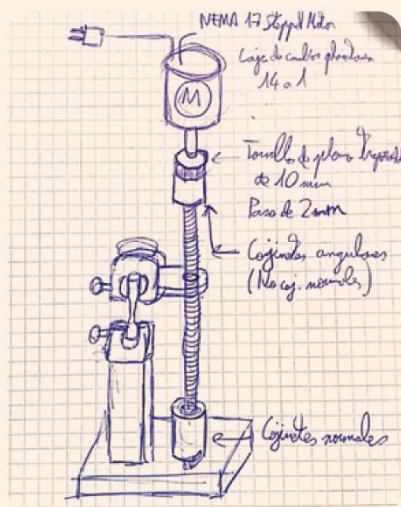


Figura 65. Bocetos Iniciales. Fuente: Elaboración propia

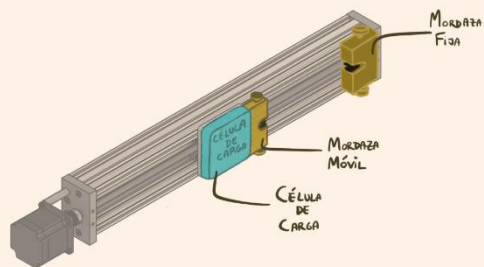
BOCETOS CARCASA

Se observan a continuación las diferentes propuestas.

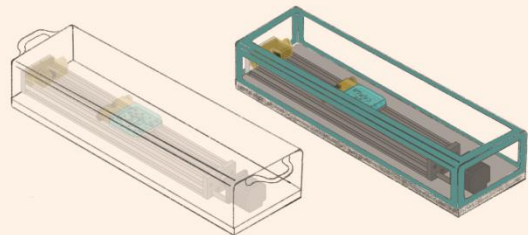
Se parte de la base del mecanismo compuesto por una viga en C, un motor Nema 23, una célula de carga y dos mordazas.

En un principio se bocetaron primeras soluciones más sencillas. A partir de ellas, se consiguió llegar a las tres propuestas finales.

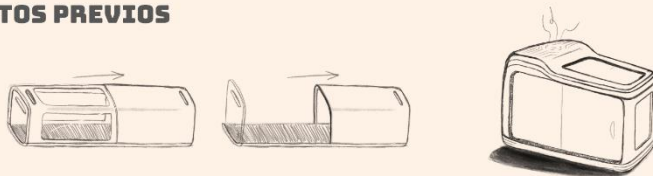
ESQUEMA INICIAL



BOCETOS INICIALES



BOCETOS PREVIOS



PROPUESTA 1



PROPUESTA 2



PROPUESTA 3

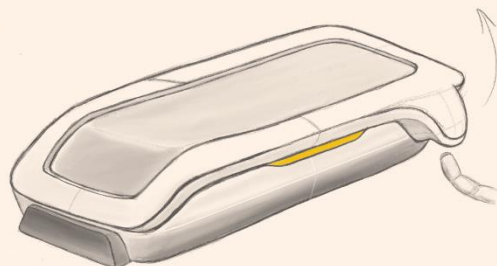
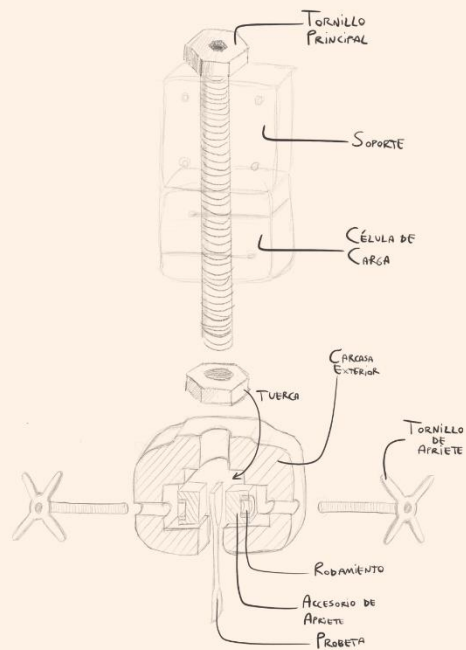


Figura 66. Bocetos carcasa. Fuente: Elaboración propia

BOCETOS MORDAZA SUPERIOR

Se puede observar a continuación la propuesta de diseño de la mordaza superior. Se ha optado por un diseño de mordaza de tornillo, con un tornillo de apriete simple, al cual va acoplado el accesorio de apriete con un rodamiento. Esta mordaza irá unida al conjunto mediante un tornillo principal, el cual conectará a la mordaza con la célula de carga y con el soporte, que va unido a la viga en C.

DESPIECE



ESQUEMA MONTAJE

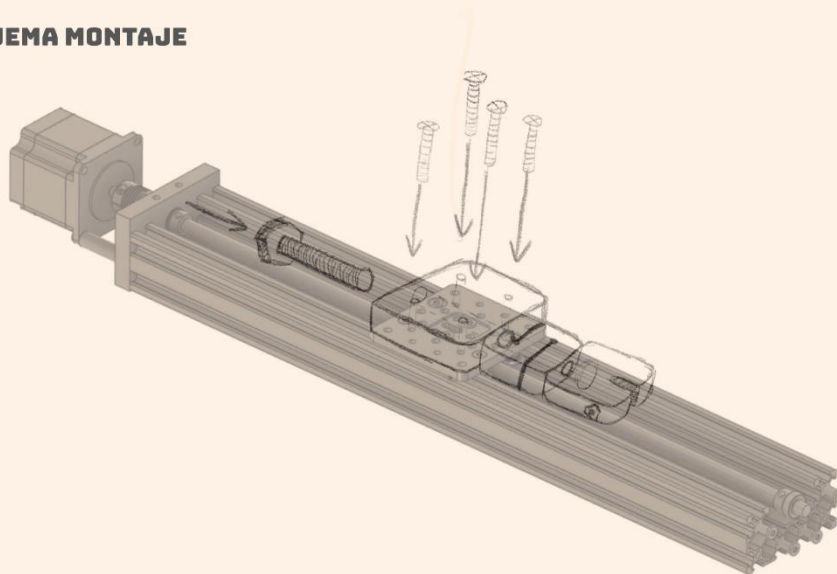


Figura 67. Bocetos mordaza superior. Fuente: Elaboración propia.

BOCETOS MORDAZA INFERIOR

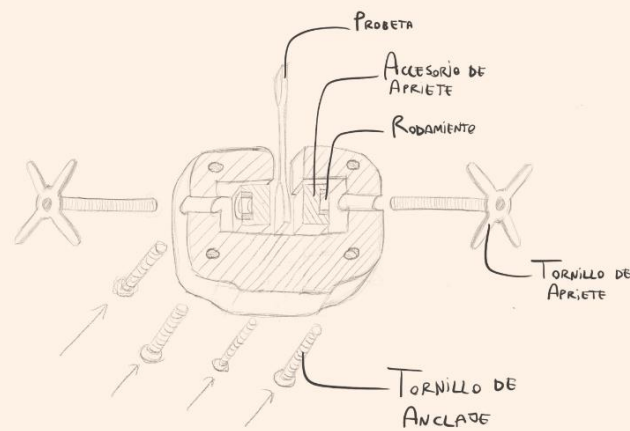
Se contemplan las diferentes propuestas de las mordazas inferiores.

Se ha optado por un diseño de mordaza de tornillo similar a la mordaza superior. La única diferencia es la manera de anclaje a la viga en C, que en este caso, se opta por 4 tornillos que van anclados al soporte de la viga.

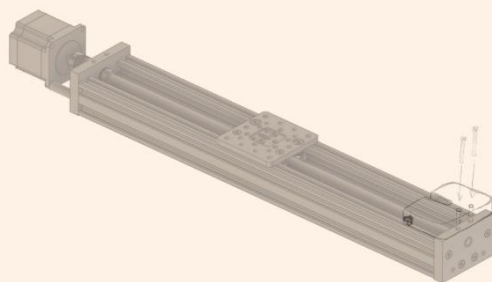
Se presentan dos propuestas de union a la viga en C:

- La propuesta 1, consiste en unir directamente la mordaza a la pieza final de la viga en C con dos tornillos.
- La propuesta 2, consiste en unir la mordaza a una pieza doblada a 90 grados que se acopla a la viga en C mediante tornillos, y además se introducirá en las guías de la viga en C.

DESPIECE



ESQUEMA MONTAJE PROPUESTA 1



ESQUEMA MONTAJE PROPUESTA 2

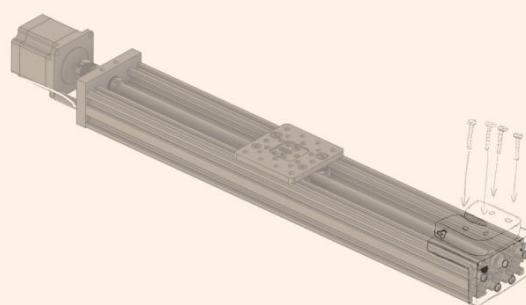


Figura 68. Bocetos mordaza inferior. Fuente: Elaboración propia

Solución final

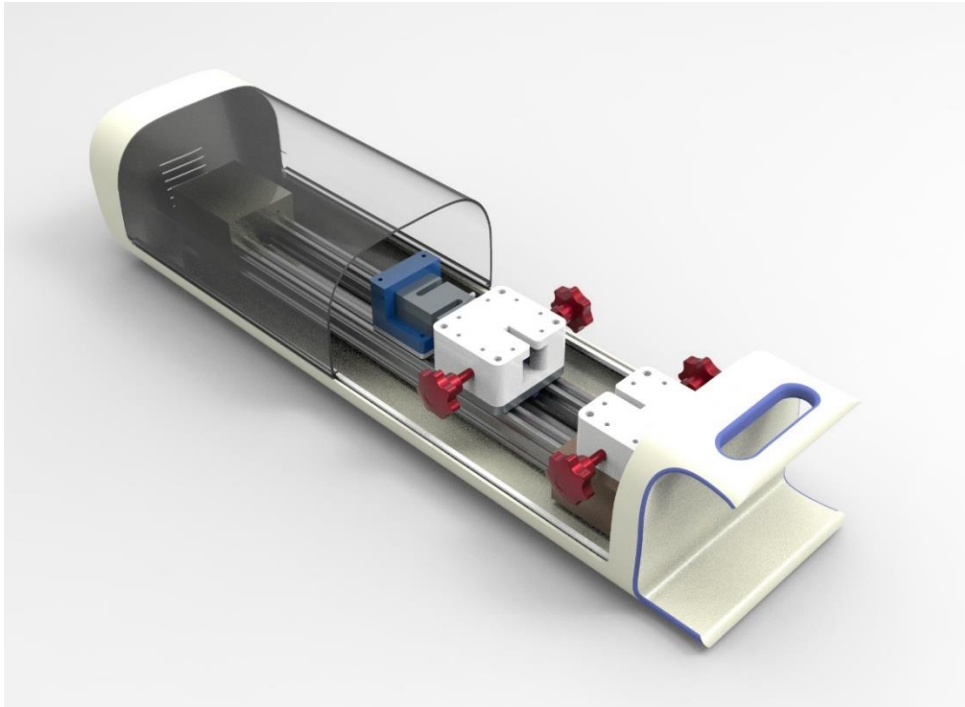


Figura 69. Máquina de ensayos de rotura, propuesta final. Fuente: Elaboración propia mediante Fusion.

Finalmente se optó por la propuesta 1 de carcasa, puesto que los modos de apertura y cierre son más adecuados para acceder fácilmente al interior de la máquina de ensayos de rotura. Además, permite un fácil transporte del mismo, guardando una mejor estética que el resto de las propuestas.

Conjunto Viga en C + Motor + Soportes

Para el conjunto de Viga en C + motor, se optó, como se comenta en anteriores apartados, por el motor NEMA 23 (High Torque Series). La viga en C, es la C-Beam Linear Rail, de una longitud de 500 mm. Tiene un soporte que es el que avanza cuando el motor gira.



Figura 70. Conjunto Viga en C+Motor+Soportes. Fuente: [20]

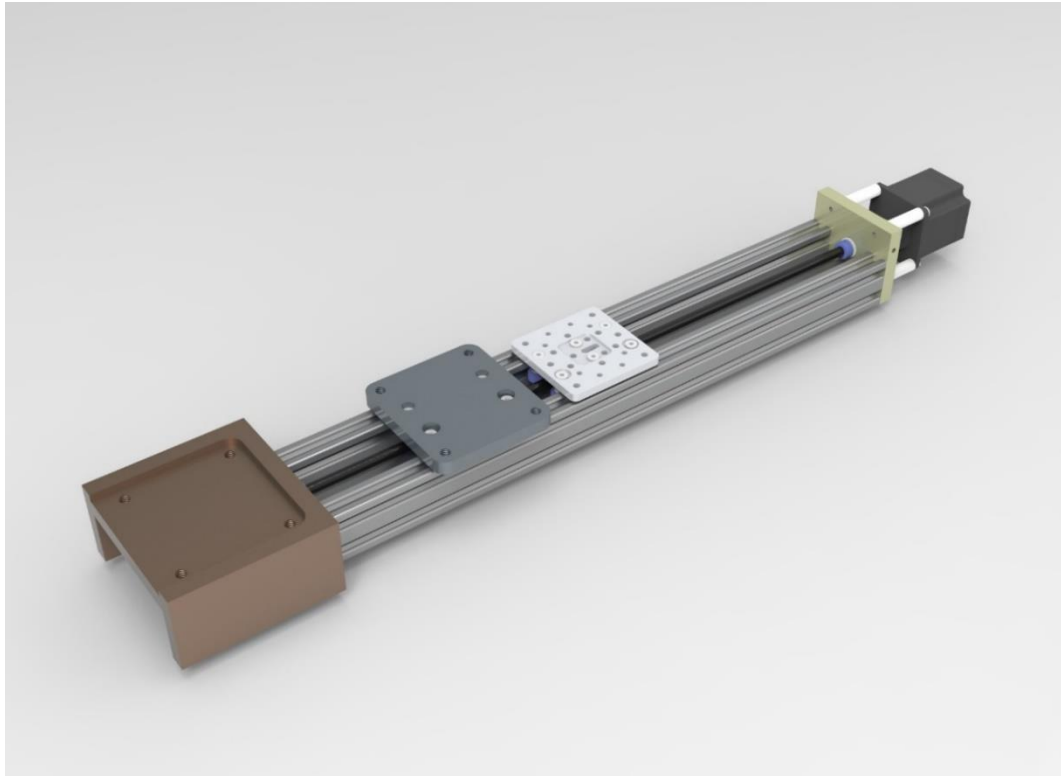


Figura 71. Máquina de ensayos de rotura, propuesta final, interior. Fuente: Elaboración propia mediante Fusion

Como se puede ver, además del soporte que trae la propia viga en C con el montaje (blanco), nosotros le añadimos dos soportes más para colocar las mordazas. El soporte gris es de las mismas características que el blanco, pero simplemente funciona como corredera. El soporte marrón es fijo, y se atornilla a la parte final de la viga en C. También se cambió la placa donde va atornillada el motor, a una más grande (amarilla), para poder atornillar con cuatro tornillos el motor a la placa, y así obtener más estabilidad.



Figura 72. Correderas y guías. Fuente: Elaboración propia mediante Fusion.

Además, para cubrir el motor y poder colocar la placa electrónica, añadimos una caja en la parte superior del motor, que ira atornillada a la viga en C.

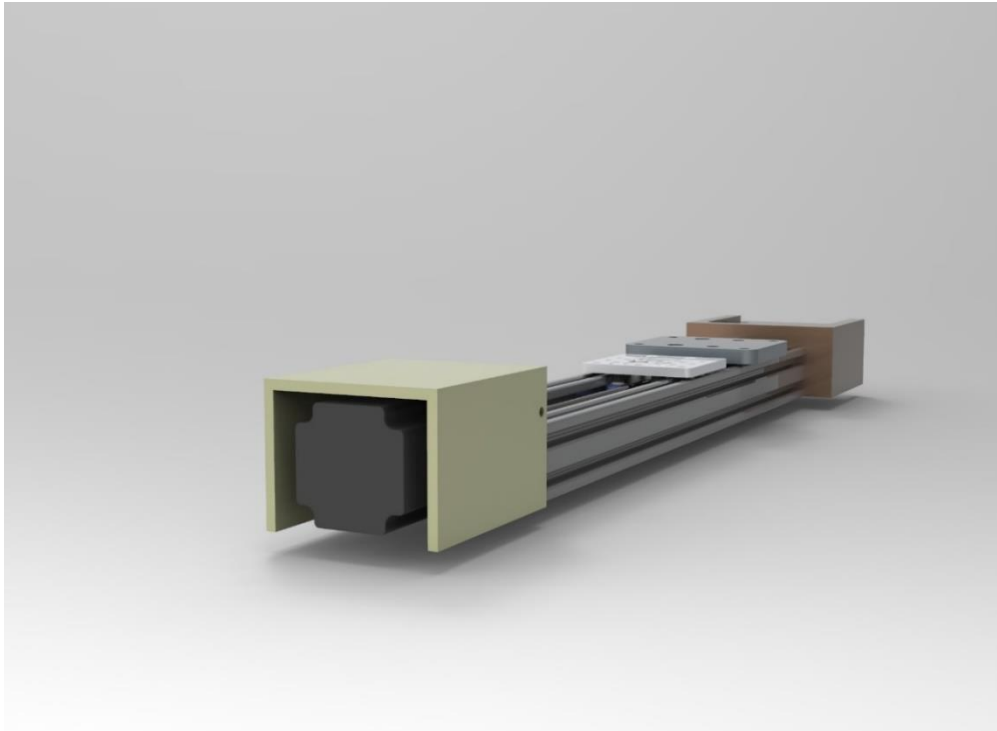


Figura 73. Tapa motor. Fuente: Elaboración propia mediante Fusion.

Mordazas y célula de carga

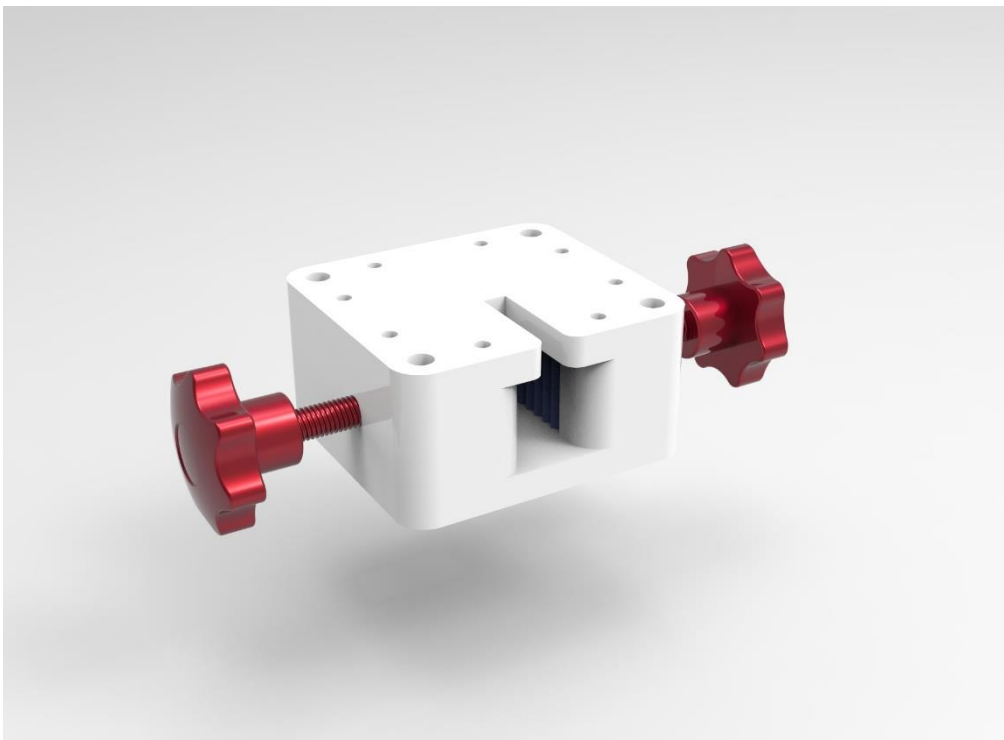


Figura 74. Mordaza. Fuente: Elaboración propia mediante Fusion.

Como se puede ver, las mordazas están compuestas por varios componentes distintos.

En primer lugar, tenemos la base (blanca), donde van alojadas los dos aprietes dentados (azules). Dentro de esos componentes se colocan los rodamientos que permitirán girar los dos pomos rojos, acercando así los dos aprietes dentados entre sí. En la parte superior se coloca la tapa (blanca), para proteger todas las piezas internas.

Tanto la mordaza superior como la inferior son iguales. La superior irá unida mediante un tornillo a la célula de carga, mientras que la inferior va atornillada a la carcasa marrón inferior, mediante los cuatro tornillos superiores.

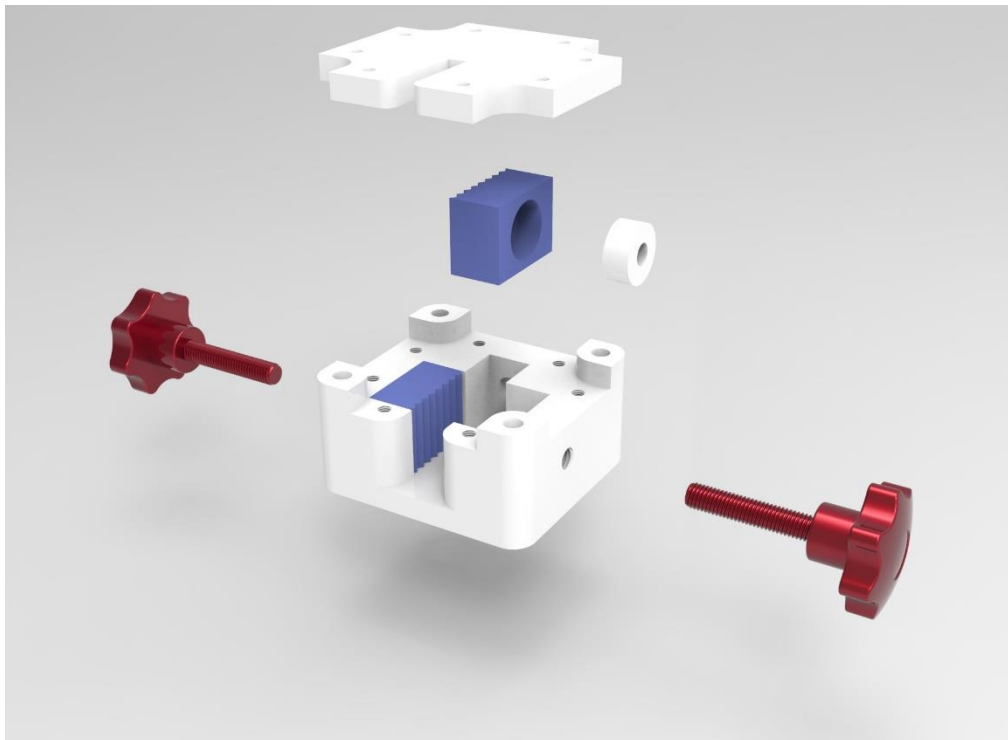


Figura 75. Despiece mordaza. Fuente: Elaboración propia mediante Fusion.

En cuanto a la célula de carga, finalmente se optó por la célula de carga de vigas en S 101BH, debido a sus especificaciones técnicas, como se explica anteriormente.

Para poder colocar la célula de carga, se desarrolló un soporte en L (azul), el cual irá atornillado al soporte blanco que avanza con el husillo. El soporte azul tiene un agujero para tornillo de M12, debido a que la célula de carga tiene un agujero con esa rosca. De esa forma, se atornillará el soporte en L azul, al soporte corredera que tiene la viga en C y la célula de carga se atornillará al soporte en L azul. A continuación, atornillaremos la mordaza a la célula de carga por la parte inferior. De esta forma, tendremos el conjunto superior perfectamente ensamblado.

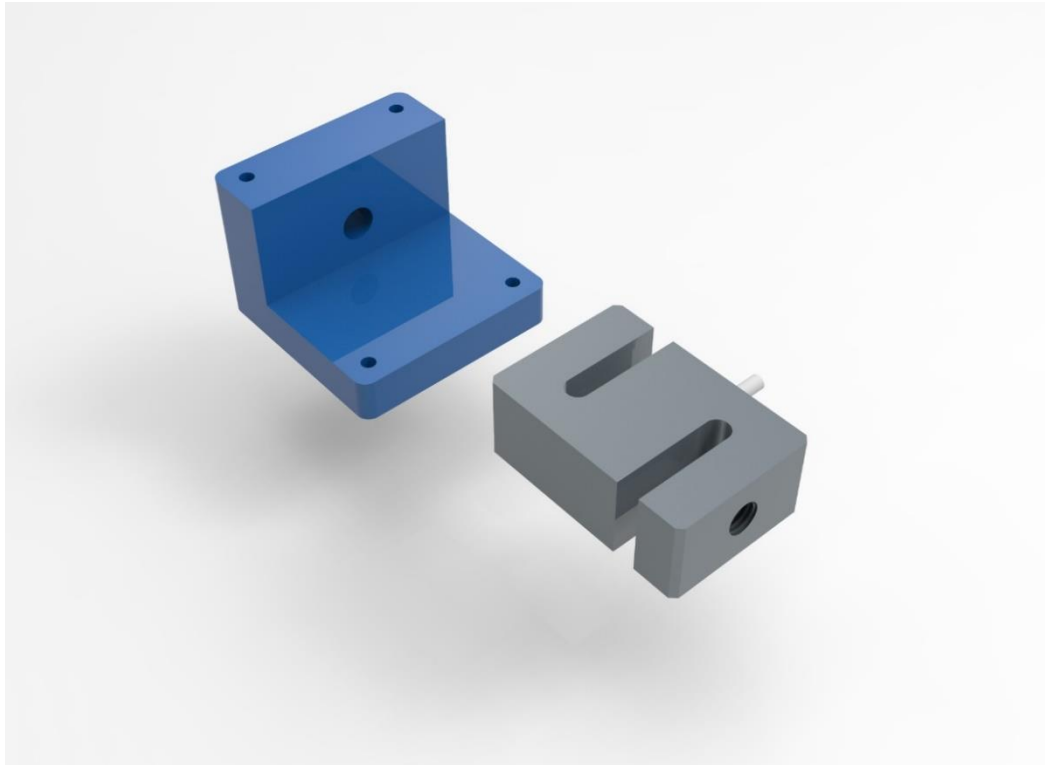


Figura 76. Célula de carga + soporte. Fuente: Elaboración propia mediante Fusion.

En la siguiente imagen se puede observar cómo quedarían ensamblados tanto el conjunto superior como el inferior.

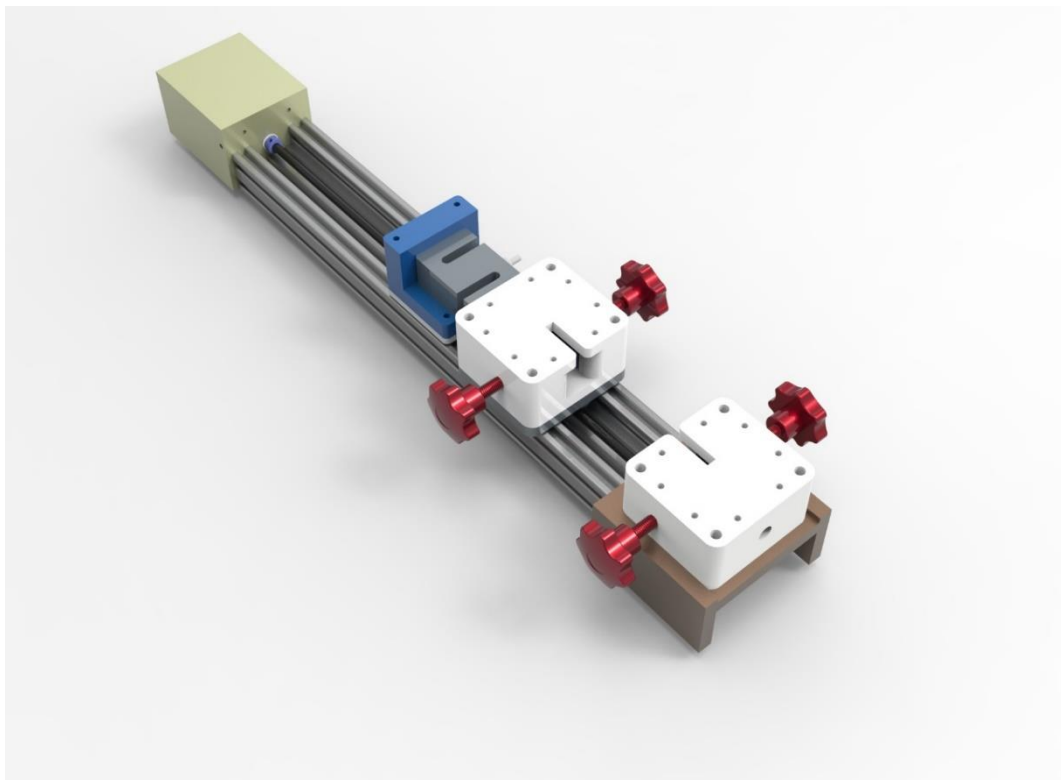


Figura 69. Máquina de ensayos de rotura, propuesta final. Fuente: Elaboración propia mediante Fusion

Carcasa exterior

Como se ha dicho anteriormente, se llevó a cabo la propuesta 1, la cual está compuesta por una carcasa blanca con un agarre, rejillas de ventilación y un sistema de protección con corredera

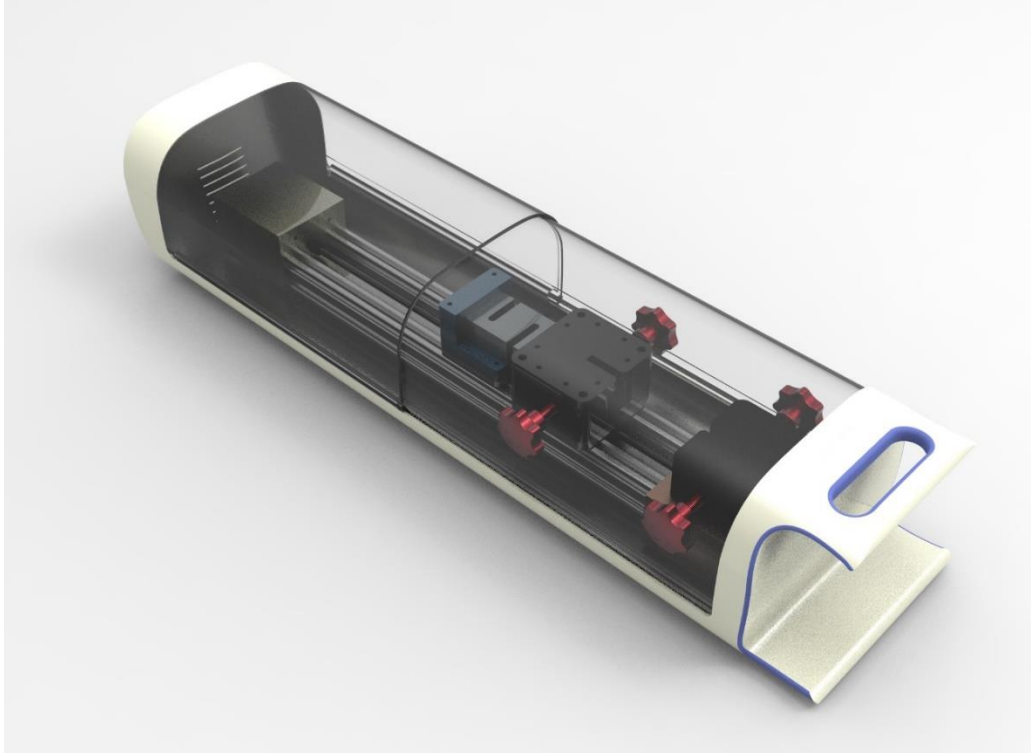


Figura 70. Máquina de ensayos de rotura, propuesta final. Fuente: Elaboración propia mediante Fusion

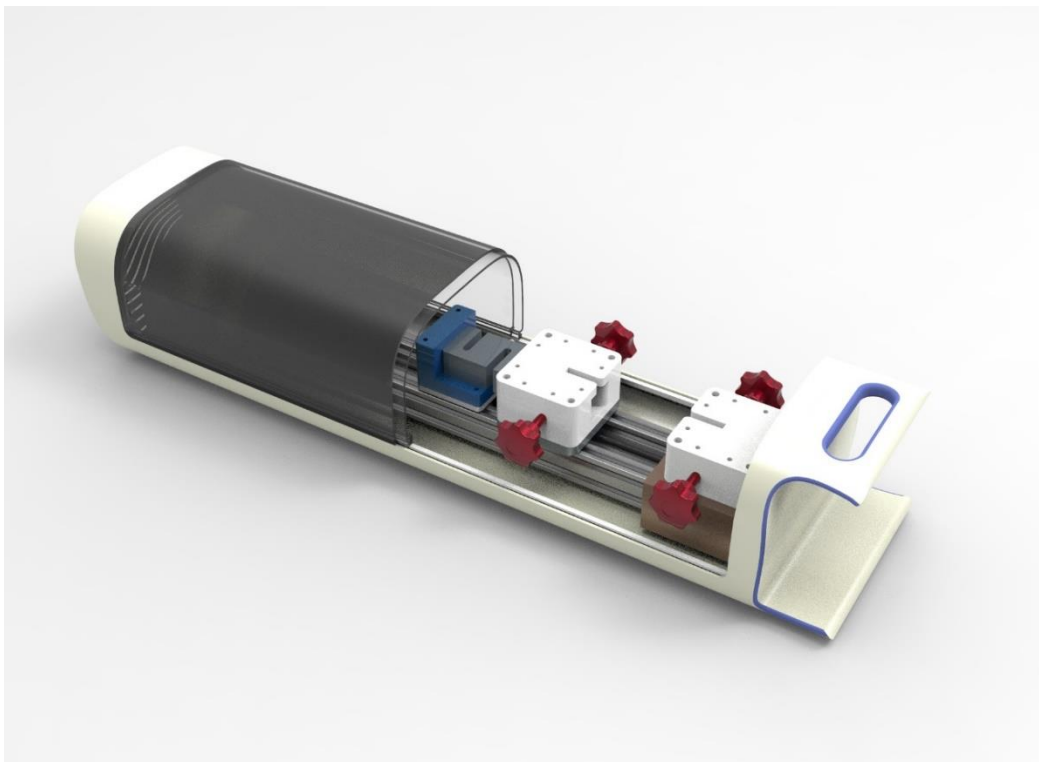


Figura 71. Máquina de ensayos de rotura, propuesta final. Fuente: Elaboración propia mediante Fusion

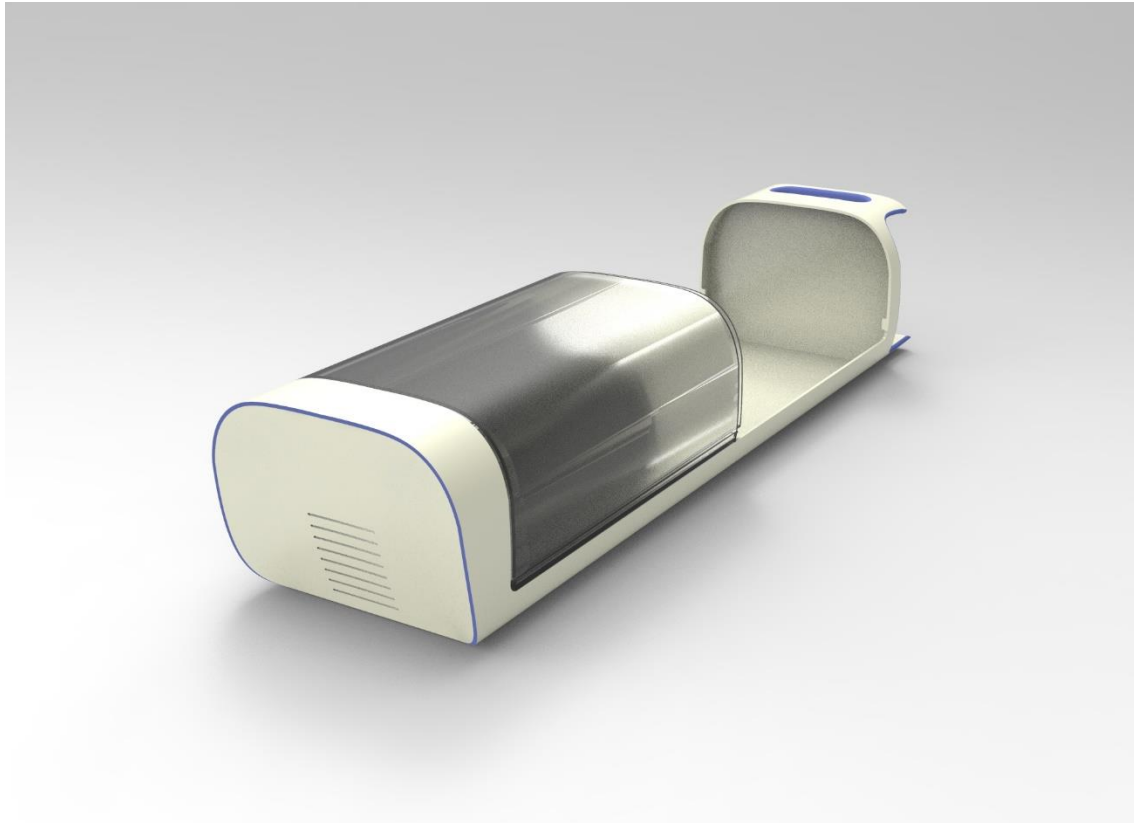


Figura 72. Máquina de ensayos de rotura, propuesta final. Fuente: Elaboración propia mediante Fusion

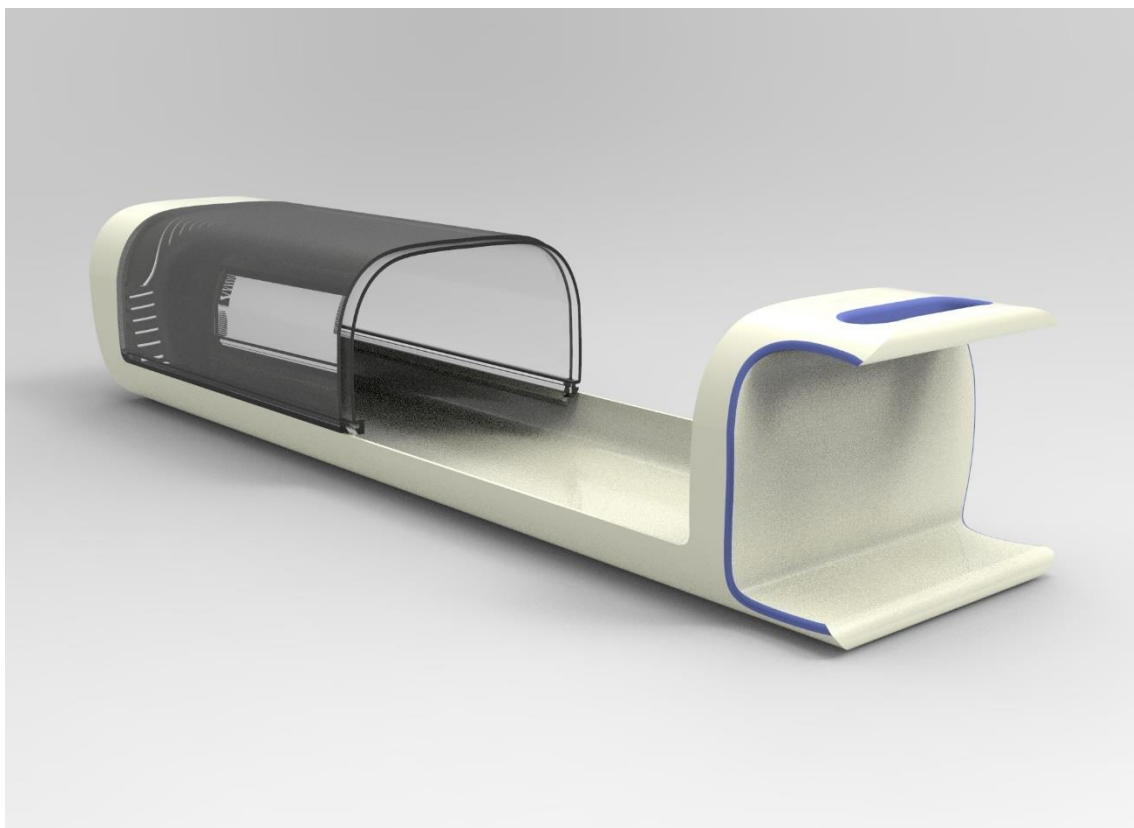


Figura 73. Carcasa, propuesta final. Fuente: Elaboración propia mediante Fusion

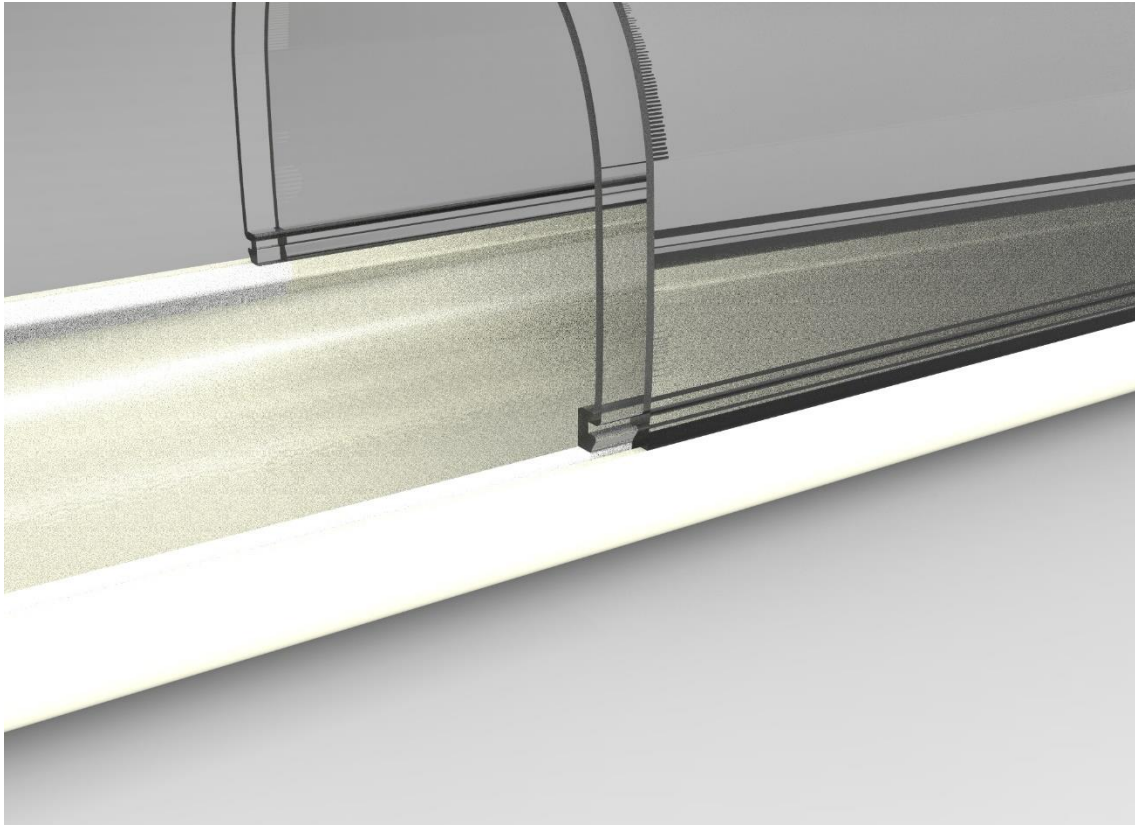


Figura 74. Mecanismo cúpula. Fuente: Elaboración propia mediante Fusion

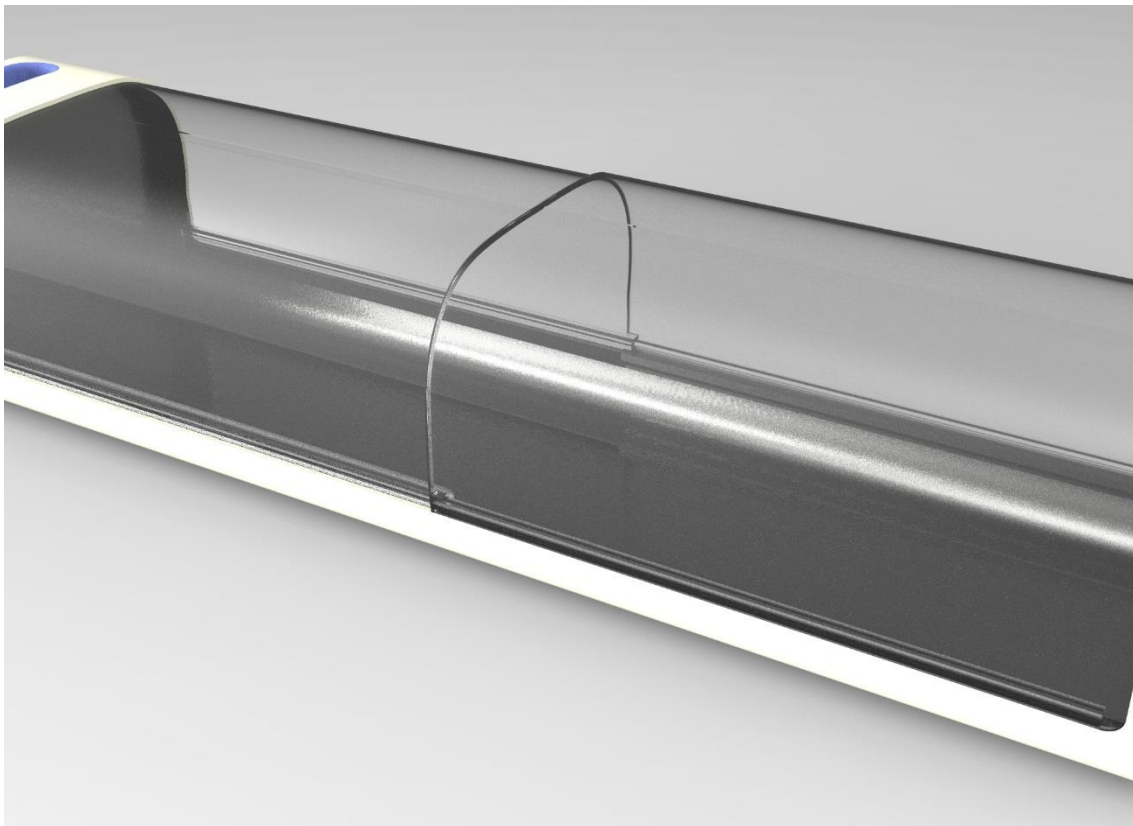


Figura 75. Cúpula. Fuente: Elaboración propia mediante Fusion

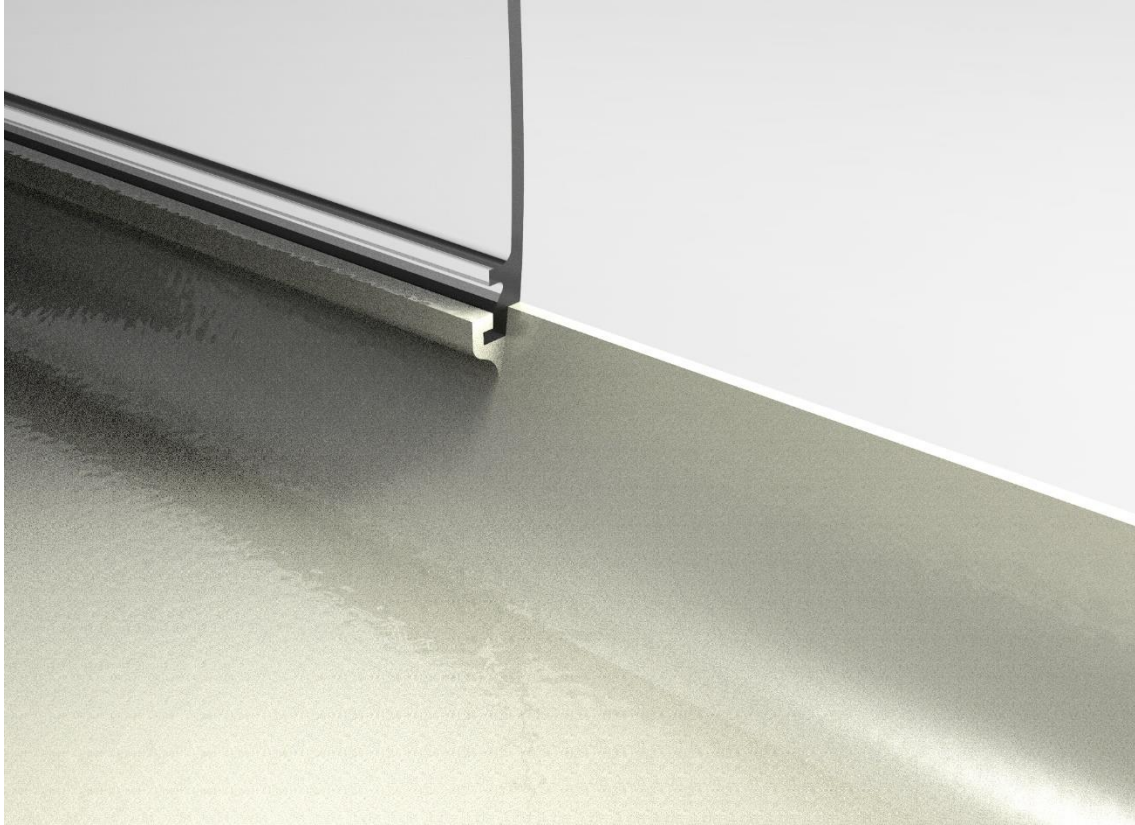


Figura 76. Mecanismo corredera final. Fuente: Elaboración propia mediante Fusion

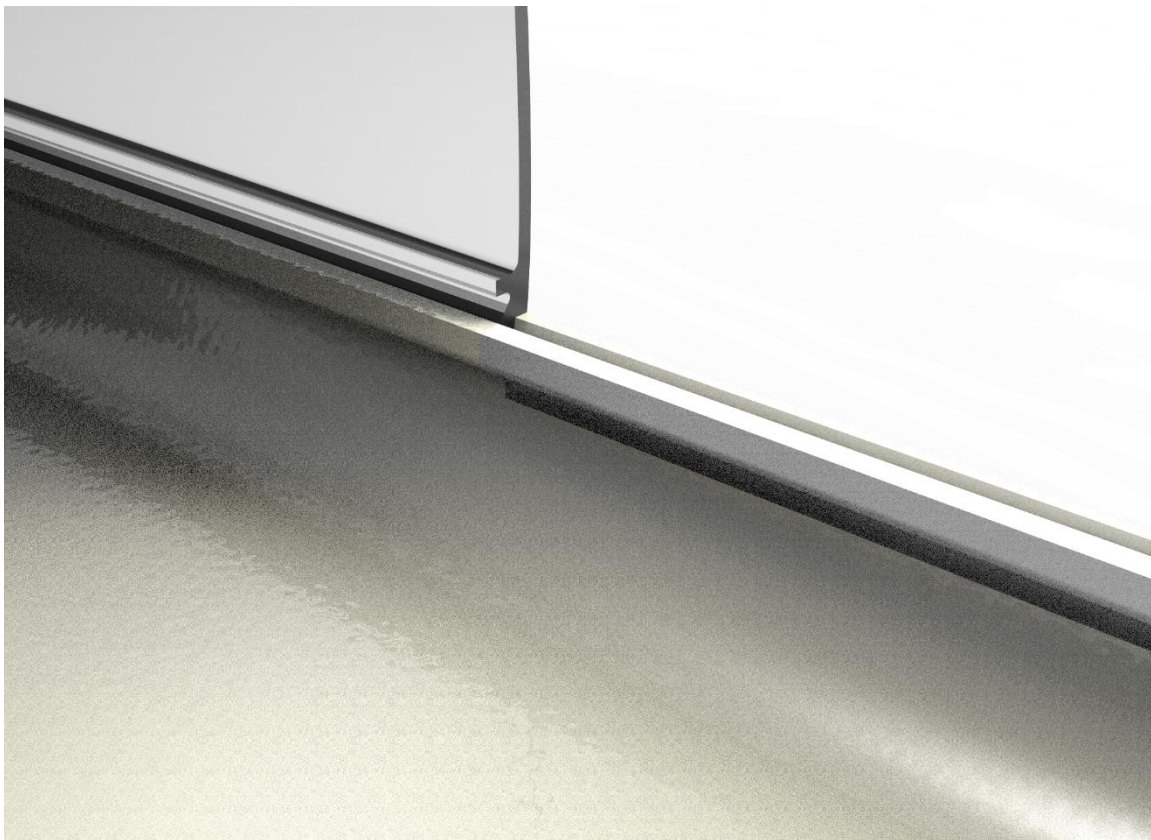


Figura 77. Mecanismo corredera final. Fuente: Elaboración propia mediante Fusion

Como se ha podido ver, el sistema de correderas consiste en una cúpula interior y otra exterior. Para colocarlas, primero se coloca la cúpula exterior dentro de la interior, deslizándola. Una vez están superpuestas, se colocan sobre una guía que hay en el interior de la carcasa. Una vez se han colocado sobre la guía, se coloca otra guía en el interior de la carcasa para impedir que la cúpula interior salga.

De esta forma, conseguimos un sistema de corredera sencillo y fácil de montar.

Bibliografía

[1] Máquina de ensayos de rotura:

<http://www.interempresas.net/Medicion/FeriaVirtual/Producto-Maquina-universal-de-ensayo-MUE-151107.html>

[2] Probeta en máquina de ensayos de rotura:

<https://www.areatecnologia.com/materiales/ensayo-de-traccion.html>

[3] Polímero en ensayo de compresión:

<https://www.aimplas.es/tipos-ensayos/propiedades-mecanicas-de-los-materiales-plasticos/>

[4] Ensayo de compresión del hormigón:

https://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo_de_compresi%C3%B3n

[5] Ensayo a flexión:

<https://www.aimplas.es/tipos-ensayos/propiedades-mecanicas-de-los-materiales-plasticos/ensayo-de-flexion/>

[6] Propiedades mecánicas de los materiales:

https://www.prontubeam.com/articulos/12_2015_PROP_MAT/12_2015_PROP_MAT_articulo.pdf

http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/educaciontecnologia/propiedades_mecnicas.html#:~:text=Las%20propiedades%20mec%C3%A1nicas%20de%20los,Cualidad%20opuesta%20a%20la%20elasticidad.

https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947174/contido/22_propiedades_mecnicas.html

<https://danybarker.wordpress.com/2013/11/21/397/>

[7] Tipos de plásticos en impresión 3D:

<https://www.3dnatives.com/es/plasticos-impresion-3d-22072015/#!>

[8] Características mecánicas de los plásticos:

<https://pslc.ws/macrog/mech.htm>

[9] Tabla de elongación flexible en diferentes plásticos:

<https://omnexus.specialchem.com/polymer-properties/properties/elongation-at-yield>

[10] Tabla de elongación de rotura en diferentes plásticos:

<https://omnexus.specialchem.com/polymer-properties/properties/elongation-at-break>

[11] Medidas Probeta:

<https://www.shimadzu.com/an/products/materials-testing/uni-ttm-system/tensile-test-methods-for-plastics-astm-d638/index.html>

[12] Probetas según la Norma Española:

Documentación UPV.

[13] Instron SERIE 3400:

<https://www.instron.es/es-es/products/testing-systems/universal-testing-systems/low-force-universal-testing-systems/3400-series>

[14] Instron SERIE 6800:

<https://www.instron.es/es-es/products/testing-systems/universal-testing-systems/low-force-universal-testing-systems/6800-series>

[15] TENSILON RTF series:

<https://www.directindustry.es/prod/d-company-limited/product-54946-1441031.html>

[16] MultiTest 0.5-i:

<https://www.directindustry.es/prod/mecmesin/product-19504-1458711.html>

[17] Pasco-ME-8236:

<https://www.pasco.com/products/lab-apparatus/mechanics/materials-testing/me-8236>

[18] Semi-automatic 500/1000 Kn:

https://www.haidatestequipment.com/productstype-tensile-test-equipment.htm?gclid=Cj0KCQjws-OEBhCkARIsAPhOkIacqcoLxHaJTjae4t-Auno5AjI7QtRg25TcdBBL6EmpYk08X2v4KoEaAn9REALw_wcB

[19] Anet A8:

<https://all3dp.com/es/1/anet-a8-impresora-3d-casera-analisis-diy-kit/>

[20] Photon Zero, Anycubic:

<https://www.impresoras3d.com/producto/anycubic-photon-zero-lcd/>

[21] Da Vinci Mini W+, XYZ Printing:

<https://www.xyzprinting.com/es-ES/product/da-vinci-mini-w-white>

[22] MP Select Mini V2, de Monoprice:

https://www.monoprice.com/product?p_id=21711

[23] Ender 3, de Creality:

<https://www.creality3dofficial.com/es/products/creality-ender-3-pro-3d-printer>

[24] CR-10 V2, de Creality:

<https://www.impresoras3d.com/producto/creality-cr-10-v2/>

[25] Micro, M3d:

<https://www.3dnatives.com/es/test-impresora-micro-m3d-010420172/>

[26] Duplicator i3 V2.1, de Wanhao:

<https://www.wanhao3dprinter.com/Unboxin/ShowArticle.asp?ArticleID=70>

[27] Mordazas de tornillo Zwick/Roell:

<https://www.zwickroell.com/es/accesorios/mordazas/mordazas-de-tornillo/>

[28] Mordazas de tornillo Instron:

<https://www.instron.es/es-es/products/testing-accessories/grips/screw-side-action-grips>

[29] Mordazas neumáticas Instron:

<https://www.instron.es/es-es/products/testing-accessories/grips/pneumatic-side-action-grips>

[30] Mordazas hidráulicas Zwick/Roell:

<https://www.zwickroell.com/es/accesorios/mordazas/mordazas-hidraulicas/grupos-hidraulicos/>

[31] Mordazas de agarre en cuña Instron:

<https://www.instron.es/es-es/products/testing-accessories/grips/mechanical-wedge-action-grips>

[32] Mordazas de tornillo-cuña Zwick/Roell:

<https://www.zwickroell.com/es/accesorios/mordazas/mordazas-tornillo-cuna/>

[33] Mordazas de pinza Zwick/Roell:

<https://www.zwickroell.com/es/accesorios/mordazas/mordazas-de-pinza/>

[34] Mordaza de palanca Zwick/Roell:

<https://www.zwickroell.com/es/accesorios/mordazas/mordazas-articuladas/>

[35] Catálogo Zwick/Roell:

<https://www.zwickroell.com/es/>

[36] Viga en C:

<https://openbuildspartstore.com/c-beam-linear-rail/>

[37] Motor NEMA 23 + gráfica:

<https://openbuildspartstore.com/nema-23-stepper-motor/>

[38] Motor NEMA 17:

<https://openbuildspartstore.com/nema-17-stepper-motor/>

[39] Motor NEMA 23:

<https://openbuildspartstore.com/nema-23-stepper-motor/>

[40] Motor NEMA 23, High Torque Series:

<https://openbuildspartstore.com/nema-23-stepper-motor-high-torque-series/>

[41] Célula de carga DYLY-101:

<https://es.aliexpress.com/i/32970013169.html>

[42] Célula de carga SC219:

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/sc219-industrial-weighing-wheel-shape-tension-compression-load-cell-1-ton-100-ton-62034686486.html>

[43] Célula de carga de vigas en S 101AH:

<https://sensores-de-medida.es/catalogo/celula-de-carga-a-traccion-y-compresion-tipo-s-aep-ts/>

[44] Célula de carga 101 BH. Fuente:

<https://www.anyload.com/es/product/celula-de-carga-tipo-s-101bh/>

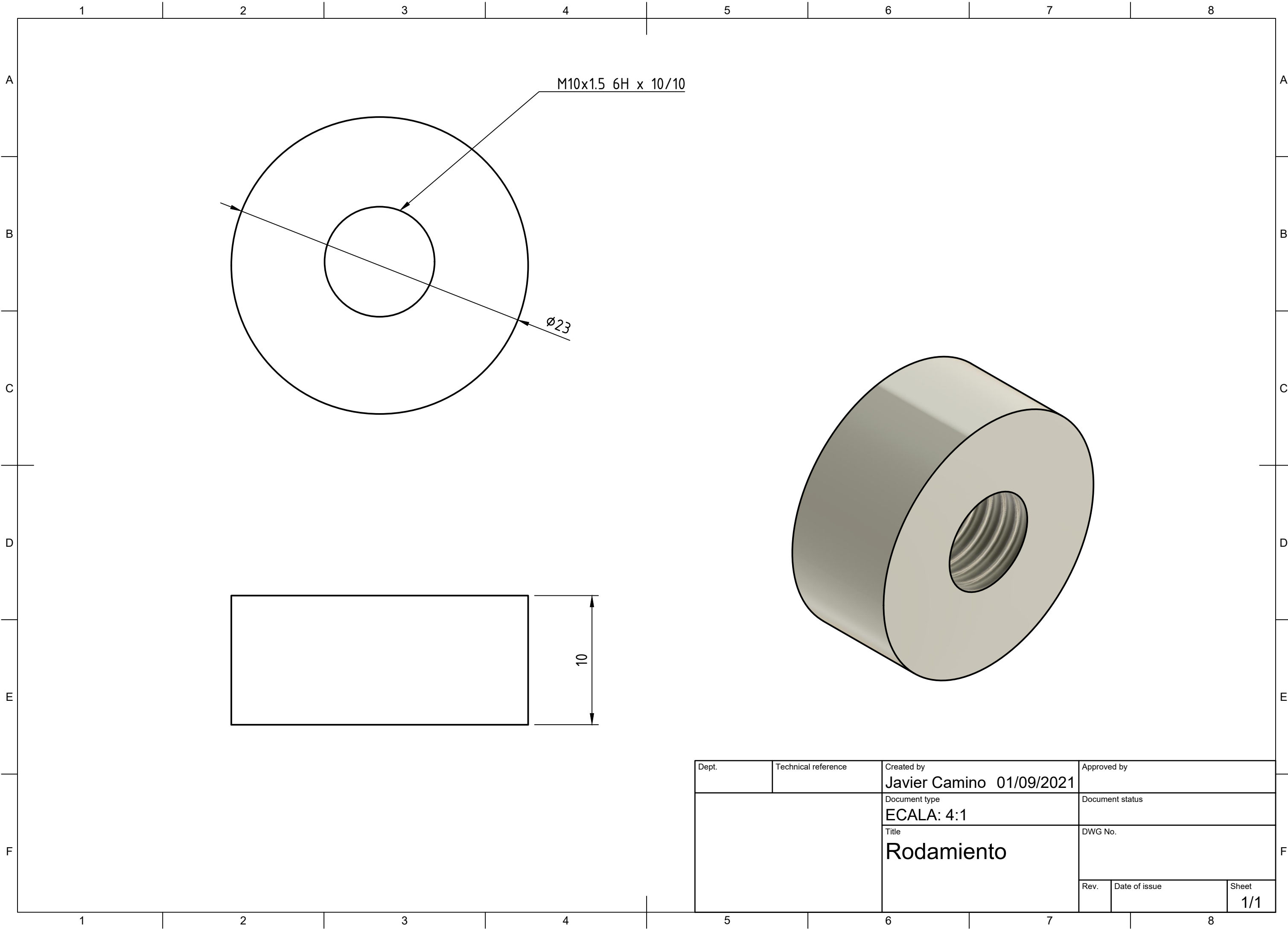
[45] Husillo “Acme Lead Screw”:

<https://openbuildspartstore.com/8mm-metric-acme-lead-screw/>

[46] Placa base de aluminio:

<https://openbuildspartstore.com/aluminum-6061-t6-1-8/>

PLANOS

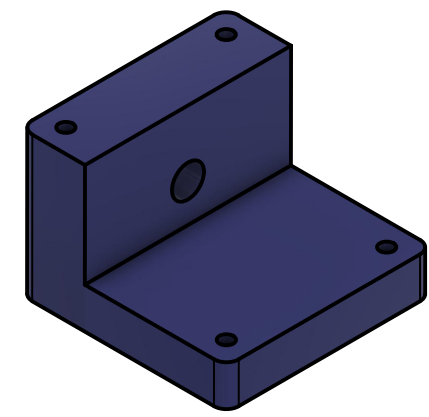
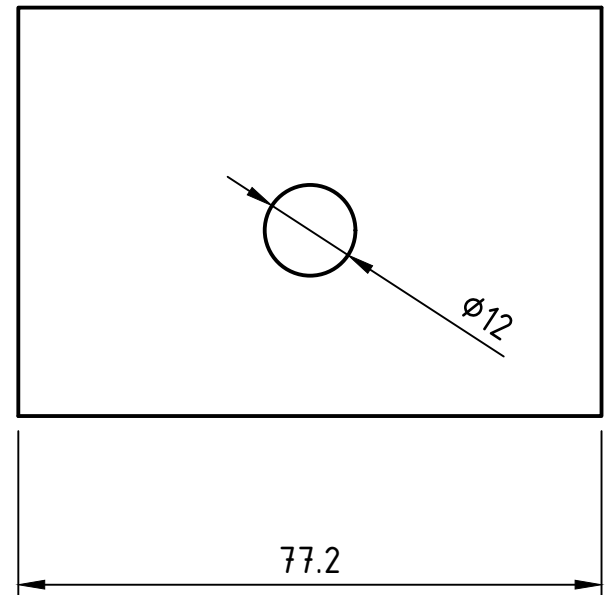
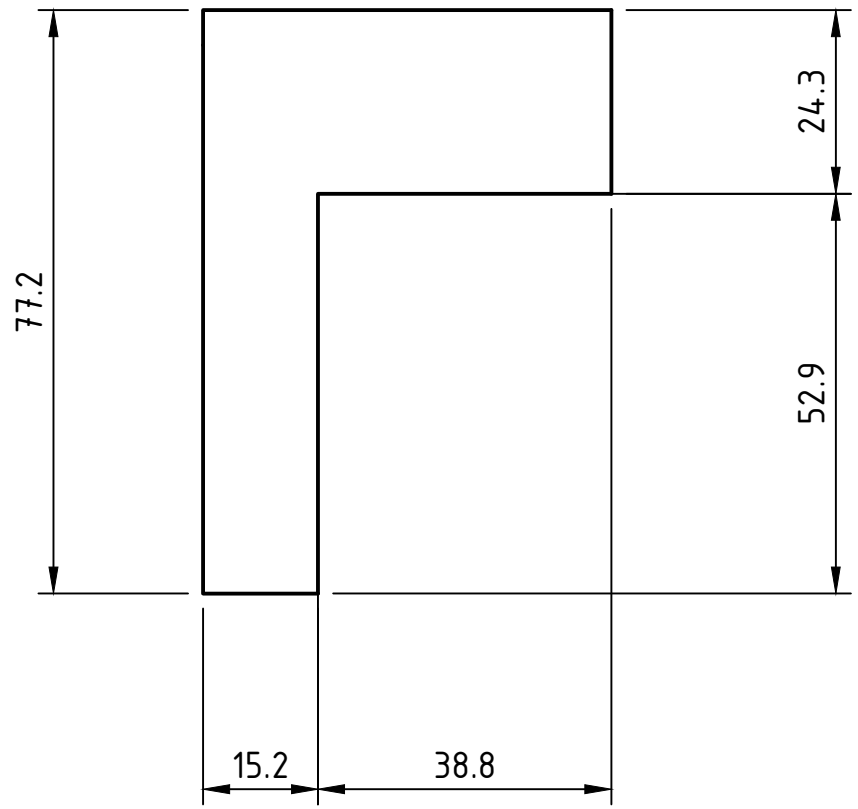
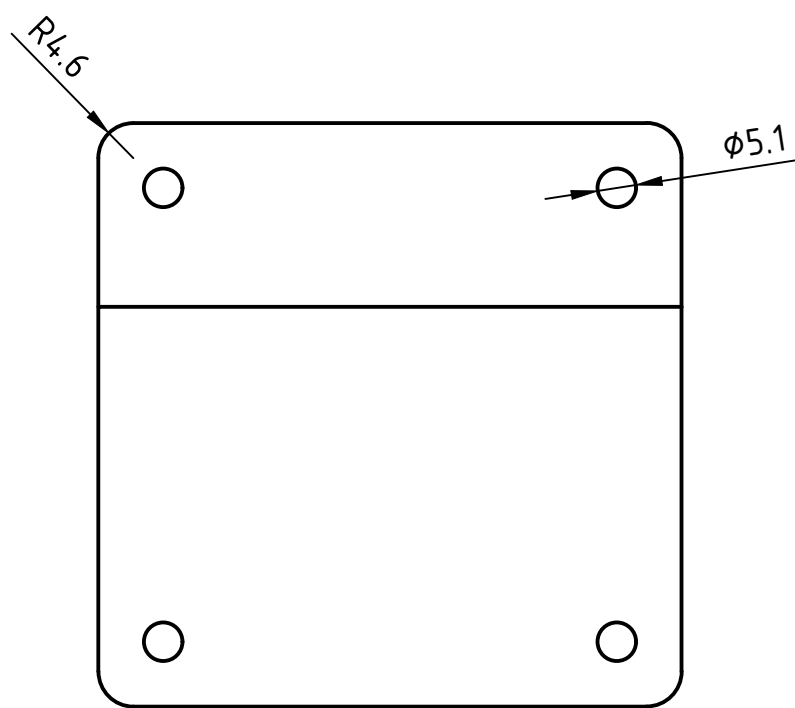
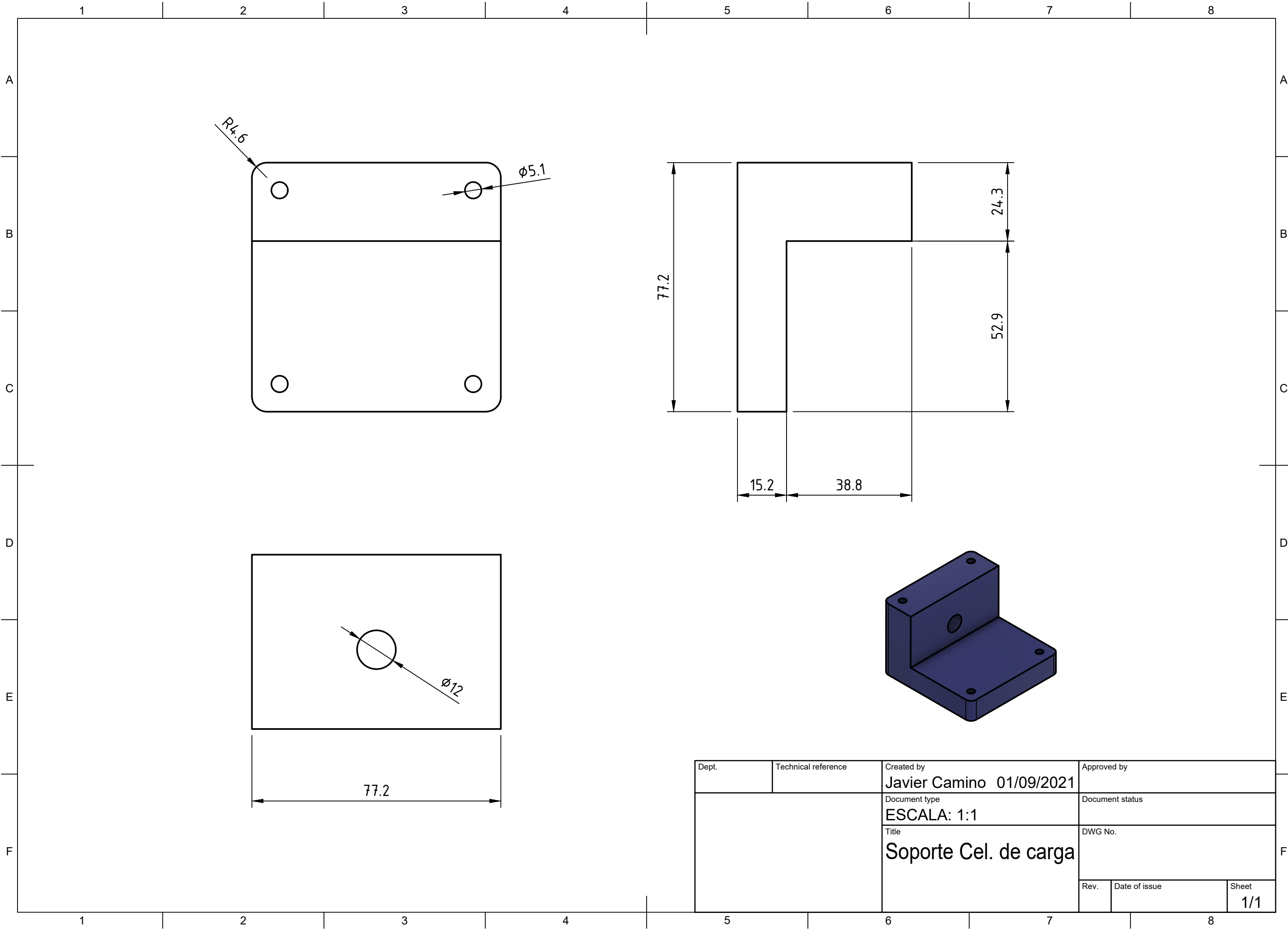


M10x1.5 6H x 10/10

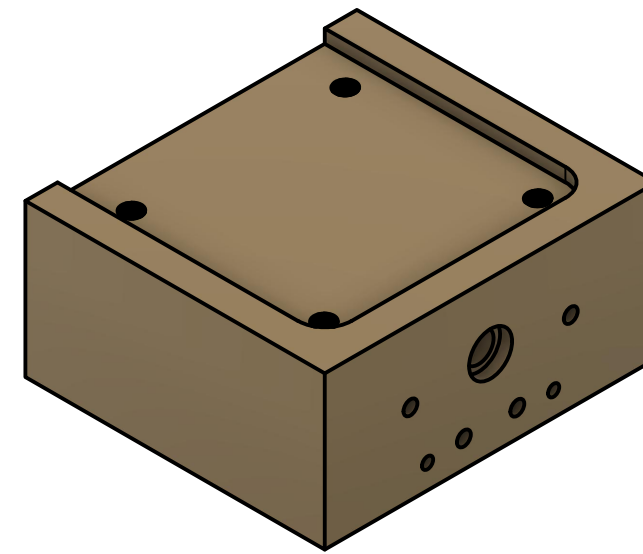
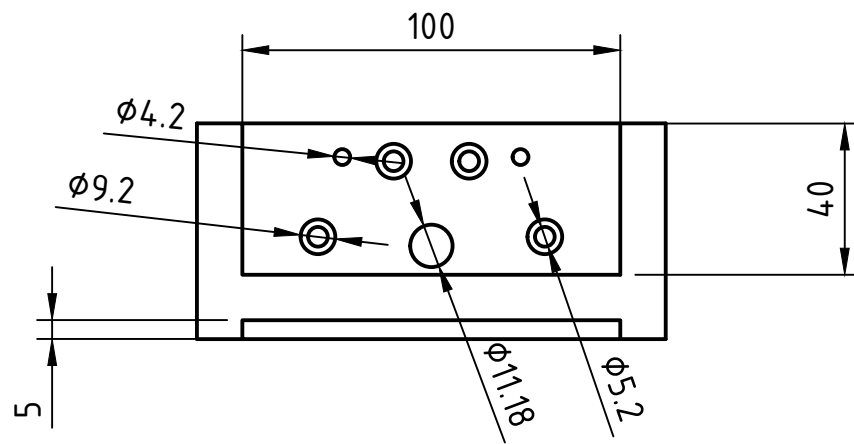
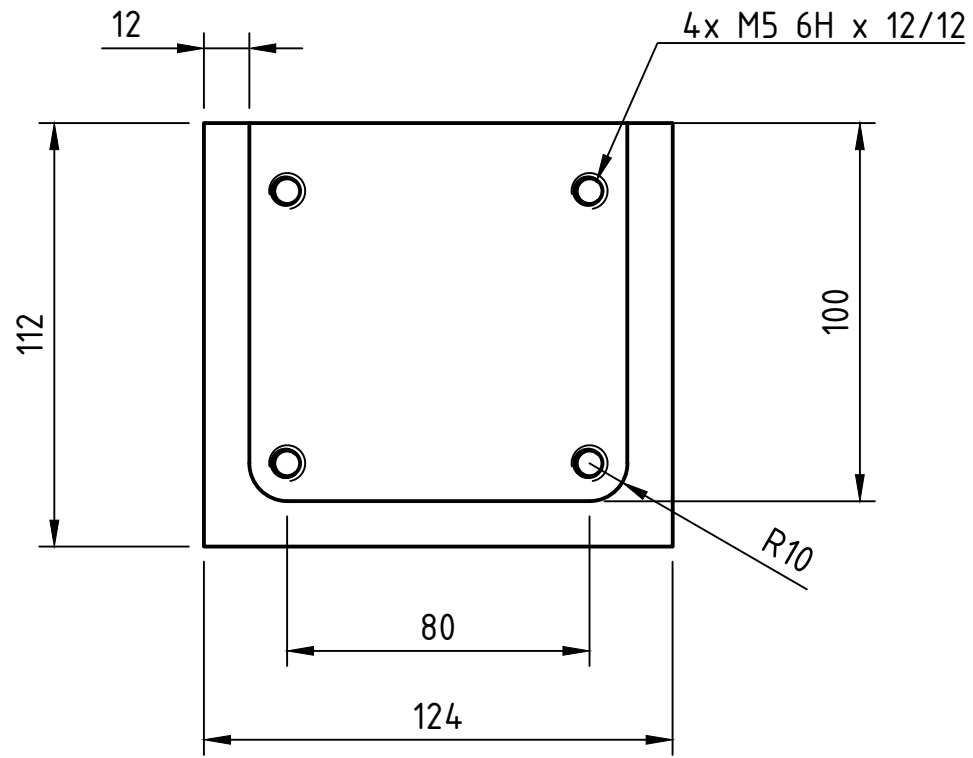
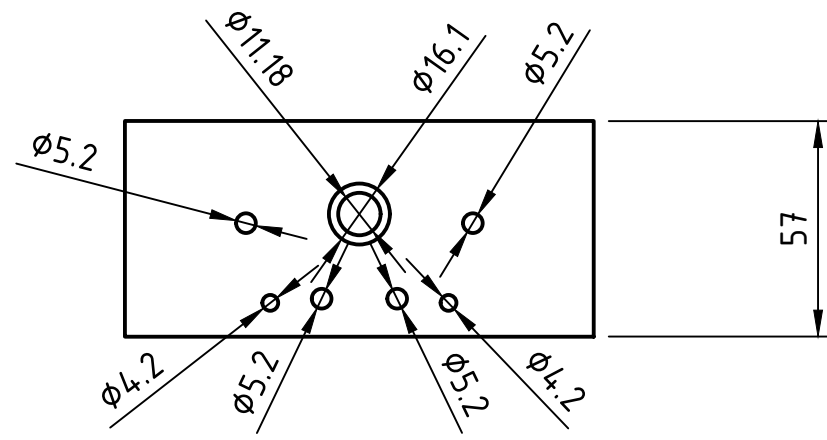
Ø23

10

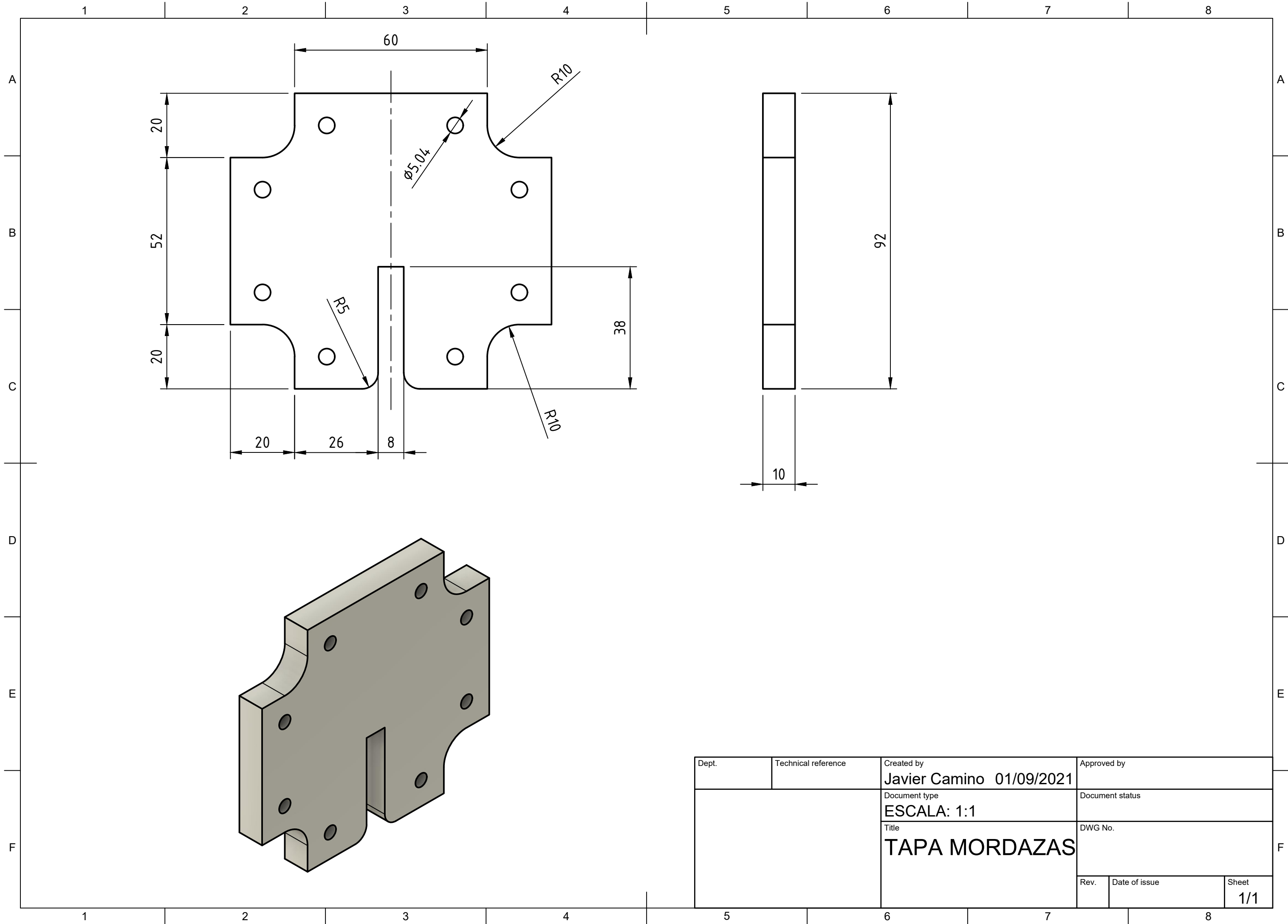
Dept.	Technical reference	Created by Javier Camino 01/09/2021	Approved by	
		Document type ECALA: 4:1	Document status	
		Title Rodamiento	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/1



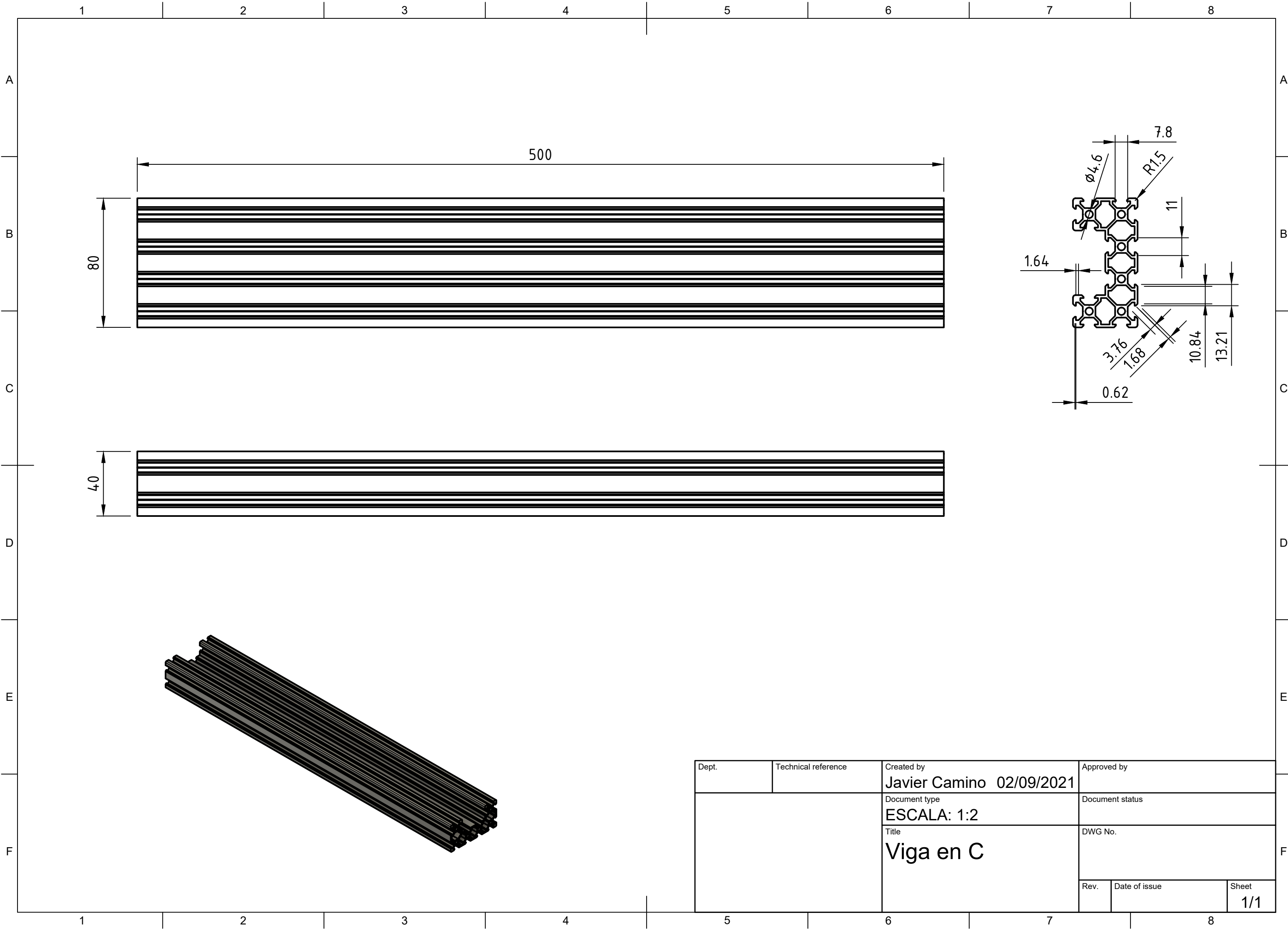
Dept.	Technical reference	Created by Javier Camino 01/09/2021	Approved by
		Document type ESCALA: 1:1	Document status
		Title Soporte Cel. de carga	DWG No.
		Rev.	Date of issue
		Sheet 1/1	



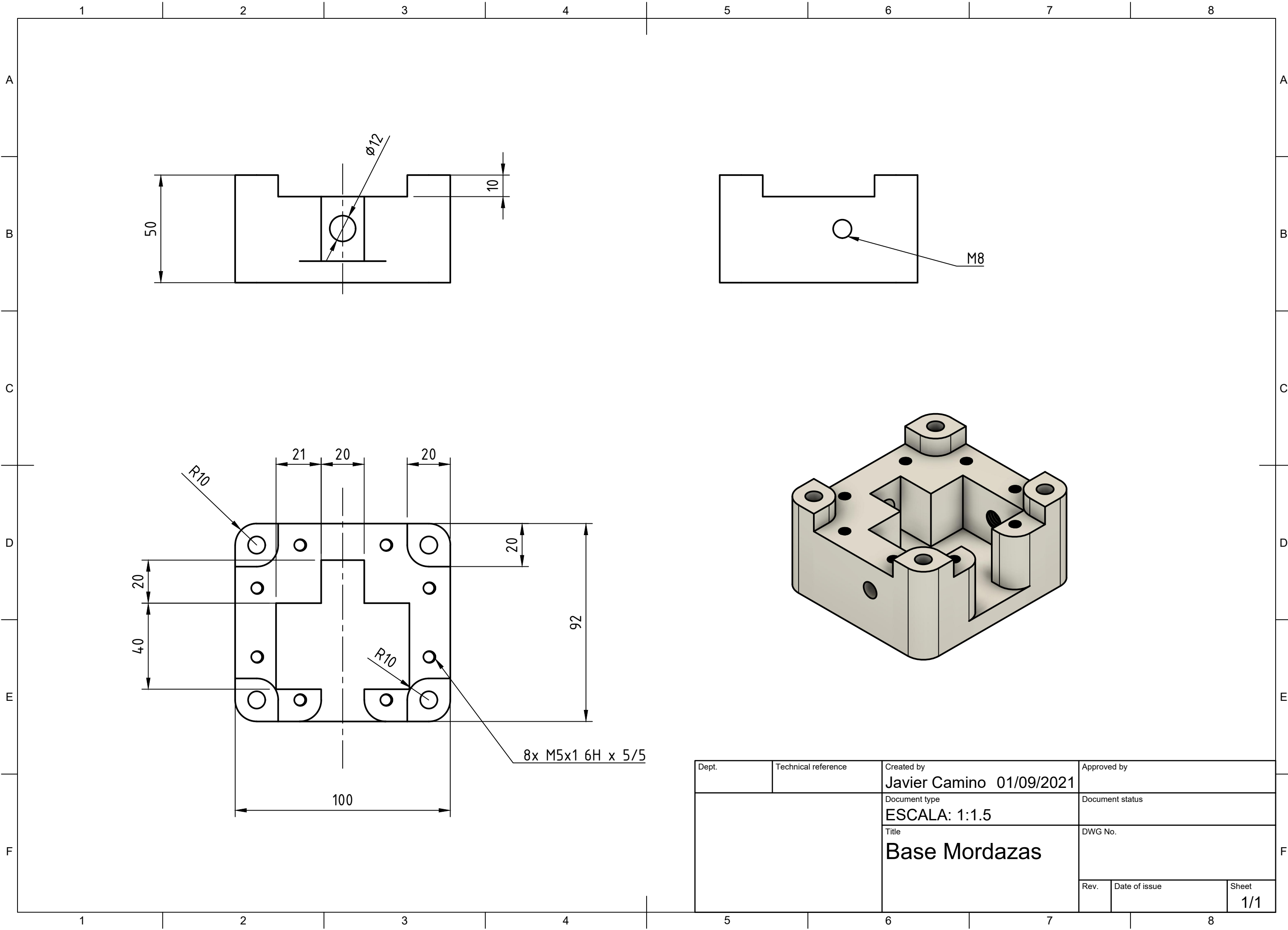
Dept.	Technical reference	Created by Javier Camino 01/09/2021	Approved by
		Document type ESCALA: 1:2	Document status
		Title Soporte mordaza inferior	DWG No.
	Rev.	Date of issue	Sheet 1/1



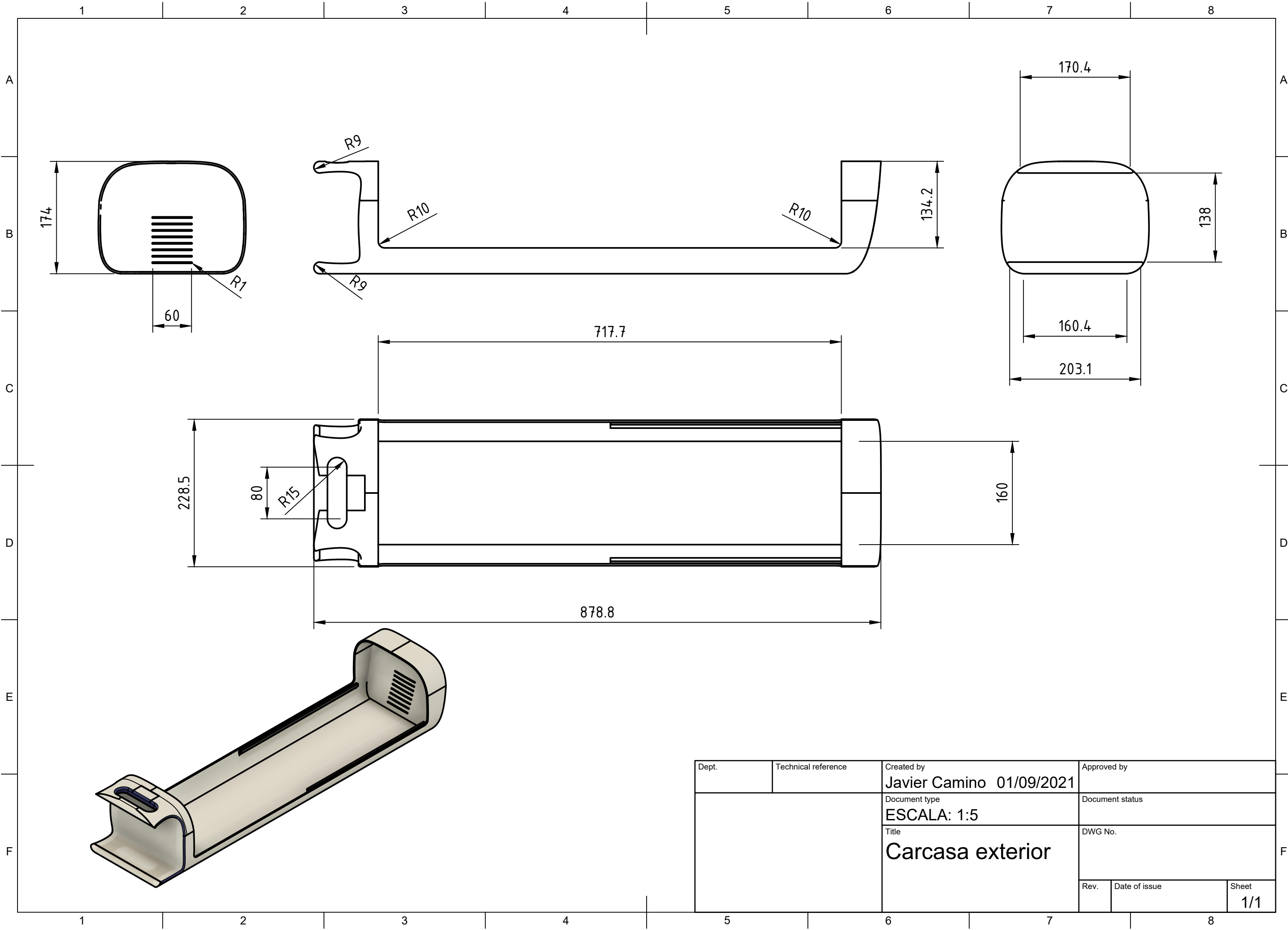
Dept.	Technical reference	Created by Javier Camino 01/09/2021	Approved by	
		Document type ESCALA: 1:1	Document status	
		Title TAPA MORDAZAS	DWG No.	
			Rev.	Date of issue



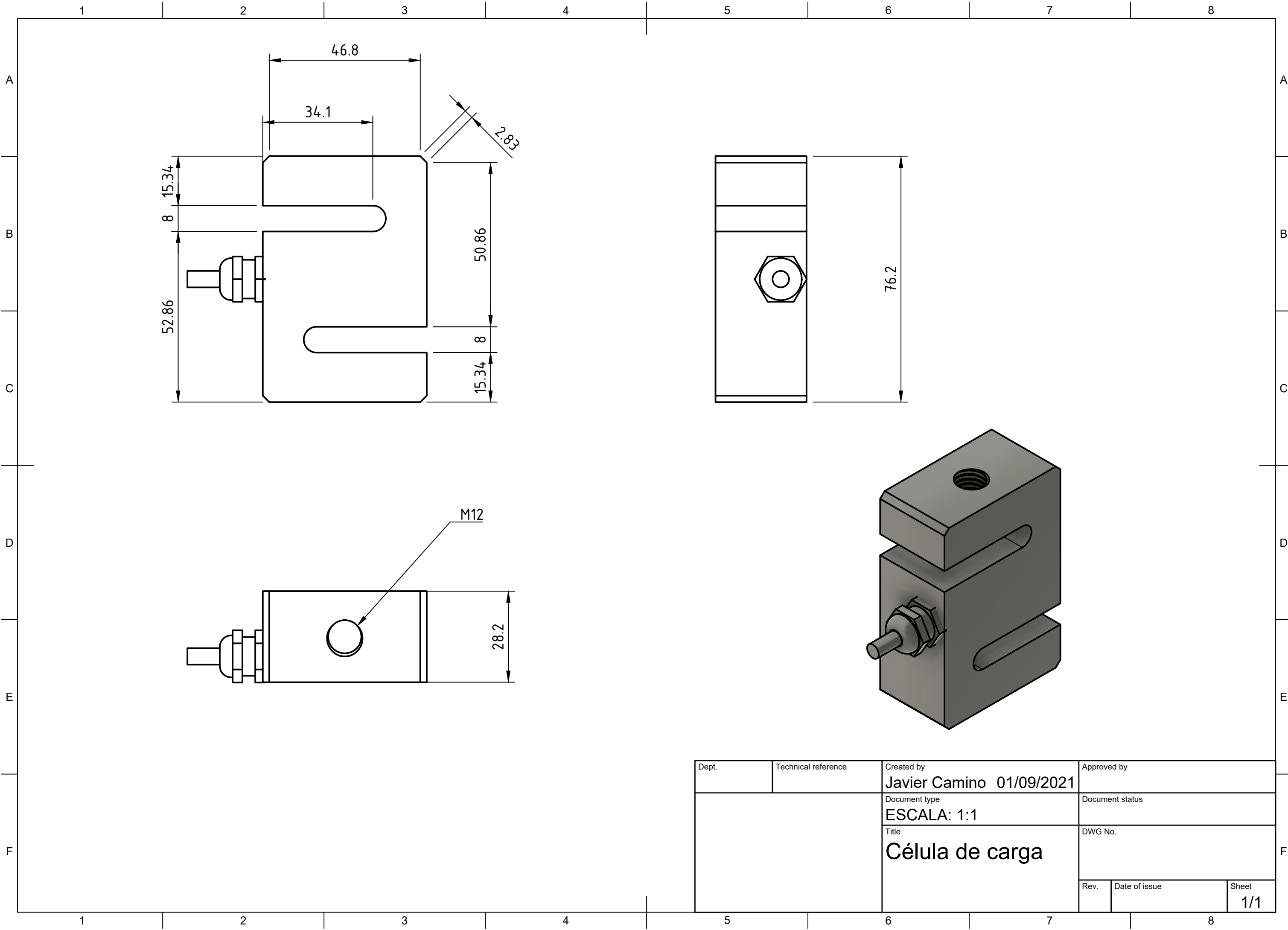
Dept.	Technical reference	Created by Javier Camino 02/09/2021	Approved by
		Document type ESCALA: 1:2	Document status
		Title Viga en C	DWG No.
Rev.	Date of issue	Sheet	1/1



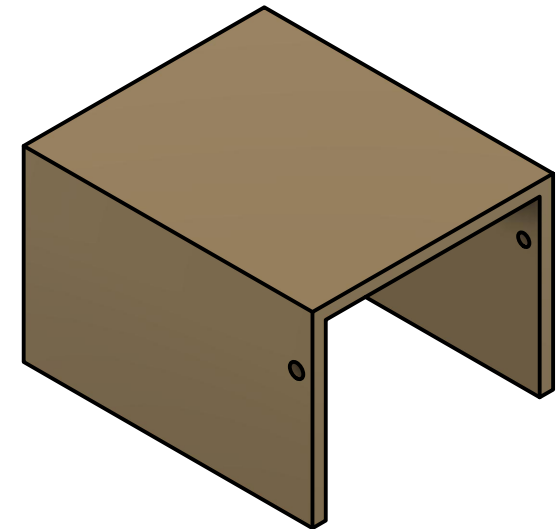
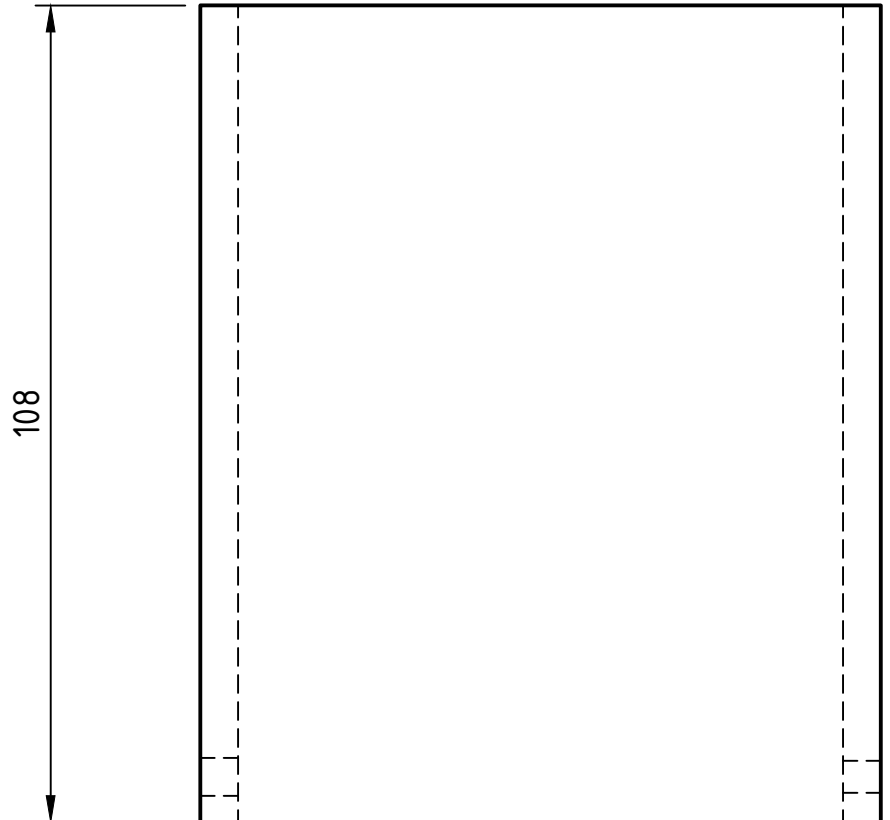
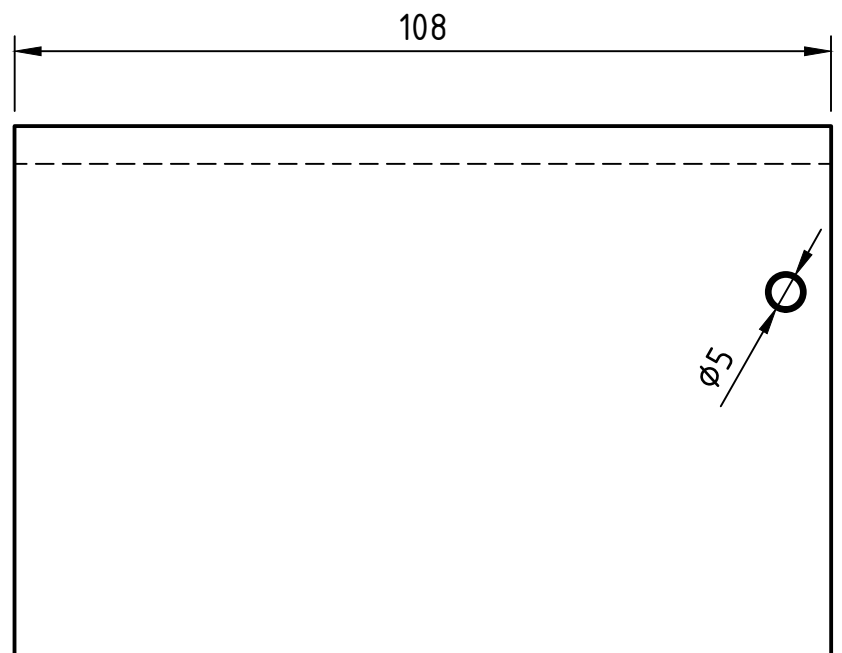
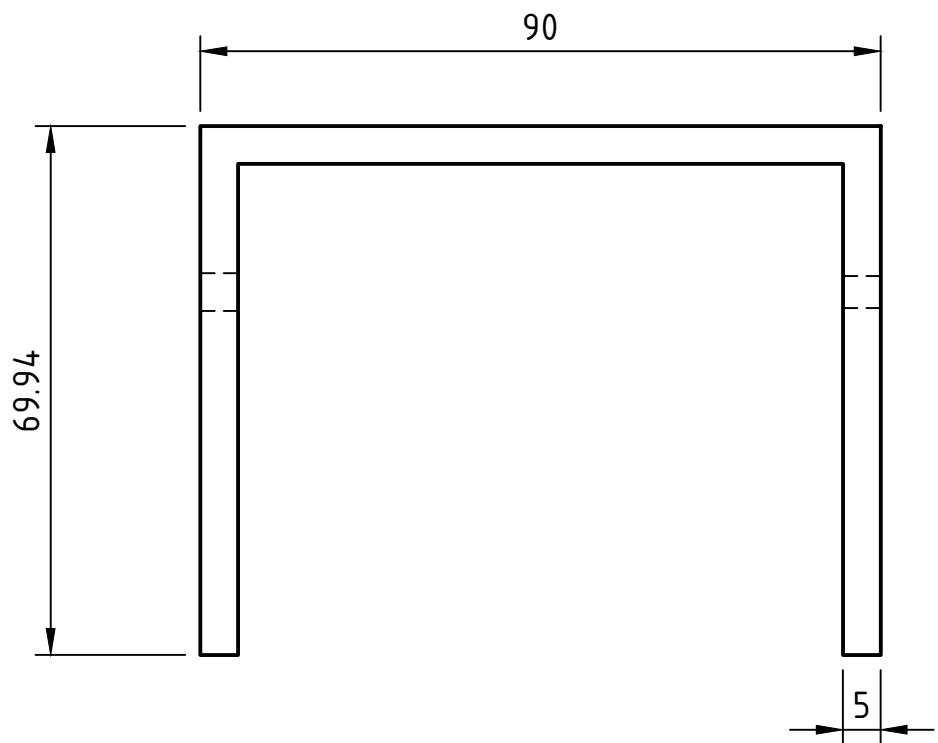
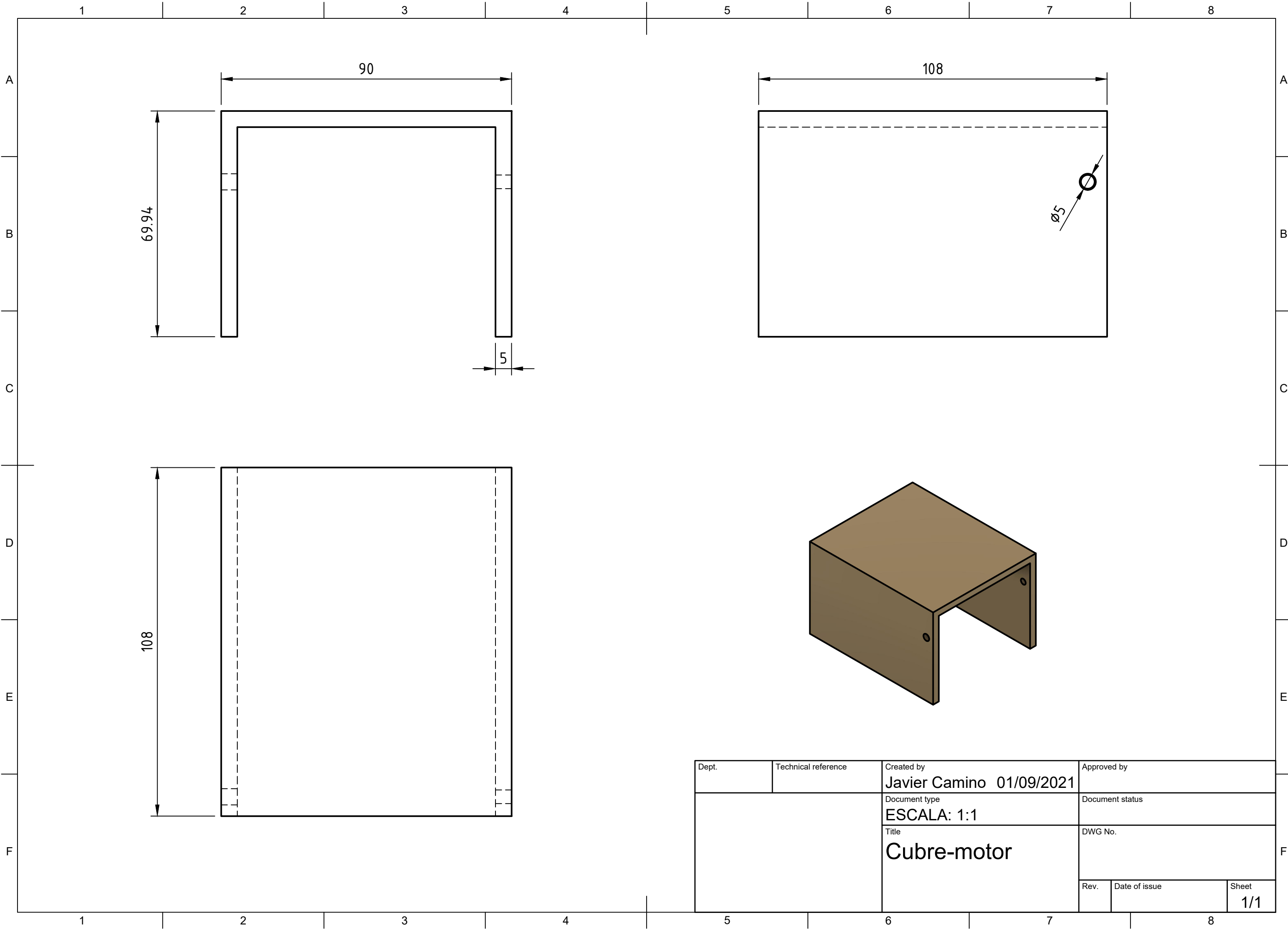
Dept.	Technical reference	Created by Javier Camino 01/09/2021	Approved by
		Document type ESCALA: 1:1.5	Document status
		Title Base Mordazas	DWG No.
Rev.	Date of issue	Sheet	1/1



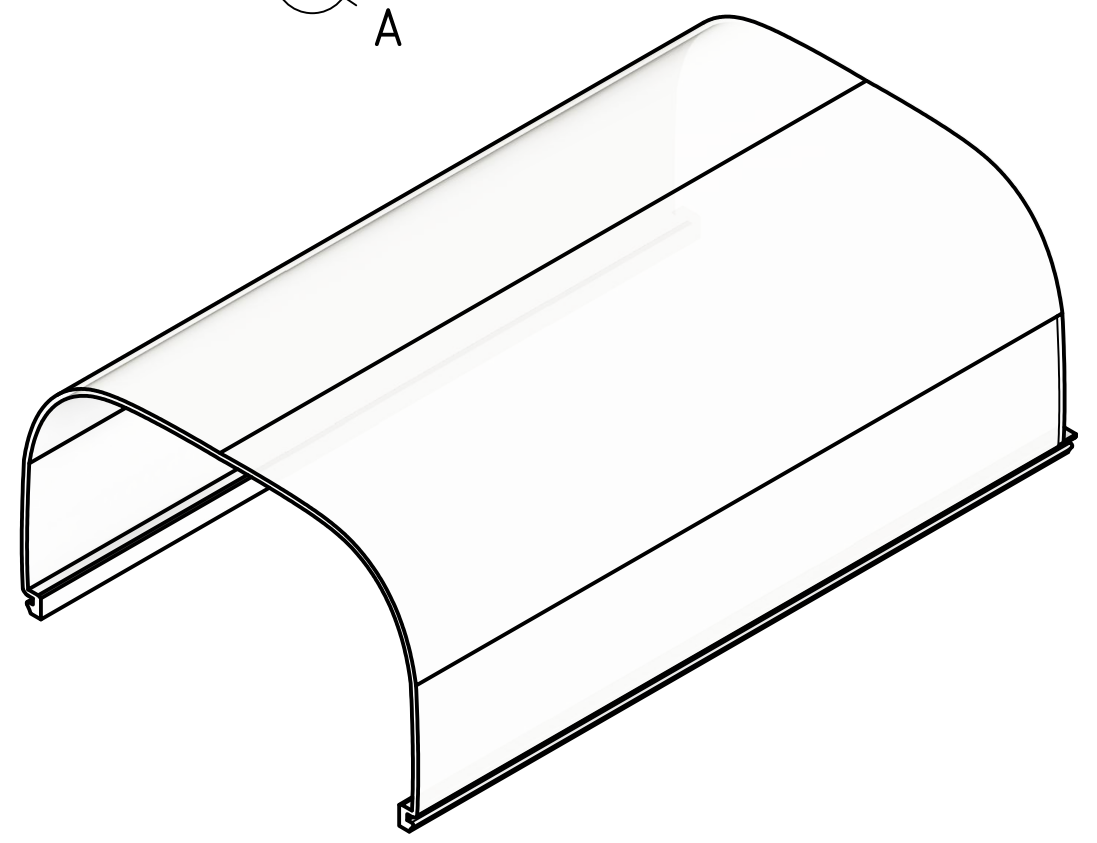
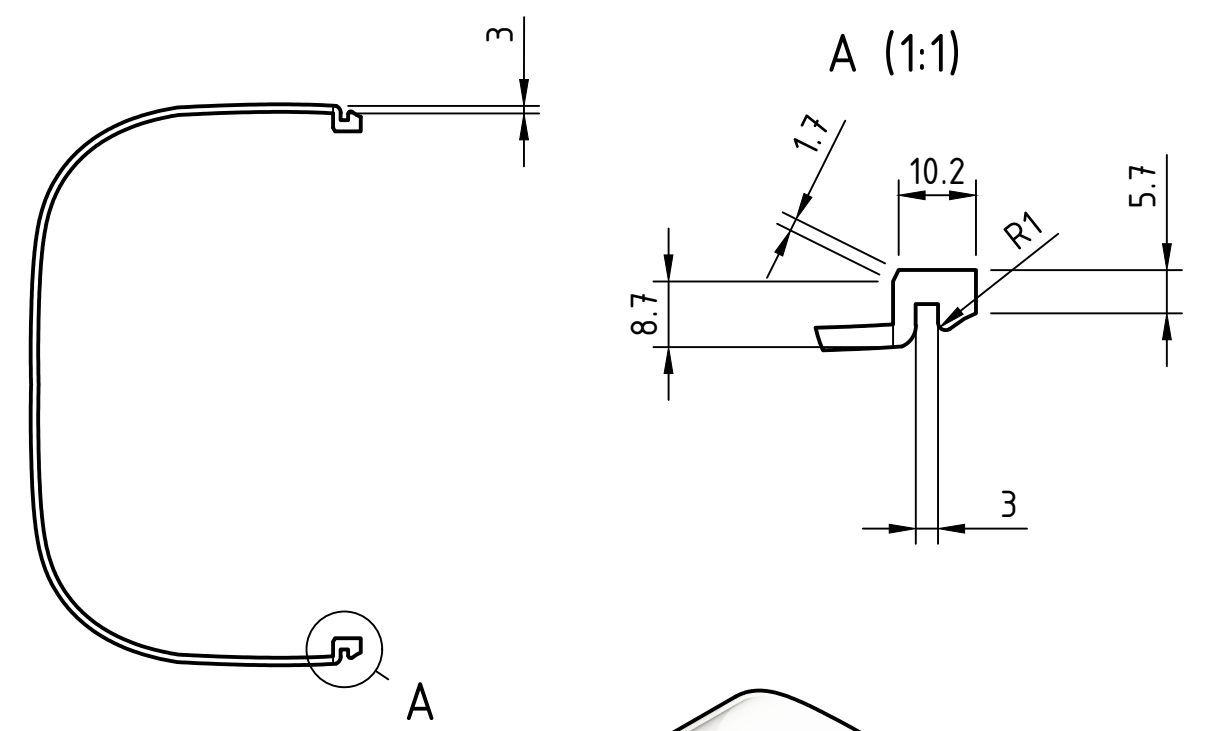
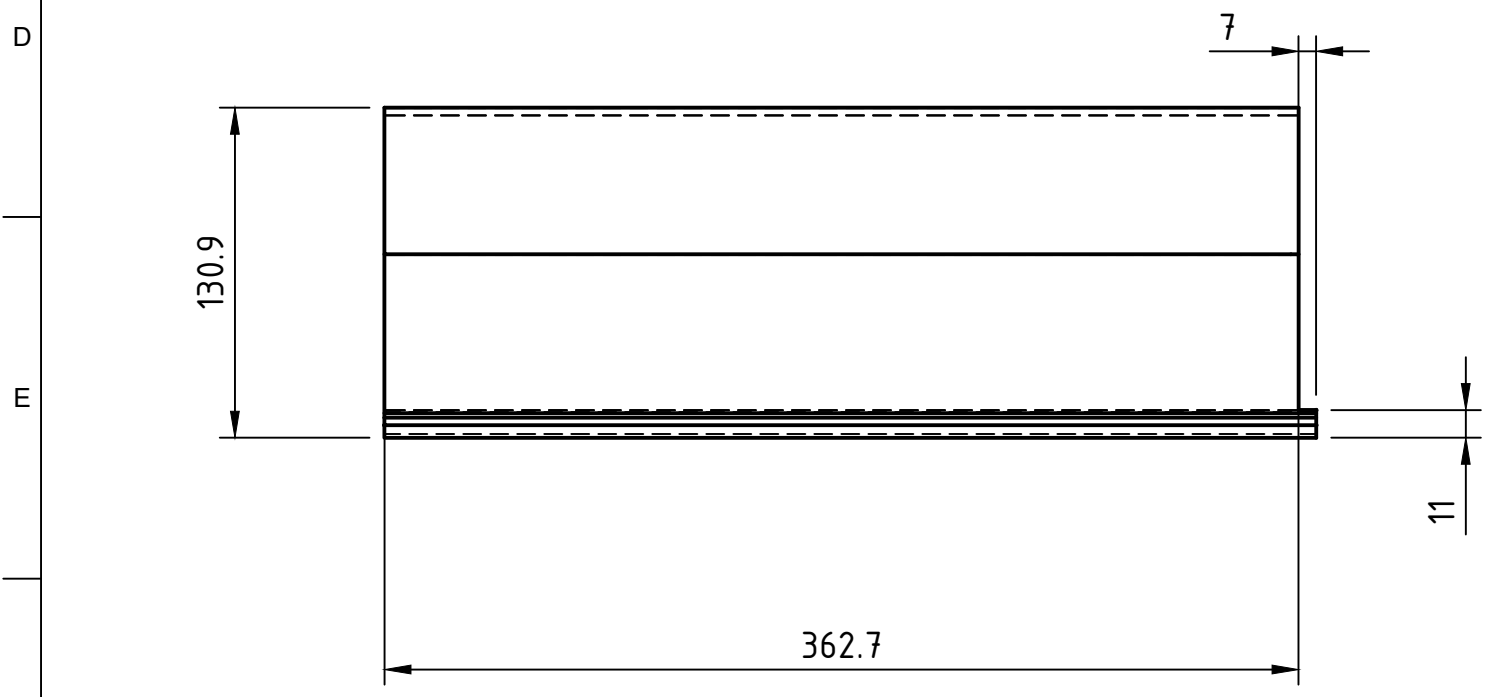
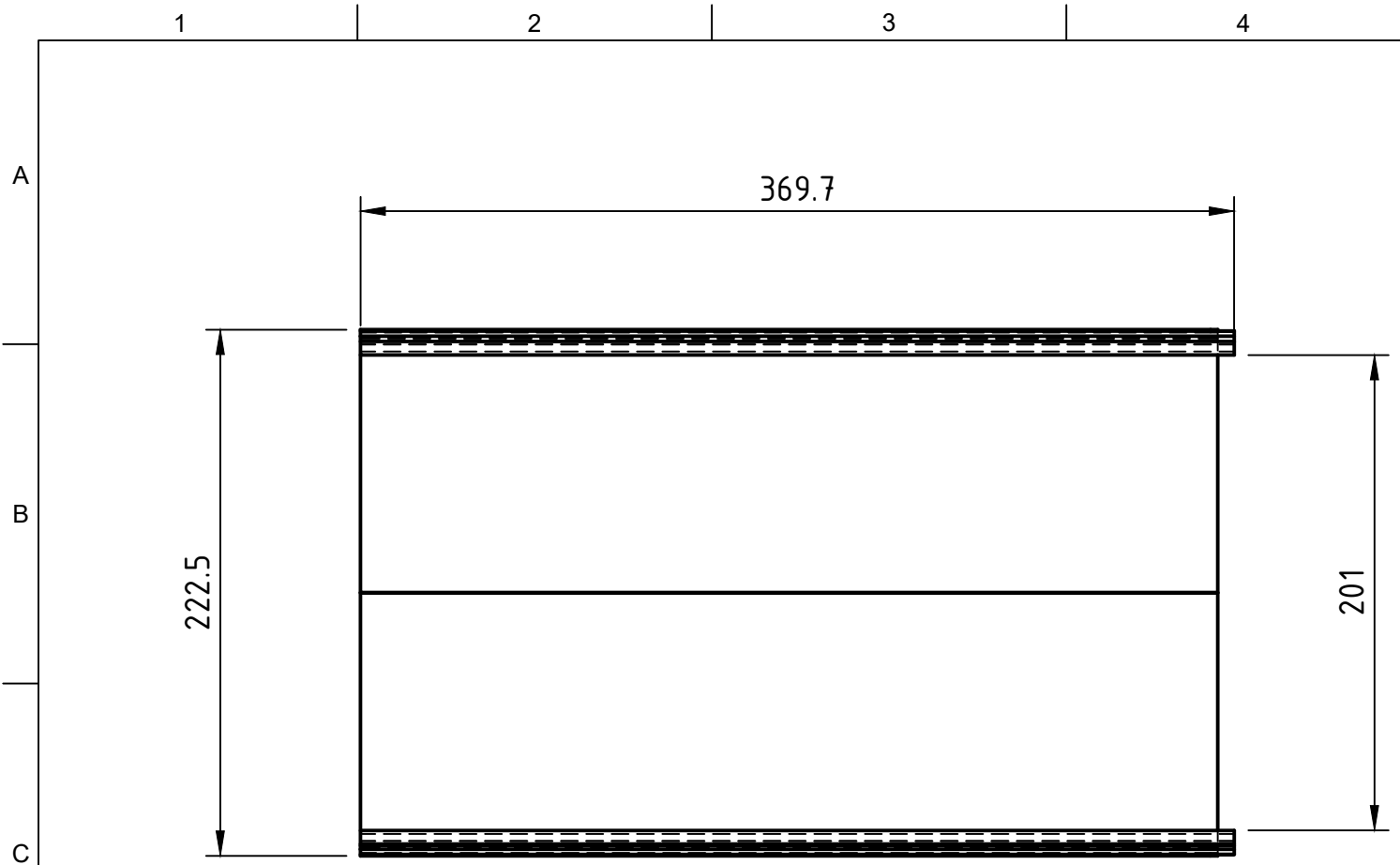
Dept.	Technical reference	Created by Javier Camino 01/09/2021	Approved by
		Document type ESCALA: 1:5	Document status
		Title Carcasa exterior	DWG No.
		Rev.	Date of issue
		Sheet 1/1	



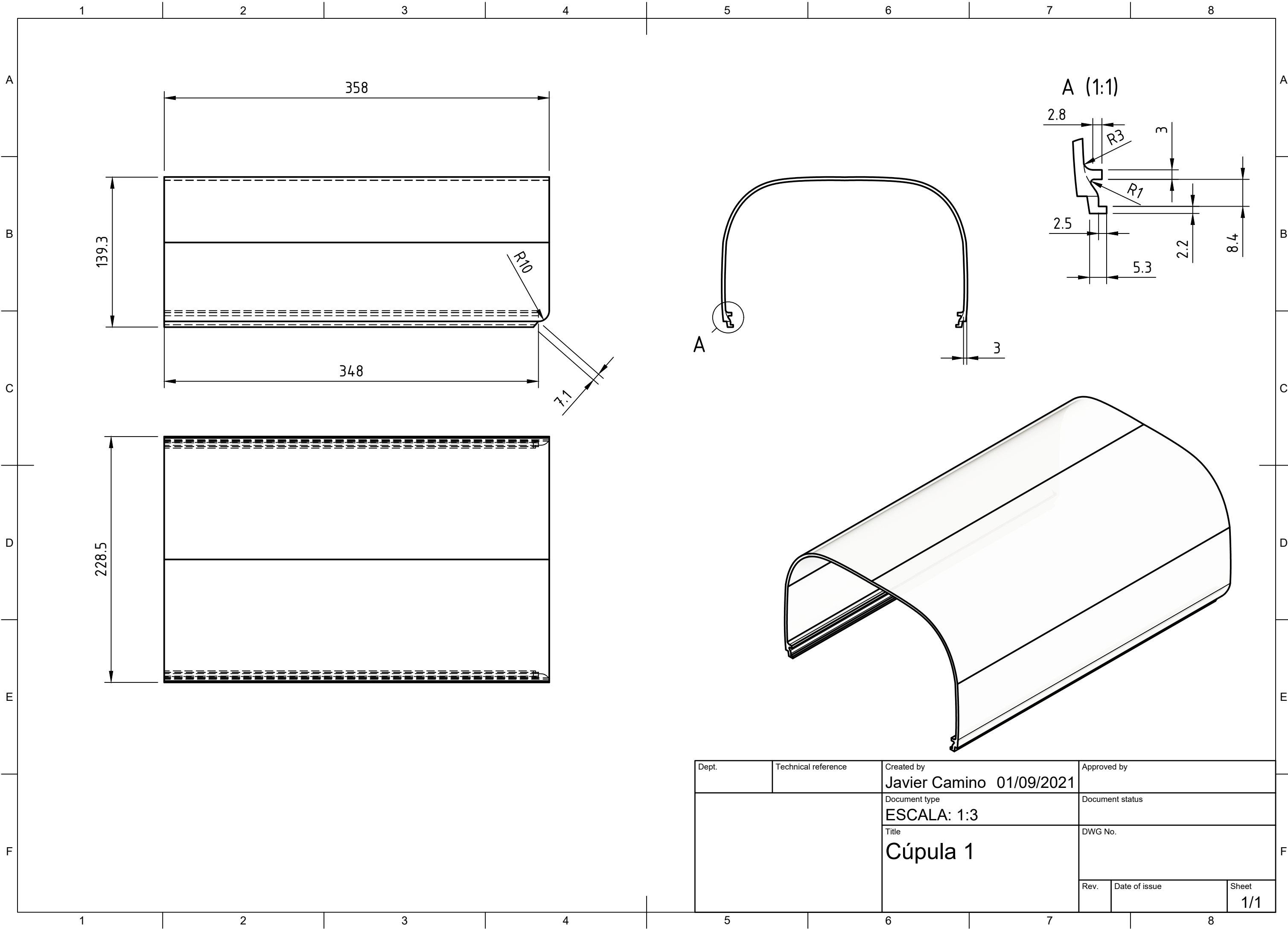
Dept.	Technical reference	Created by Javier Camino 01/09/2021	Approved by
		Document type ESCALA: 1:1	Document status
		Title Célula de carga	DWG No.
	Rev.	Date of issue	Sheet 1/1



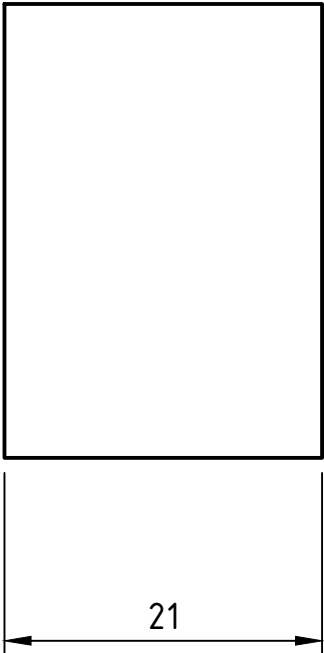
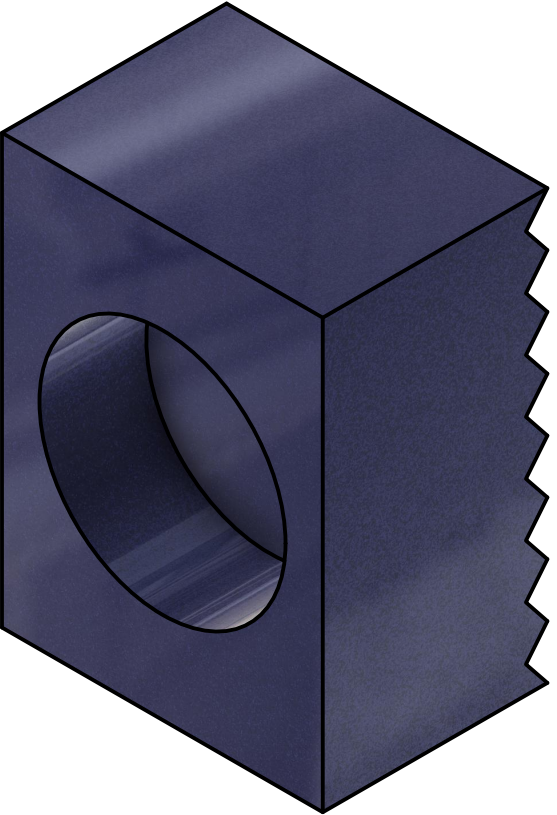
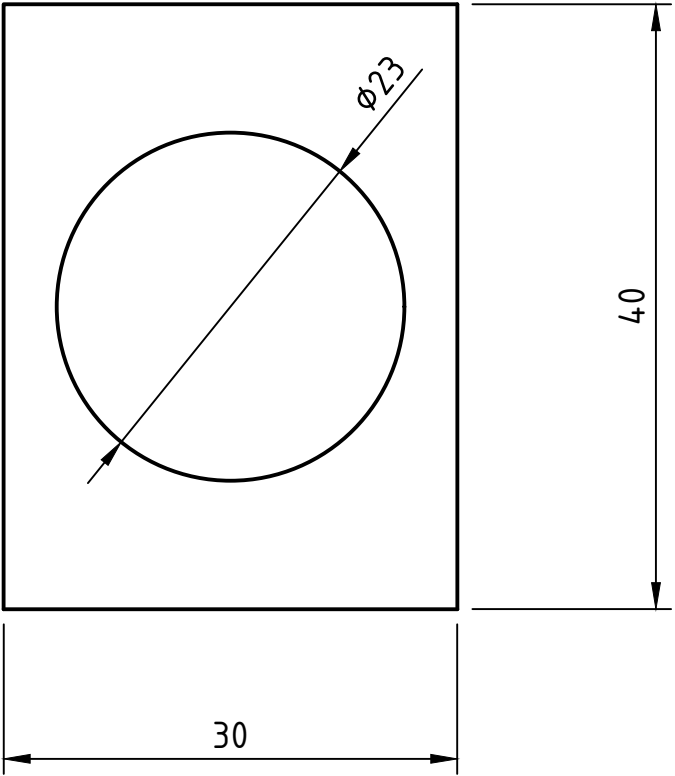
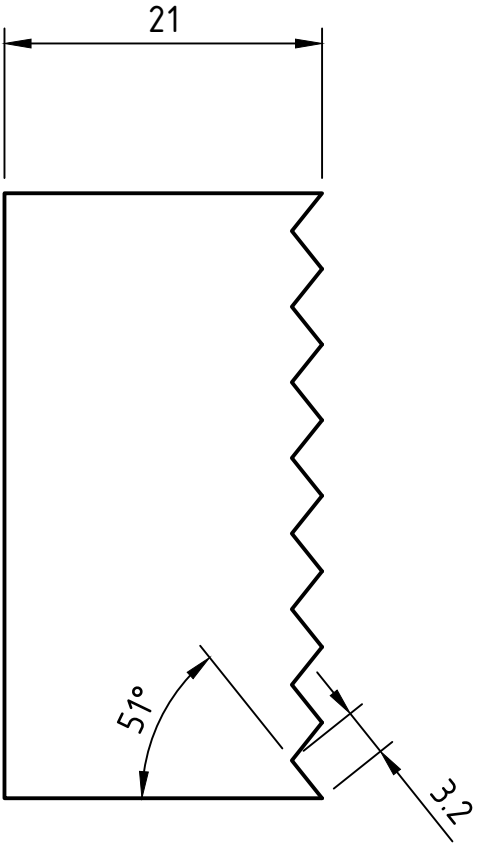
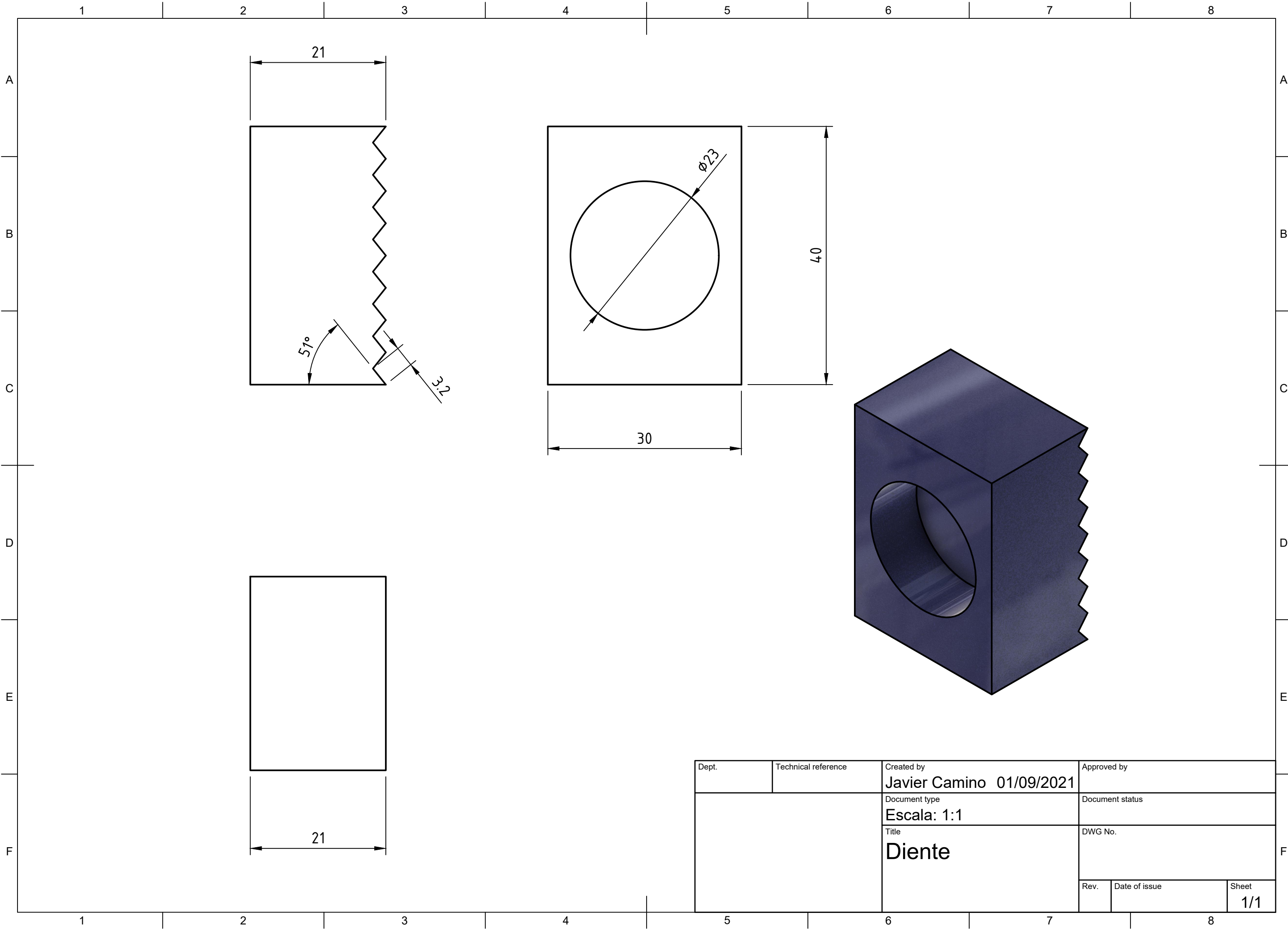
Dept.	Technical reference	Created by Javier Camino 01/09/2021	Approved by
		Document type ESCALA: 1:1	Document status
		Title Cubre-motor	DWG No.
Rev.	Date of issue	Sheet 1/1	



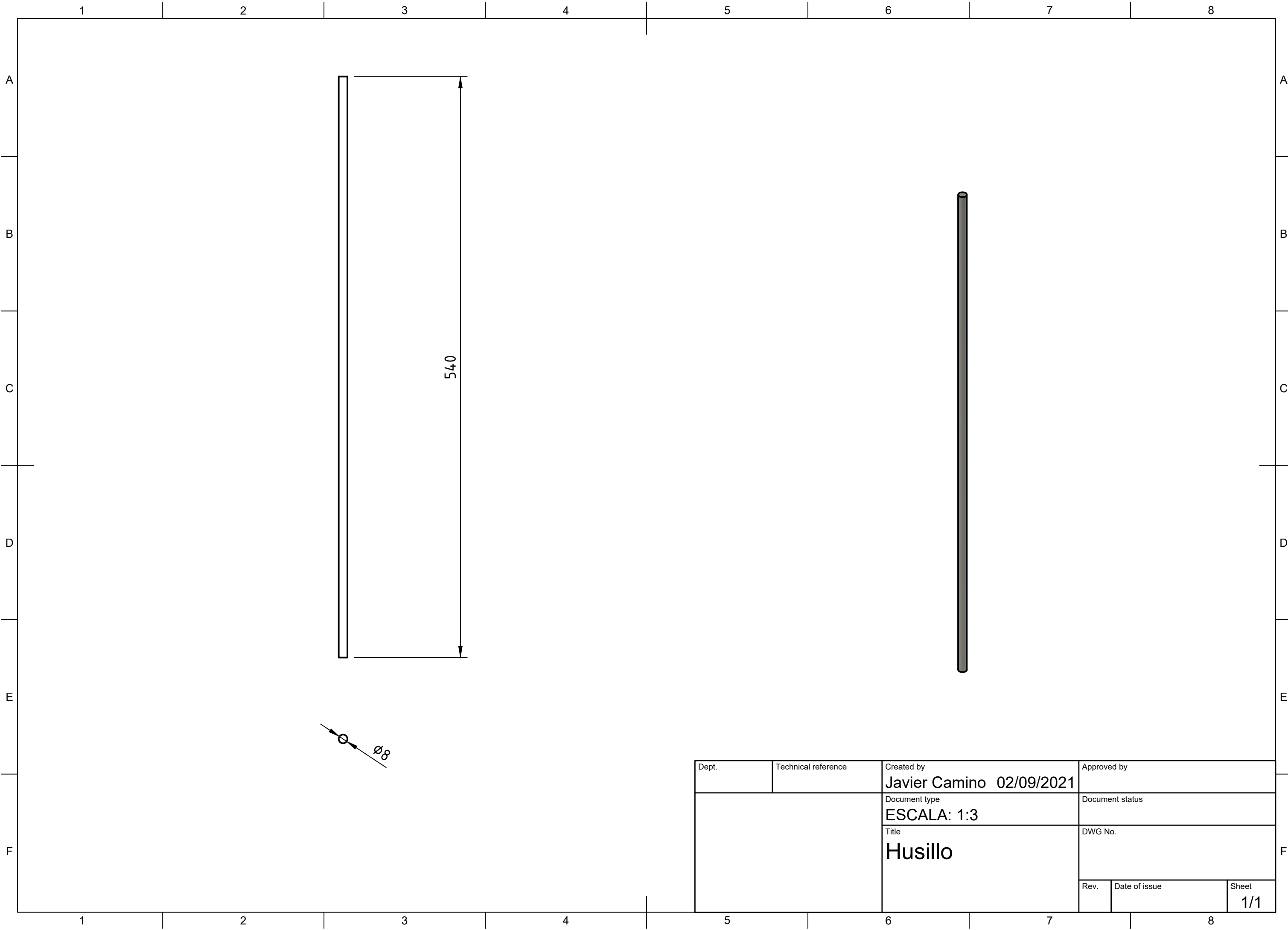
Dept.	Technical reference	Created by Javier Camino 01/09/2021	Approved by
		Document type ESCALA: 1:3	Document status
		Title Cúpula 2	DWG No.
		Rev.	Date of issue
		Sheet 1/1	



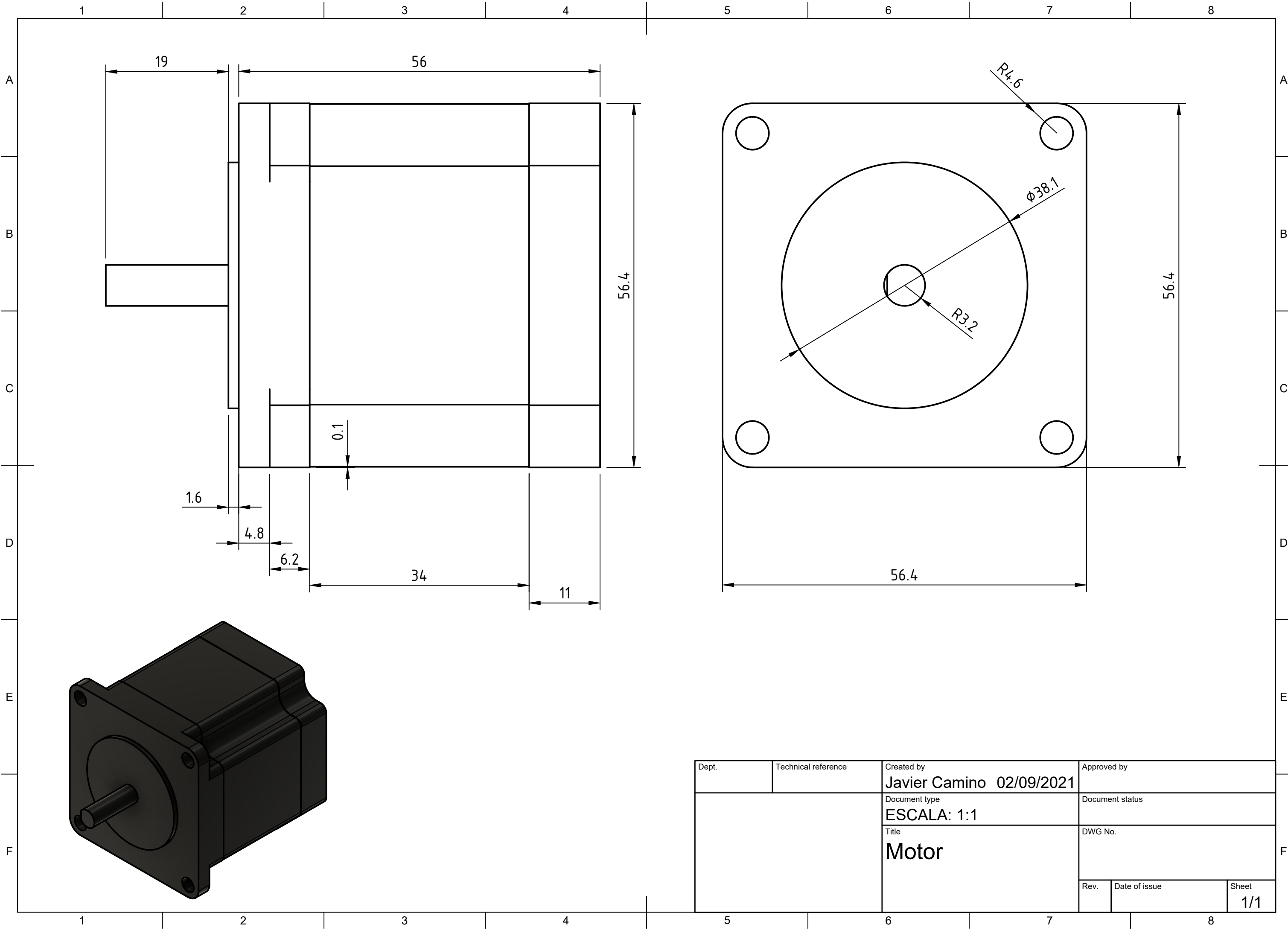
Dept.	Technical reference	Created by Javier Camino 01/09/2021	Approved by
		Document type ESCALA: 1:3	Document status
		Title Cúpula 1	DWG No.
	Rev.	Date of issue	Sheet 1/1



Dept.	Technical reference	Created by Javier Camino 01/09/2021	Approved by
		Document type Escala: 1:1	Document status
		Title Diente	DWG No.
	Rev.	Date of issue	Sheet 1/1



Dept.	Technical reference	Created by Javier Camino 02/09/2021	Approved by
		Document type ESCALA: 1:3	Document status
		Title Husillo	DWG No.
			Rev. Date of issue Sheet 1/1



Dept.	Technical reference	Created by Javier Camino 02/09/2021	Approved by
		Document type ESCALA: 1:1	Document status
		Title Motor	DWG No.
	Rev.	Date of issue	Sheet 1/1

PLIEGO DE CONDICIONES

Índice

Definición y alcance del pliego	3
Especificaciones técnicas	3
Componentes	5

Definición y alcance del pliego

El denominado pliego de condiciones técnicas se refiere al proyecto de diseño y desarrollo de una máquina de ensayos para muestras de impresión 3D, en el que se muestra la normativa general que afecta a la propuesta.

El procedimiento y desarrollo de este pliego de condiciones tiene como propósito definir y desarrollar los aspectos técnicos, facultativos, legislativos y económicos para el desarrollo y fabricación de la máquina de ensayos para muestras de impresión 3D.

Para desarrollarlo, se consultaron las páginas citadas en la bibliografía, así como se utilizó la experiencia profesional propia.

Especificaciones técnicas

Este documento recoge detalles del producto bajo la normativa UNE (Asociación Española de Normalización) correspondientes a:

Normas UNE en base a los tableros de fibras:

UNE-EN 622-1:2004

Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 1: Requisitos generales

UNE-EN 622-2:2004

Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 2: Especificaciones para los tableros de fibras duros.

UNE-EN 622-3:2005

Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 3: Especificaciones para los tableros de fibras semiduros.

UNE-EN 622-4:2010

Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 4: Requisitos para tableros de baja densidad.

UNE-EN 622-5:2010

Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 5: Requisitos de los tableros de fibras fabricados por proceso seco (MDF).

Normas UNE en base a plásticos:

UNE-EN ISO 7823-1:2003

Plásticos. Hojas de poli(metacrilato de metilo). Tipos, dimensiones y características.

Parte 1: Hojas coladas (ISO 7823- 1:2003)

UNE-EN ISO 7823-2:2003

Plásticos. Hojas de poli(metacrilato de metilo). Tipos, dimensiones y características.

Parte 2: Hojas extruidas calandradas (ISO 7823- 2:2003)

UNE-EN ISO 7823-3:2008

Plásticos. Hojas de poli(metacrilato de metilo). Tipos, dimensiones y características.

Parte 3: Hojas coladas continuas. (ISO 7823-3:2007)

UNE-EN ISO 527-1:2012

Plásticos. Determinación de las propiedades en tracción. Parte 1: Principios generales. (ISO 527-1:2012).

UNE-ISO 23529:2020

Elastómeros. Procedimientos generales de preparación y acondicionamiento de probetas para ensayos físicos.

UNE-EN ISO 16012:2016

Plásticos. Determinación de las dimensiones lineales de las probetas. (ISO 16012:2015).

Normas UNE en base a maquinaria para plásticos:

UNE-EN 1114-1

Maquinaria para plásticos y caucho. Extrusoras y líneas de extrusión. Parte 1: Requisitos de seguridad para extrusoras

Normas UNE en base a aparatos eléctricos domésticos y de oficina:

UNE-EN 50564

Aparatos eléctricos y electrónicos domésticos y de oficina.

Medición del consumo de baja potencia

Normas UNE en base a la seguridad de las máquinas:

UNE-EN 60204-1

Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas.

Parte 1: Requisitos generales

UNE-EN ISO 12100

Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño.

Evaluación del riesgo y reducción del riesgo

UNE-EN ISO 13849-2

Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando
relativas a la seguridad. Parte 2: Validación

UNE 36401:1981

ENSAYOS DE TRACCION A TEMPERATURA AMBIENTE DE PRODUCTOS DE
ACERO

Componentes

-Conjunto Viga en C + Motor NEMA 23:

Este conjunto será comprado al proveedor “Openbuilds Partstore”.

La viga en C es de aluminio, fabricada por extrusión y corte, al igual que las tapas posterior y superior y el apoyo del soporte de la célula de carga.

El motor es diseñado y fabricado por “Openbuilds Partstore”

-Husillo:

Será comprado en “Openbuilds Partstore”.

El husillo será de acero, para conseguir una mayor resistencia al desgaste.

Son fabricados por tornos con un mecanizado externo.

-Placa base:

La placa base donde se apoyará el conjunto será de aluminio, para aportar mayor ligereza, en concreto, de aluminio 606-T6.

Esta placa también será suministrada por “Openbuilds Partstore”.

El proceso de fabricación de estas placas consiste en hornos de producción, con su posterior corte con láser o sierra.

-Célula de carga S 101BH:

Será suministrada por “Openbuilds Partstore”.

El diseño y desarrollo de la misma correrá a cargo del mismo proveedor.

Sus componentes son de aluminio, para asegurar ligereza puesto que son relativamente grandes.

-Soporte de la célula de carga:

El diseño y desarrollo es propio.

El material de este componente será plástico (PLA) reforzado con fibra de vidrio. De esta forma, se conseguirán resistencias similares a las del aluminio.

Para ello será necesaria su fabricación mediante impresoras 3D como pueden ser: “Markforged” o “Tumaker”. Para conseguir esas resistencias, es fundamental conocer las áreas más débiles para aportar ese refuerzo y la orientación de la fibra.

Además, para fabricación de piezas particulares, es preferible la impresión 3D frente a la inyección, debido a los costes.

-Soporte mordaza inferior:

Diseño y desarrollo propios.

El material de este soporte debe ser resistente, puesto que debe soportar el esfuerzo de subida de la mordaza superior.

Por tanto, se opta por impresión 3D (PLA) con fibra de vidrio que lo refuerza.

Para ello, se imprimirá en “Markforged”.

-Cubre-Motor:

Diseño y desarrollo propios.

El material de este soporte no va a ser sometido a grandes esfuerzos, simplemente cumple la función de cubrir al motor y alojar la electrónica.

Por tanto, se opta por impresión 3D (PLA).

Para ello, se imprimirá en “Markforged”.

-Mordazas:

-Tapa:

Diseño y desarrollo propios.

Este componente será fabricado con impresión 3D (PLA) sin necesidad de refuerzos, puesto que es una pieza que no va a estar expuesta a un gran esfuerzo, su función es cubrir los componentes internos de la mordaza. Es suficiente con imprimir la pieza con una alta densidad de relleno, en “Anisoprint”.

-Base:

Diseño y desarrollo propios.

La base estará sometida a un gran esfuerzo, puesto que será la que sujete, junto con los dientes, la probeta. Por tanto, será impresa en 3D (PLA) y reforzada con fibra de vidrio.

Para ello, será fabricada con impresoras como “Markforged”.

-Dientes:

Diseño y desarrollo propios.

Al igual que la base, va a ser sometido a grandes esfuerzos. Además, estos tienen que ejercer presión sobre la probeta para sujetarla.

Serán impresos en 3D con gran relleno de fibra de vidrio o carbono, en “Markforged”.

-Rodamientos:

Será suministrada por “Openbuilds Partstore”.

El diseño y desarrollo de los mismos correrá a cargo del mismo proveedor.

Sus componentes son de aluminio, para asegurar ligereza.

-Perillas de apriete:

Perillas apriete suministradas por “RS Componentes”.

Combinan un tornillo de M8 con un mango de plástico inyectado.

-Carcasa exterior:

-Base blanca:

Diseño y desarrollo propios.

Será producido en polipropileno.

Para producir esta pieza tan grande será necesario recurrir a la inyección, sobreinyectando los detalles azules en plástico de menor densidad o silicona.

Se pueden imprimir prototipos en impresoras 3D como “Blackbelt”, que permite imprimir a 45° piezas muy grandes, pero con muy bajas resistencias.

-Cúpula:

Diseño y desarrollo propios.

Debido a sus características físicas (transparente para permitir la visibilidad), se recurre al PMMA o metacrilato, que tiene un 93% de transparencia.

Para fabricarlo se recurre a la extrusión y corte por láser.

-Tornillos:

Para facilitar el montaje, y debido a que cumplen con las condiciones de resistencia y esfuerzo deseadas, se ha optado por tornillos de M5 en casi todas las uniones atornilladas, salvo en la unión de la célula de carga a la mordaza y al soporte, que se utiliza M12 debido a condiciones de la célula de carga, en las perillas de las mordazas, que se utiliza M8, y para la unión de las mordazas a su base, que se utiliza M10.

Ambos tipos de tornillos serán suministrados por “Openbuilds Partstore”.

El material de estos tornillos es acero galvanizado.

El diseño y desarrollo de los mismos corren a cargo de “Openbuilds Partstore”.

PRESUPUESTO

Índice

Definición y alcance del presupuesto	3
Material comprado.....	4
Piezas fabricadas.....	5
Presupuesto final	8

Índice de tablas

Tabla 1. Material comprado.....	4
Tabla 2. Presupuesto soporte célula de carga	5
Tabla 3. Presupuesto soporte mordaza inferior	5
Tabla 4. Presupuesto cubre-motor	5
Tabla 5. Presupuesto tapa mordazas.....	6
Tabla 6. Presupuesto base mordazas	6
Tabla 7. Presupuesto dientes	6
Tabla 8. Presupuesto base blanca carcasa exterior	7
Tabla 9. Presupuesto cúpula	7
Tabla 10. Presupuesto coste total material comprado	7
Tabla 11. Presupuesto final	8

Definición y alcance del presupuesto

Este presupuesto se realiza con el fin de hacer un resumen detallado del coste que supone fabricar el producto final.

Se debe tener en cuenta que el producto está destinado al uso particular, por ello se han optado por medios de producción mas baratos y al alcance de cualquier usuario.

Los valores de los precios de los materiales, mano de obra, coste de funcionamiento de maquinaria, beneficio empresarial y demás costes variables están basados en mi experiencia profesional en las empresas OscaSistemas S.L.U., Uniqo Custom Engineering y Kepar Group.

En OscaSistemas S.L.U. desarrollé proyectos del sector de la automoción, cumpliendo con diseño, desarrollo y fabricación en centros de mecanizado e inyección.

En Uniqo Custom Engineering desarrollé proyectos de ingeniería, fabricando en impresión 3D, fibra de carbono, fibra de vidrio, chapa plegada y embutida.

En Kepar Group estoy desarrollando las partes mecánicas de proyectos electrónicos, mediante prototipos con impresión 3D, mecanizando prototipos finales y fabricando piezas en gran cantidad en inyección.

Material comprado

Placa Base					
Pieza					
Ref	Descripcion	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
1	Placa base - Base blanca (carcasa ext.)	Ud.	1		
Conjunto Viga en C + Motor NEMA 23					
Pieza					
Ref	Descripcion	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
2	Viga en C - Placa base	Ud.	1	112,99	112,99
Husillo					
Pieza					
Ref	Descripcion	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
3	Viga en C - Husillo	Ud.	1	10,99	10,99
Célula de carga S101BH					
Pieza					
Ref	Descripcion	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
4	Soporte célula - Mordaza sup.	Ud.	1	94,5	94,5
Rodamientos					
Pieza					
Ref	Descripcion	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
5	Perilla - Rodamiento.	Ud.	4	3,65	14,6
Perillas de apriete					
Pieza					
Ref	Descripcion	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
5	Rodamiento - Perilla	Ud.	4	2,2	8,8
Tornillos					
Pieza					
Ref	Descripcion	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
6	Uniones atornilladas	Ud.	45	0,89	40,05
7	Célula de carga - Mordaza sup.		1	2,087	2,087
TOTAL					284,017

Tabla 1. Material comprado

Piezas fabricadas

Soporte célula de carga					
Materia prima					
Ref	Descripcion	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
8	PLA	Bobina hilo	"1/4"	18,99	4,745
9	Fibra de vidrio	Bobina hilo	"1/20"	235	11,75
Proceso					
Ref	Descripcion	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
10	Impresión 3D	h	5h	8 cent/hora	40 cent
Beneficio empresa					
Ref	Descripcion				Precio Parcial
11	20%				3,37
TOTAL					20,19

Tabla 2. Presupuesto soporte célula de carga

Soporte mordaza inferior					
Materia prima					
Ref	Descripcion	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
12	PLA	Bobina hilo	"1/3,5"	18,99	5,42
13	Fibra de vidrio	Bobina hilo	"1/20"	235	11,75
Proceso					
Ref	Descripcion	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
14	Impresión 3D	h	5h 30min	8 cent/hora	44 cent
Beneficio empresa					
Ref	Descripcion				Precio Parcial
15	20%				3,52
TOTAL					21,14

Tabla 3. Presupuesto soporte mordaza inferior

Cubre-motor					
Materia prima					
Ref	Descripcion	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
16	PLA	Bobina hilo	"1/5"	18,99	3,798
Proceso					
Ref	Descripcion	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
17	Impresión 3D	h	4h	8 cent/hora	32 cent
Beneficio empresa					
Ref	Descripcion				Precio Parcial
18	20%				0,82
TOTAL					4,93

Tabla 4. Presupuesto cubre-motor

Trabajo de Fin de Máster: Máquina de ensayos para muestras de impresión 3D

Tapa mordazas					
Materia prima					
Ref	Descripcion	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
19	PLA	Bobina hilo	"1/6"	18,99	3,16
Proceso					
Ref	Descripcion	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
20	Impresión 3D	h	2h	8 cent/hora	16 cent
Beneficio empresa					
Ref	Descripcion				Precio Parcial
21	20%				0,66
TOTAL					3,98

Tabla 5. Presupuesto tapa mordazas

Base mordazas					
Materia prima					
Ref	Descripcion	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
22	PLA	Bobina hilo	"1/5"	18,99	3,79
23	Fibra de vidrio	Bobina hilo	"1/25"	235	9,4
Proceso					
Ref	Descripcion	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
24	Impresión 3D	h	4h	8 cent/hora	32 cent
Beneficio empresa					
Ref	Descripcion				Precio Parcial
25	20%				2,7
TOTAL					16,2

Tabla 6. Presupuesto base mordazas

Dientes					
Materia prima					
Ref	Descripcion	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
26	PLA	Bobina hilo	"1/15"	18,99	1,58
27	Fibra de vidrio	Bobina hilo	"1/25"	235	9,4
Proceso					
Ref	Descripcion	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
28	Impresión 3D	h	1h	8 cent/hora	8 cent
Beneficio empresa					
Ref	Descripcion				Precio Parcial
29	20%				2,36
TOTAL					14,6

Tabla 7. Presupuesto dientes

Base blanca carcasa exterior					
Materia prima					
Ref	Descripción	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
30	Polipropileno	kg	"2"	1,7	3,4
31	Pintura	L	"1/2"	6,4	3,2
Proceso					
Ref	Descripción	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
32	Inyección	h	1	40 €/hora	40
Beneficio empresa					
Ref	Descripción				Precio Parcial
33	30%				13,98
TOTAL					60,58

Tabla 8. Presupuesto base blanca carcasa exterior

Cúpula					
Materia prima					
Ref	Descripción	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
34	Metacrilato	kg	"1"	8,5	8,5
Proceso					
Ref	Descripción	Ud.	Cant.	Precio Unitario	Precio Parcial
35	Extrusión	h	1	20 €/hora	20
36	Corte láser	h	30 min	10€/hora	5
Beneficio empresa					
Ref	Descripción				Precio Parcial
37	20%				6,7
TOTAL					40,2

Tabla 9. Presupuesto cúpula

Coste total material comprado			
Producto	Cant.	Precio unitario	Precio final
Soporte cel. Carga	1	20,19	20,19
Soporte mordaza inf.	1	21,14	21,14
Cubre-motor	1	4,93	4,93
Tapa mordazas	2	3,98	7,96
Base mordazas	2	16,2	32,4
Dientes	4	14,6	58,4
Base blanca carcasa ext.	1	60,58	60,58
Cúpula	2	40,2	80,4
TOTAL			286

Tabla 10. Presupuesto coste total material comprado

Presupuesto final

MATERIAL COMPRADO	MATERIAL FABRICADO	TOTAL
284,017	286	570,017

Tabla 11. Presupuesto final