



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de  
Producto**

**Diseño de una plataforma intermedia adaptada a un chasis  
de una silla de ruedas**

**Autor:**

**López García, Beatriz Isabel**

**Tutor:**

**Mostaza Fernández, Roberto**

**Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería  
Metalúrgica, Expresión Gráfica en la Ingeniería, Ingeniería  
Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría, Ingeniería  
Mecánica e Ingeniería de los Procesos de Fabricación**

**Valladolid, julio 2021**

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se muestra y desarrolla el proceso de diseño, dimensionamiento y ensayos realizados de una plataforma intermedia que se adapta al chasis de una silla de ruedas para facilitar el trabajo de fisioterapeutas y del personal a cargo de personas con movilidad reducida, permitiendo que el asiento realice un giro de 90° sin necesidad de que el usuario se traslade de su propio asiento.

Inicialmente se ha realizado un trabajo de campo enfocado en tres vías. Primero consultando a usuarios, segundo a profesionales especializados en terapias para personas con movilidad reducida, para valorar el tipo de problemas con los que conviven a diario. Y por último se ha realizado una labor de investigación sobre las empresas que están desarrollando nuevos métodos y elementos para mejorar el día a día del usuario en todos los aspectos de su vida cotidiana. Además, se ha realizado un análisis de los diferentes tipos de sillas de ruedas que se pueden encontrar en el mercado detallando la finalidad específica de cada una de ellas y se ha hecho un estudio de cada uno de los componentes de las sillas de ruedas.

Una vez identificados los aspectos más generales se ha comenzado a realizar la labor de diseño del mecanismo de movimiento de la base para que cumpla con los objetivos propuestos. Cuando ya se conoce el sistema de movimiento y las restricciones que tiene que cumplir se proceden a realizar el diseño y parametrizado de cada uno de los elementos que compondrán la base permitiéndonos tomar decisiones en función de las dimensiones de partida con las que contamos gracias al chasis. También, se han tomado decisiones sobre las proporciones que debe cumplir el sistema, los movimientos que tienen que realizar cada uno de los componentes y los materiales en los que se fabricarán las piezas.

Para realizar la simulación del movimiento de la plataforma intermedia así como para realizar el diseño completo de toda la base, se ha utilizado el programa *Catia V5* de la empresa *Dassault Systèmes* ya que nos permite por una parte visualizar de forma rápida el movimiento y por otra establecer una serie de condiciones mecánicas y físicas de la base intermedia.

Por último, se han realizado una serie de ensayos de tensiones de los elementos que componen el conjunto de la plataforma intermedia, para verificar si las decisiones tomadas durante el proceso de diseño han sido las más apropiadas para cada uno de los elementos, así como comprobar si los materiales seleccionados no plastifican y por tanto podrán soportar el peso del usuario. Para realizar estos estudios se ha utilizado el programa *Inventor Professional* de la empresa *Autodesk*.

## **PALABRAS CLAVE**

Plataforma intermedia – Giro de 90° - Mesa auxiliar – Silla de Ruedas - Usuario

## **ABSTRACT**

This work shows and develops the process of design, dimensioning and tests carried out on an intermediate platform that adapts to the chassis of a wheelchair to facilitate the work of physiotherapists and staff in charge of people with reduced mobility, allowing the seat makes a 90° turn without the need for the user to move from their own seat.

Initially, a three-way focused field work has been carried out. First by consulting users, second by professionals specialized in therapies for people with reduced mobility, to assess the type of problems they live with on a daily basis. And finally, research has been carried out on companies that are developing new methods and elements to improve the user's daily life in all aspects of their daily life. In addition, an analysis has been carried out of the different types of wheelchairs that can be found on the market, detailing the specific purpose of each one of them and a study has been made of each of the wheelchair components.

Once the most general aspects have been identified, work has begun to design the movement mechanism of the base so that it meets the proposed objectives. When the movement system and the restrictions that it has to comply with are already known, we proceed to carry out the design and parameterization of each of the elements that will make up the base, allowing us to make decisions based on the starting dimensions that we have thanks to the chassis. . Also, decisions have been made on the proportions that the system must meet, the movements that each of the components have to perform and the materials in which the parts will be manufactured.

To simulate the movement of the intermediate platform as well as to carry out the complete design of the entire base, the Catia V5 program from Dassault Systèmes has been used since it allows us on the one hand to quickly visualize the movement and on the other establish a series of mechanical and physical conditions of the intermediate base.

Finally, a series of stress tests have been carried out on the elements that make up the set of the intermediate platform, to verify whether the decisions made during the design process have been the most appropriate for each of the elements, as well as to check if the selected materials do not plasticize and therefore will be able to support the weight of the user. To carry out these studies, the Inventor Professional program from Autodesk has been used.

## **KEYWORDS**

Intermediate platform - 90° turn - Auxiliary table - Wheelchair - User

## ÍNDICE

ÍNDICE.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	10
2.1. Antecedentes .....	10
2.2. Importancia y alcance .....	10
3. OBJETIVOS.....	11
3.1. Objetivo General .....	11
3.2. Objetivos Específicos.....	11
4. MARCO TEÓRICO. LAS SILLAS DE RUEDAS .....	12
4.1. Evolución histórica .....	12
4.2. Tipos de sillas de ruedas.....	16
4.3. Componentes de las sillas de ruedas .....	19
5. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	25
5.1. Investigación de campo.....	25
5.2. Estado del arte .....	27
6. ANÁLISIS DE LA SILLA DE RUEDAS CARONY.....	30
6.1. Asiento .....	30
6.2. Chasis de la silla de ruedas.....	32
6.3. Base giratoria .....	34
7. DESARROLLO DE LOS PRODUCTOS.....	35
7.1. Análisis de los productos diseñados.....	35
7.1.1. Plataforma intermedia .....	35
7.1.2. Mesa auxiliar de apoyo .....	52
7.2. Sistemas de movimiento y seguridad .....	60
7.2.1. Movimiento de 90° de la plataforma intermedia .....	60
7.2.2. Sistema de seguridad de la base superior móvil.....	64
7.2.3. Sistema de bloqueo del asiento sobre las guías.....	65
7.2.4. Sistema de unión entre la plataforma intermedia y la mesa auxiliar de apoyo ..	67
7.2.5. Sistema de elevación de la mesa.....	69
7.3. Montaje de los productos .....	70
7.3.1. Plataforma intermedia .....	70
7.3.2. Mesa auxiliar de apoyo .....	71
8. ENSAYOS MECÁNICOS.....	73
9. RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	85

10.	LÍNEAS FUTURAS .....	88
11.	BIBLIOGRAFÍA .....	89
	ANEJOS .....	92
	Planos .....	92

## **ÍNDICE DE PLANOS**

Plano 0.1: Plano de conjunto de la plataforma intermedia

Plano 1: Chapa inferior plataforma

Plano 2: Ruedas grandes plataforma

Plano 3: Ruedas pequeñas plataforma

Plano 4: Eje de las ruedas pequeñas

Plano 5: Eje de las ruedas grandes

Plano 6: Plaquita ruedas traseras

Plano 7: Eje superior ruedas pequeñas

Plano 8: Plaquita ruedas delantera izquierda

Plano 9: Plaquita ruedas delantera derecha

Plano 10: Elemento de sujeción rueda pequeña

Plano 11: Guía en forma de T

Plano 12: Topes final de la guía en T

Plano 13: Palanca

Plano 14: Eje y pletina de la palanca

Plano 15: Recubrimiento de la palanca

Plano 16: Chapa superior de la plataforma

Plano 17: Plataforma de rodillos

Plano 18: Rodillos

Plano 19: Eje de los rodillos

Plano 20: Guía izquierda

Plano 21: Guía derecha

Plano 22: Topes traseros guías

Plano 23: Topes delanteros guías

Plano 24: Sistema de sujeción izquierdo

Plano 25: Sistema de sujeción derecho

Plano 26: Pistón de sujeción del asiento

Plano 0.2: Plano de soldadura

Plano 0.3: Plano de conjunto de la mesa auxiliar

Plano 1: Tablero de la mesa de apoyo

Plano 2: Guía izquierda

Plano 3: Guía derecha

Plano 4: Topes finales guías

Plano 5: Topes delanteros guías

Plano 6: Chapas del recubrimiento

Plano 7: Pistón de sujeción del asiento

## **Diseño de una plataforma intermedia adaptada a un chasis de una silla de ruedas**

### 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad muchas personas padecen patologías o tienen algún tipo de discapacidad que les obliga a tener que utilizar dispositivos de movilidad para poder tener una vida lo más normal posible. Las sillas de ruedas, tanto manuales como eléctricas, se diseñaron para facilitar la vida de los usuarios en base a sus necesidades y condiciones individuales pensando siempre en su protección, su seguridad y buscando la mejora en su calidad de vida.

Partiendo de estas condiciones y buscando siempre realizar mejoras que les faciliten la vida tanto a los usuarios de sillas de ruedas como a las personas de su entorno, se ha desarrollado un proyecto de diseño y construcción de una plataforma que se adapta al chasis y que permite una rotación de la base del asiento de 90°. Este nuevo diseño facilita al personal fisioterapeuta, encargado de realizar las rehabilitaciones con los usuarios, el poder trasladar al paciente desde un lugar y una altura más cómoda evitando así que realicen un exceso de esfuerzo cuando intenten trasladarle desde la silla de ruedas hasta la camilla, reduciendo la posibilidad de sufrir incidentes.

El trabajo comienza con una investigación de campo bimodal donde se preguntó al personal especializado y a los usuarios, sobre cuáles son los principales problemas y posibles mejoras que se podrían realizar en este ámbito. Una vez definidos se procedió a realizar una comparación de los productos existentes en el mercado para buscar soluciones a las cuestiones inicialmente planteadas.

Teniendo claro estos puntos, se procedió a realizar un *bocetado inicial* para intentar incorporar las mejoras planteadas de forma que se adapten a lo ya existente en el mercado.

Tras observar que sobre el papel el mecanismo planteado resolvía de una forma sencilla el principal problema, se procedió a adaptar el mecanismo, en base a las dimensiones y parámetros obtenidos de las sillas de ruedas, utilizando programas de representación en 3D, *Catia V5* de la empresa *Dassault Systèmes*.

Comprobando que el sistema funcionaba de forma correcta, se diseñó sobre esa plataforma el resto de elementos que deben incorporarse a la base intermedia buscando siempre la comodidad y protección del usuario.

Por último, se realizó una serie de estudios, mediante el programa *Autodesk Inventor Professional*, que nos permitiera parametrizar las condiciones físicas y mecánicas que nosotros deseábamos, así como incorporar los materiales más apropiados que aligeren a nivel visual y estructural el prototipo. Una vez obtenidos los resultados, se procedió a analizar los datos y a tomar las decisiones técnicas más óptimas para el diseño.

## 2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

### 2.1. Antecedentes

En la actualidad los numerosos avances tecnológicos, en los diferentes ámbitos, suponen la mejora en la calidad de vida de los usuarios ya que les permite realizar numerosas actividades de forma más sencilla y completa. Las sillas de ruedas también han ido evolucionando para adaptarse a las necesidades de los usuarios a lo largo del tiempo. Los avances en ergonomía han permitido al usuario sentirse lo más cómodo posible ya que los asientos se adaptan a la perfección porque son moldeados dependiendo de sus necesidades. Los avances mecánicos sobre estos dispositivos permiten entre otras mejoras, un mayor control de la dirección, aligerar los materiales y una mayor adaptabilidad a los vehículos para facilitar el traslado, garantizando siempre la seguridad y comodidad del usuario.

El diseño innovador de la plataforma intermedia está orientado hacia el usuario que necesita un asiento ergonómico personalizado a sus necesidades, para poder ser trasladado a camillas, coches u otros espacios por otra persona sin necesidad de bajarse de su propio asiento.

### 2.2. Importancia y alcance

El mercado actual dispone de numerosas opciones que se adaptan a la seguridad y ergonomía de los pacientes, permitiendo que éstos se sientan cómodos y puedan realizar sus actividades con mayor o menor independencia adaptándose en lo posible a cada grado de discapacidad. Sin embargo, no se han encontrado otras opciones que además de preservar la seguridad y comodidad de los usuarios, faciliten a los fisioterapeutas y cuidadores realizar un esfuerzo excesivo en la maniobra de traslado del paciente desde su silla a la camilla de fisioterapia o al asiento de un coche y viceversa.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo General

Diseñar y dimensionar una plataforma intermedia de una silla de ruedas que se adapte al chasis de la *Silla de ruedas Carony*, creada por la empresa *BraunAbility*, permitiendo un giro de 90° con respecto a la posición normal sin necesidad de mover el asiento del usuario.

#### 3.2. Objetivos Específicos

- Recoger y analizar los principales problemas que tienen los usuarios de las sillas de ruedas, los fisioterapeutas y cuidadores.
- Diseñar una plataforma intermedia que permita facilitar el trabajo de traslado del usuario desde la silla a cualquier otro lugar.
- Dimensionar una plataforma intermedia que se adecue a los parámetros y dimensiones ya establecidos en el chasis de la *Silla de ruedas Carony*.
- Incorporar el asiento que el usuario considere más cómodo y se adapte de forma más apropiada a sus necesidades y gustos.
- Realizar pruebas de funcionamiento para comprobar que el sistema de movimiento diseñado es adecuado para nuestro objetivo.
- Realizar ensayos que nos permitan verificar que las decisiones tomadas y los materiales seleccionados son los más adecuados.

## 4. MARCO TEÓRICO. LAS SILLAS DE RUEDAS

Las sillas de ruedas son productos de apoyo utilizados para el transporte o desplazamiento de personas con dificultades de movilidad, pudiendo ser total o parcial. Estos elementos sustituyen la actividad de la marcha permitiendo que el usuario, dependiendo de sus condiciones físicas, pueda tener autonomía para trasladarse por el entorno. Ello implica que todos los lugares o espacios estén adaptados y accesibles para facilitar la movilidad de los usuarios, como se recoge en el **Real Decreto** 1544/2007, de 23 de noviembre, [1] por el que se regulan las condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los modos de transporte para personas con discapacidad. Así como, la **Ley** 51/2003, de 2 de diciembre, [2] sobre igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad.

### 4.1. Evolución histórica

Desde tiempos inmemoriales, los seres humanos han tenido la necesidad de trasladarse de un lado a otro por sus propios medios. Esta necesidad era más compleja para aquellas personas que tenían dificultad de movimiento debido a problemas de salud, discapacidad o enfermedad. Por esta razón, siempre se ha buscado la mejor solución que beneficiase tanto a los usuarios como a las personas que forman parte de su círculo cercano.

Las primeras evidencias de sillas de ruedas [3] tienen su origen en unos restos arqueológicos encontrados que datan del año 4000 a.C. pero no fue hasta el año 525 a.C. donde se tienen las primeras manifestaciones de estas sillas de ruedas en un grabado chino que representa un sillón al que se le colocaban tres ruedas y debía ser impulsado por otra persona.

En el siglo III a.C., los chinos inventaron la carretilla para poder trasladar a los enfermos de forma más rápida de unos lugares a otros, para que tuvieran una rápida intervención. Posteriormente, los romanos y griegos dejaron constancia en distintos manuscritos sobre los métodos y artilugios que utilizaban para trasladar a los enfermos. Dichos artilugios utilizados en esa época eran bastante rudimentarios debido a que carecían de ciertos conocimientos técnicos y tecnológicos que no se pudieron implementar hasta épocas siguientes.



Figura 1: Grabado chino del 525 a.C.

Fuente: <https://sites.google.com/site/minusvaliasfisicas/historia-de-la-silla-de-ruedas>

El primer prototipo del que se tiene constancia data del año 1595 diseñado para el rey **Felipe II** de España que quedó inmobilizado debido a que padecía la enfermedad de la gota y artrosis. El inventor del prototipo es desconocido, pero se sabe gracias a numerosas pinturas que este invento estaba compuesto de un sillón al que se le acoplaron cuatro ruedas pequeñas, un reposapiés y un respaldo reclinable. Esta silla no era autopropulsada, sino que debía ser empujada por sirvientes. Debido a los numerosos avances que poseía este nuevo invento con respecto a los de épocas anteriores, se le consideró como un artículo de lujo para la época.



Figura 2: Silla de ruedas para Felipe II de España.

Fuente: <https://sites.google.com/site/minusvaliasfisicas/historia-de-la-silla-de-ruedas>

No fue hasta 1655 cuando se tiene documentada la primera persona con discapacidad que se movía sin necesidad de ser impulsada por un acompañante. El relojero **Stephen Farfler** se quedó parapléjico lo que le llevó a inventar un carruaje donde acopló un chasis a una silla de ruedas. Estaba compuesta por dos ruedas traseras, una delantera y a cada lado del chasis dispuso dos pequeñas manivelas que le permitían impulsarse por sí solo. Este

invento es considerado el antecedente de la bicicleta, el triciclo o lo que hoy conocemos como *Handbike* o bicicleta de mano.

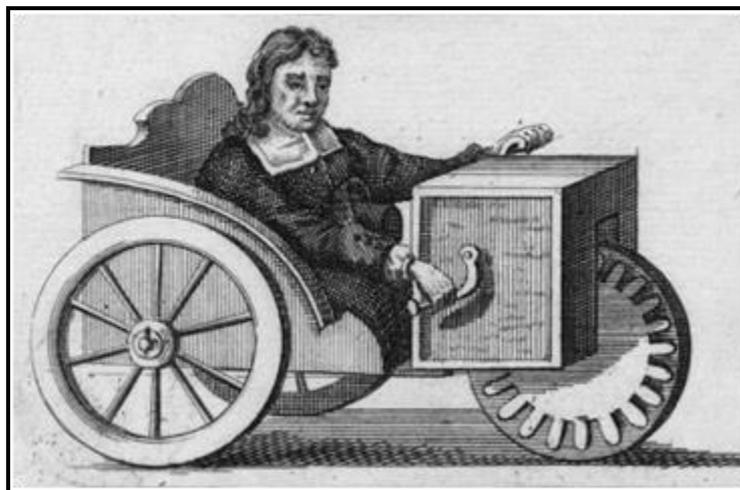


Figura 3: Silla de ruedas inventada por Stephen Farffler.

Fuente: <https://sites.google.com/site/minusvaliasfisicas/historia-de-la-silla-de-ruedas>

Una de las sillas que marcó un antes y un después en la evolución de esta forma de transporte fue la *Silla Bath* inventada en 1783 por **John Dawson**. Esta silla estaba compuesta por dos ruedas traseras de gran tamaño y una pequeña rueda delantera que permitían a la persona impulsarse por sí sola. Estaba fabricada en madera, acorde con los avances de la época, no era cómoda, sus respaldos eran muy altos y de movilidad limitada por lo que solían depender de otra persona para ser impulsados. Durante el transcurso del siguiente siglo, se le fueron añadiendo nuevas innovaciones a la *silla Bath* como los aros de propulsión (un aro más pequeño que servía para autopropulsarse con las manos) diseñado en 1867.

Posteriormente, la implementación de goma al diseño de las ruedas en 1875 y las ruedas con radio en 1900 permitió la aparición de las sillas motorizadas.



Figura 4: Silla de ruedas Bath.

Fuente: <https://www.sunrisemedical.es/blog/historia-silla-de-ruedas>

En 1916 tras la primera guerra mundial, se inventó la primera silla motorizada manual formada por un complejo sistema de mecanismos difíciles de manejar y poco eficientes. En un principio, estaban fabricadas en madera, tenían altos respaldos y dependían de otras personas para propulsarse. Estas sillas motorizadas desde los comienzos usaban cintas en el tren de transmisión y el propio motor accionaba un rotor donde se enrollaba la cinta de transmisión que mandaba la energía hacia las ruedas. A finales de la década, se fueron realizando poco a poco mejoras en cuanto a materiales, rendimiento y personalización para cada individuo. Además de conseguir mejorar que la transmisión fuese más directa y los sistemas de control más precisos.

El ingeniero **Harry Jennings** diseñó la primera silla de ruedas tubular plegable para su amigo **Herbest Everest** otro ingeniero que se había quedado parálítico debido a un accidente en una mina. Años más tarde fundaron la compañía **Everest & Jennings** enfocada en la venta de sillas de ruedas plegable consiguiendo monopolizar el mercado durante décadas. Muchos de sus diseños se siguen utilizando hoy en día como base en los modelos de silla más básicos.



Figura 5: Silla de ruedas plegable de Harry Jennings.  
Fuente: <https://www.sunrisemedical.es/blog/historia-silla-de-ruedas>

Actualmente, las sillas de ruedas, tanto manuales como eléctricas, son más compactas, ligeras y con diseños innovadores adaptados a cada individuo.

#### 4.2. Tipos de sillas de ruedas

Existen numerosos tipos de sillas de ruedas en el mercado [4], pero para elegir la más apropiada es imprescindible conocer las capacidades y condiciones físicas del usuario que lo vaya a utilizar, para poder adaptarlas a sus necesidades y que éste pueda realizar todas las actividades cotidianas sin que le suponga un esfuerzo extra. [5]

1. Sillas de ruedas manuales: son las más habituales, tradicionales y sencillas del mercado, su uso puede ser tanto interior como exterior. Son personalizables en función del individuo y con posibilidad de acoplar múltiples accesorios, son muy configurables. Los materiales más comunes en los que se construyen son acero, aluminio o fibra de carbono. Tenemos dos tipos de sillas de ruedas manuales:
  - Sillas autopropulsadas: estas sillas poseen unos aros incorporados en las ruedas laterales para que el usuario pueda autopropulsarse usando sus manos. Este tipo de sillas suelen ser pesadas, anchas y con ruedas más grandes para adaptarse a más terrenos (también pueden subir y bajar bordillos).



Figura 6: Silla de ruedas manual autopropulsada.

Fuente: [https://www.dhmaterialmedico.com/silla-de-ruedas-autopropulsable-plegable?gclid=EAIaIQobChMI3siMIbnU8QIVIgWiAx1LuQMWEAQYBCABEgJUQPD\\_BwE](https://www.dhmaterialmedico.com/silla-de-ruedas-autopropulsable-plegable?gclid=EAIaIQobChMI3siMIbnU8QIVIgWiAx1LuQMWEAQYBCABEgJUQPD_BwE)

- Sillas no autopropulsadas: sus ruedas no incorporan los aros laterales como las autopropulsadas, lo cual permite reducir su diámetro, pero se hace necesario que otra persona empuje mediante unos manillares traseros.
2. Sillas de ruedas eléctricas: su motor incorporado proporciona a los usuarios mayor autonomía, libertad de movimiento y un uso más cómodo al no suponer para ellos un sobreesfuerzo físico. Estas sillas se componen de un motor, una batería y un joystick que permite un manejo más sencillo y seguro. Además, incorporan un freno manual y otro freno de motor proporcionando mayor seguridad. Podemos encontrarlas con distintos tipos de tracción, central, delantera o trasera. Además los modelos más avanzados tecnológicamente incorporan un sistema de suspensión que permite minimizar los impactos provocados por los cambios de rasante favoreciendo la circulación sanguínea, el tránsito intestinal, el tono muscular y la densidad ósea del usuario.



Figura 7: Silla de ruedas eléctrica.

Fuente: <https://www.carrefour.es/silla-de-ruedas-electrica-plegable-automaticamente-airwheel-h3s/6131844390706/p>

3. Silla de ruedas de bipedestación: estas sillas están pensadas para que el usuario pueda ponerse de pie dándole un mayor grado de movilidad. Poseen las medidas de seguridad necesarias para que puedan realizar con total normalidad las actividades cotidianas. Este tipo de sillas pueden ser manuales o eléctricas.



Figura 8: Silla de ruedas de bipedestación.

Fuente: <https://www.sunrisemedical.es/blog/beneficios-sillas-bipedestacion>

4. Sillas de ruedas para deportes: este tipo de sillas son mucho más ligeras que las tradicionales lo que facilita la movilidad y como no se pliegan ganan en estabilidad permitiendo que los deportistas al realizar giros bruscos no vuelquen. También poseen ruedas especiales un poco angulosas para realizar mejor los movimientos. Existen varios tipos dependiendo del deporte que el usuario vaya a realizar, como las Handbike diseñadas especialmente para el paraciclismo, las All Court para el baloncesto o las Grand Slam para el tenis.
5. Sillas de ruedas bariátricas: el diseño de estas sillas de ruedas está pesado para personas con sobrepeso ya que poseen una estructura reforzada que combina distintos tipos de materiales proporcionándole mayor estabilidad. Son sillas personalizables en función de las necesidades y comodidad del usuario. Poseen ruedas grandes y son modelos de poca rotación.
6. Sillas de ruedas que suben escaleras: estas sillas de ruedas presentan una tecnología novedosa en proceso de desarrollo. Los avances son muy optimistas, pero hasta el momento es necesaria la intervención de otra persona con fuerza suficiente como para ayudar al usuario a ascender o descender por las escaleras.
7. Sillas de ruedas para la playa: el último tipo de sillas de ruedas están pensados para personas que pasan mucho tiempo en superficies arenosas. Poseen ruedas anchas para evitar que se hunda en la arena y pueda desplazarse con cierta facilidad, aunque resulta necesario emplear mucha fuerza.

#### 4.3. Componentes de las sillas de ruedas

Una silla de ruedas debe estar compuesta por elementos que se adapten a las condiciones del usuario dependiendo de sus necesidades que le permitan obtener el máximo rendimiento y funcionalidad de cada parte adaptada [6]. Pero también existen partes comunes en todas ellas que sufren pocas modificaciones como son:

- a) Chasis: es la estructura principal o bastidor que se encarga de soportar todo el peso del usuario y donde se disponen el resto de accesorios que se le añaden a la silla en función de las necesidades del paciente. Estos pueden ser fijos, los cuales aprovechan mucho más la energía que emplea el usuario para autopropulsarse que se multiplica por dos y aprovecha entre un 15-20% el impulso realizado por él para facilitar la conducción, o pueden ser móviles. Los chasis móviles al tener menor rigidez, solo aprovechan entre el 5 al 8% de la energía ejercida por el

usuario ya que el resto se pierde a través de las articulaciones y uniones de la silla.

Ambos tipos tienen sus pros y sus contras. Las sillas fijas son más ligeras y sencillas de manejar para el usuario o para la persona que se encarga de transportarlo. Sin embargo, las sillas plegables o móviles son más compactas y fáciles de transportar. Con los avances tecnológicos actuales, se ha conseguido coger los puntos más fuertes de ambos tipos y combinarlos creando diferentes sillas que sean a la vez más ligeras y de fácil transporte.

Es importante saber y conocer cuáles son las propiedades de los materiales que componen el chasis de una silla de ruedas ya que estos van a soportar todo el peso de la silla y del usuario. Alguno de los materiales más utilizados en este ámbito son los siguientes:

- **Acero:** este material es uno de los más conocidos y usados debido a que es barato, de fácil adquisición y muy resistente. Además, presenta buenas propiedades de tenacidad, maleabilidad, fácil soldadura y con alta conductividad térmica y eléctrica. Sin embargo, presenta baja resistencia a la corrosión si no se aplican tratamientos superficiales. Su resistencia a la tracción es de 310 MPa [7].
- **Aluminio:** es otro de los materiales más usados debido a su ligereza lo que le permite al usuario que se pueda autopropulsar por sí mismo con mayor facilidad. Además, tiene una vida útil muy larga, es muy resistente a la corrosión gracias a que genera una capa de óxido de forma natural, conduce muy bien la electricidad y es impermeable permitiendo que no penetren sobre él distintas sustancias. Su principal inconveniente es que es muy caro. Su resistencia a la tracción es de 290 MPa [8].
- **Titanio:** se suele utilizar en chasis rígidos debido a su alta resistencia y por ser un metal no ferromagnético. Es un material muy duro, ligero, capaz de soportar altas temperaturas y es muy resistente frente a la corrosión. Sin embargo, este material no se suele utilizar en estructuras completas debido a su elevado coste. Su resistencia a la tracción oscila entre los 345 a los 896 MPa [9].
- **Acero al carbono:** es otro de los materiales que se utilizan en las sillas de ruedas gracias al aumento de carbono en el acero se consigue aumentar la dureza, la resistencia y disminuir su grado de ductilidad. Se convierte en un material más duro y más resistente que otros, aunque más costoso por la adición del carbono. Su resistencia a la tracción es de 400 MPa [10].

b) Ruedas: este elemento es uno de los más importantes porque dependiendo de las condiciones del usuario se deben especificar una serie de parámetros. Varían dependiendo de las ruedas delanteras y de las ruedas traseras.

- Ruedas delanteras: pueden ser de distintos tamaños, formas, diferentes materiales, macizas o inflables, todo ello dependerá del uso que se les vaya a dar. Si la silla va a ser autopropulsada por el usuario las ruedas tendrán mayor desgaste que si es propulsada por otra persona.

La dimensión de las ruedas también va a influir en el rozamiento y en el giro, permitiendo que se haga de una forma más o menos fluida. De esta manera, si el radio de la rueda es más pequeño tendrá menos rozamiento y permitirá un giro más fluido, por eso se suelen utilizar para sillas de deporte de interiores. Este tipo de ruedas de menor dimensión permiten engancharse a obstáculos y adaptarse a terrenos más abruptos con mayor facilidad. En cambio si el radio de la rueda es más grande, no se enganchan en obstáculos, pero su radio dificulta la realización de maniobras por lo que se recomiendan para sillas de ruedas que vayan a utilizarse en exteriores.

En las ruedas delanteras, sin importar su dimensión, debemos ajustar siempre la horquilla que ha de estar a 90° con respecto al suelo ya que esta horquilla puede afectar a la inclinación de la silla y por tanto a su estabilidad. Las ruedas más comunes que se utilizan son de 75, 125 o de 200 mm y pueden ser macizas, con cubierta o hinchables para una mayor amortiguación.

- Ruedas traseras: aportan estabilidad a la silla, a todo el conjunto de elementos y regulan la fuerza de propulsión que ejerce el usuario dependiendo del tamaño de rueda deseado. Para elegir la más apropiada debemos tener en cuenta una serie de factores:
  - *Tamaño*: para los adultos las más normales son de 600 mm y para las sillas de niños y personas con limitación en las extremidades superiores suelen estar comprendidas entre los 500-550 mm. Las ruedas de las sillas infantiles requieren realizar un esfuerzo mayor que las ruedas de las sillas de adultos.

- *Tipos de cubiertas:* podemos tener cubiertas macizas que tienen una menor oposición a rodar y no requieren de mantenimiento, aunque son más pesadas y amortiguan peor los golpes y tienen un peor agarre en diversas superficies.

Podemos tener cubiertas combinadas denominadas insertos sólidos donde se mezclan piezas macizas en su interior y están recubiertas de neumático en la parte exterior. Estas no requieren de mantenimiento, tienen mayor agarre y un peso intermedio entre las macizas y las neumáticas.

Las cubiertas neumáticas permiten mayor amortiguación en los distintos terrenos ya que poseen un buen agarre en diferentes superficies, son las más ligeras de todas, pero requieren mayor fuerza para propulsarse y necesitan mantenimiento de forma periódica.

- *Llantas:* pueden ser de diversos tipos. Las llantas de plástico no requieren mantenimiento mientras que las de aluminio son más ligeras, absorben los obstáculos y se unen con radios cruzados para una mayor resistencia.
- *Aros:* pueden ser de aluminio, acero, titanio o pueden estar recubiertos de plástico. Los aros con proyección permiten un mejor agarre para que las personas con cierta movilidad en las extremidades superiores puedan autopropulsarse. Tienen formas ergonómicas y están recubiertos de materiales que permiten un mayor agarre.
- *Frenos:* los frenos de zapata son los más comunes, pero tiene un montaje complejo y requieren de mantenimiento. Suelen incorporar alargadores que facilitan su uso. Los frenos de tijera son más ligeros, no requieren de mucho mantenimiento y además transfieren mejor el movimiento. Los frenos de mano se usan para usuarios que tienen ciertas dificultades de movimiento en las manos. Por último, los frenos de tambor se utilizan cuando el usuario no es quien va a mover la silla, sino que va a ser propulsado por otra persona siendo éstos los que tienen acceso directo al freno.

- **Asiento:** es uno de los elementos más importantes de la silla de ruedas junto con el chasis, ya que sobre él se apoya el usuario, realizando un reparto de presiones para mantener su estabilidad. Para que el usuario se encuentre a gusto, el asiento debe ser flexible, adaptable a sus condiciones, resistente y de fácil limpieza, además de estar fabricado con tejidos fuertes. El asiento siempre debe encontrarse en paralelo al suelo, por lo que debe estar bien fijado al chasis mediante distintos sistemas de seguridad. A la hora de elegir el asiento más cómodo para el usuario, debemos considerar aspectos como la ergonomía, el peso, el material, las dimensiones, su adaptabilidad a las necesidades del usuario y del propio conjunto de la silla de ruedas.
- **Respaldo:** este elemento soporta la columna vertebral del usuario y proporciona su descanso. Generalmente, se puede regular la altura del mismo y debe estar siempre en una posición cómoda para evitar la fatiga permitiendo cierta movilidad al usuario. El ángulo de inclinación va a depender del tipo de silla y la disposición del asiento. El ángulo de inclinación debe encontrarse entre los 90° y 120°. Por último, se deberá poder ajustar la tensión del respaldo mediante unas tiras internas que permitan tensar o destensar para que el usuario esté más cómodo.
- **Reposabrazos:** el objetivo principal de este elemento es dar descanso a los brazos. Los reposabrazos pueden ser fijos, formando parte del chasis o desmontables pudiéndose retirar con facilidad. También podrán ser regulables, en altura ajustándose más al usuario, y tubulares ya que pesan poco aunque tengan poca superficie de apoyo.
- **Reposapiés:** su función principal es la de soportar las extremidades inferiores del usuario asegurándose de que éstas no adquieran ciertas enfermedades vasculares que puedan afectar a su situación. Otra de sus funciones será la de mantener una buena posición del tronco, para lo cual la posición óptima del reposapiés debería ser de 90° pero generalmente se ajustan las horquillas delanteras entre los 60° y 80° para evitar accidentes. Pueden ser fijos, aportando mayor robustez, o desmontables. También podemos encontrarles elevables para adaptar posturas más cómodas. Se suelen fabricar en aluminio de una o dos capas dependiendo de las necesidades del usuario.

Los factores más importantes que debemos considerar a la hora de diseñar una silla de ruedas, son las de conocer de forma clara y precisa las dimensiones del usuario que la va a utilizar. También se debe conocer de forma precisa cuál es el problema médico del usuario, su capacidad física y su campo de movimiento para adaptar de forma completa todas las partes de la silla.

## 5. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para llevar a cabo este proyecto se ha realizado una investigación de campo previa al diseño y dimensionado del producto. Estudiando los productos disponibles en el mercado para intentar dar solución a los problemas planteados por los usuarios, fisioterapeutas y cuidadores consultados en la recogida de información.

### 5.1. Investigación de campo

Antes de comenzar a realizar el proyecto, se realizó una recogida de datos mediante la formulación de preguntas a los usuarios y fisioterapeutas sobre los principales problemas que tenían en su vida cotidiana, en el caso de usuarios de sillas de ruedas, y sobre los problemas que se generaban cuando trabajan con ellos, en el caso de fisioterapeutas.

En primer lugar, contacté con Nuria, usuaria de silla de ruedas que, debido a un accidente, tenía paralizado el cuerpo de cintura para abajo. Esta usuaria dispone de una silla manual y otra eléctrica por lo que estableció los pros y contras de ambas, su preferencia en cuanto a comodidad y qué mejoras observaba en cada una de las sillas.

Nuria, me comentó que sentía preferencia por la silla manual para el desarrollo de su vida cotidiana, ya que el peso de la silla es menor y además se puede propulsar de forma más rápida. Mientras que su silla eléctrica, está dotada de poca potencia y más peso, por lo que le cuesta más esfuerzo moverse con ella.

Me manifestó que su gran problema, con cualquiera de ellas, era alcanzar elementos u objetos que no se encuentren a su altura, se le hace bastante inaccesible, sobre todo a la hora de realizar la compra en los supermercados, ya que tiene que pedir ayuda para poder obtenerlos. Otro de los problemas que comentó es cuando tiene que pasar de la silla a cualquier otro lado, bien sea al servicio, a la ducha o a su cama, ya que tiene que realizar un giro de 90° para lo cual debe realizar un gran esfuerzo con sus brazos, para mover todo el peso de su cuerpo en un solo movimiento.

Tras hablar con ella, se observaron las posibles mejoras que se pueden realizar en función de las dos propuestas. La primera la de incorporar un sistema de elevación del asiento de silla de ruedas propulsadas de forma manual que la permitiera acceder a objetos que están a mayor altura. Tras realizar una labor de búsqueda en Internet se observa que, gracias a los avances tecnológicos actuales, muchas de las sillas de ruedas manuales ya incorporan este tipo de sistemas.

En cuanto a la mejora de la segunda propuesta planteada por Nuria consiste en buscar un sistema que reduzca el esfuerzo que necesita hacer para pasar de la silla a cualquier otro lado, ya que, durante ese movimiento, parte de su cuerpo queda en peso muerto debido a su parálisis, suponiendo un riesgo para su salud, aunque el recorrido que realice sea pequeño.

En segundo lugar, contacté con Elena, fisioterapeuta encargada de realizar las rehabilitaciones a personas de movilidad reducida con las que trabajan a diario. Ella expuso los principales problemas con los que se enfrenta a diario y las posibles mejoras que se pueden realizar para preservar la salud de los pacientes y facilitar el trabajo de los rehabilitadores.

Elena, señaló que el principal problema que tienen los fisioterapeutas cuando trabajan con pacientes en sillas de ruedas se genera al tener que pasarles de su silla a la camilla, ya que deben elevarles y realizar un movimiento de traslación por lo que todo el peso del paciente recae sobre ellos pudiendo provocarles algún daño. En algunos de los casos, las sillas de ruedas disponen de un sistema de elevación del asiento lo que les facilita a los fisioterapeutas parte de su trabajo, pero siguen poniendo en riesgo la salud de los pacientes en el movimiento de giro de 90°.

Para dar solución a su problema me planteé crear un sistema de giro que permita mover al paciente hasta la camilla sin necesidad de abandonar en ningún momento su asiento durante el trayecto, permitiendo que tenga mayor seguridad y sin poner en riesgo su integridad, dando así, también solución a los fisioterapeutas al no tener que realizar ningún sobreesfuerzo.

Por último, contacté con Luis, mecánico especialista que conoce a la perfección este tipo de sistemas y es el encargado de instalar en los automóviles el sistema de anclaje para los usuarios de sillas de ruedas, facilitando su acceso a los vehículos. Es en su taller dónde se instalan los sistemas de la empresa *BraunAbility* [11], tomada como referencia en el estudio.

Con él se trataron los distintos sistemas de seguridad que pueden ser incorporados a la plataforma, evitando que pueda salirse fuera del recorrido preestablecido. Dichos sistemas de seguridad son los que permiten frenar la plataforma intermedia cuando se encuentre en el interior de las guías, evitando así que la base pueda moverse hacia delante o hacia atrás.

Luis, también me proporcionó ciertas medidas técnicas de dimensiones generales, las cuales fueron proporcionadas con el consentimiento de la empresa, y siempre muy genéricas para preservar sus datos internos, ajustándose a la (LOPDGDD) **Ley Orgánica 3/2018**, de 5 de diciembre, [12] de Protección de Datos Personales y Garantía de Derechos Digitales, que es la adaptación al territorio español del **Reglamento General de Protección de Datos** (RGPD) [12] que se aplica a nivel europeo.

## 5.2. Estado del arte

Tras hablar con Nuria y Elena, mencionadas en el apartado anterior, decidí dar solución a sus necesidades.

En la primera de las opciones planteadas por Nuria respecto a solucionar la elevación del asiento, comprobé que en el mercado ya se comercializan sistemas de elevación que resuelven dicha inquietud.

Por tanto, me centré en el segundo planteamiento. Tras observar que ambas coincidían en señalar, que el momento más crítico es el traslado del usuario/paciente de la silla a otro lugar, planteándose ahí un problema de seguridad e integridad física para ambas partes. Una vez aislado el problema, decidí realizar una labor de investigación en la web para comprobar si existía o no un producto ya comercializado en el mercado que pudiera solucionar dicha cuestión.

Al comprobar que no existía me planteé la idea del *“Diseño de una plataforma intermedia adaptada a un chasis de silla de ruedas”*.

En la búsqueda realizada comprobé que sobre este tema no había nada, ya que las sillas de ruedas manuales convencionales son muy compactas y debido a la unión estructural de las barras rígidas, se hace imposible incorporar un sistema de giro para poder trasladar al usuario sin necesidad de dejar el asiento. Por ende, las sillas de ruedas eléctricas incorporan numerosos sistemas de control electrónicos, lo cual dificultaría el realizar un giro de 90° del asiento ya que podría ocasionar algún entrecruzamiento de cables.

Descartando la posibilidad de poder adaptar la plataforma a lo ya existente y manteniendo mi idea del *“Diseño de una plataforma intermedia adaptada a un chasis de silla de ruedas”*, decidí dar un paso más en la investigación y continuar buscando una silla de ruedas que permita separar el chasis del asiento del usuario. La única empresa que crea sillas de ruedas de este estilo, se llama *BraunAbility* [11].

*BraunAbility* es una empresa enmarcada en el sector automovilístico, cuyo principal propietario es *Investor AB*.

La sede global de la empresa se encuentra en Winamac en Indianapolis, (EE.UU.). Además cuenta, con una sede Europea en Stenkullen, (Suecia) desde la que controlan toda la producción de asientos, montacargas, cinturones, pavimentos, etcétera, contando también con numerosas sedes ubicadas en otros países europeos.

Esta empresa se encarga de diseñar y crear sistemas para personas con movilidad reducida en base a sus necesidades, centrándose en diferentes funcionalidades de las cuales son especialistas, entre las que podemos enumerar: permitir que las personas entren y salgan de los vehículos; carga y descarga de dispositivos de movilidad dentro y fuera de los vehículos; buscar formas alternativas de conducir un vehículo; permitir que las personas accedan a un vehículo mientras están sentadas en una silla de ruedas; asegurar a las personas y los dispositivos de movilidad durante el transporte y además dar flexibilidad en la distribución del suelo de los vehículos.

Todas estas funciones son las que realizan de forma general, además de preservar la seguridad del usuario, independientemente de sus necesidades de adaptación, para lo cual cuidan todos los detalles en cada producto para obtener la máxima calidad y seguridad.

Para realizar este proyecto se ha tomado como referencia la *Silla de ruedas Carony* [13], que permite la transferencia de la silla de ruedas al asiento del automóvil, sin necesidad de levantar al usuario, lo que permite una mayor independencia tanto a él como a las personas que se encargan de su cuidado.

Se ha tomado la decisión de usar la *Silla de ruedas Carony* como referencia en el proyecto, ya que cumple la principal característica reseñada en el estado del arte, al permitir separar el chasis del asiento del usuario en una silla de ruedas que es el objetivo central para poder adaptar la plataforma intermedia que se pretende diseñar.

Ya que el asiento de la silla de ruedas y el chasis de la misma es independiente el uno del otro. La unión entre ambos se realiza mediante una guía que es la misma que se encuentra en la base instalada en el interior del vehículo permitiendo una transferencia lineal, por lo que el usuario se trasladaría desde el chasis de la silla hasta el interior del vehículo sin necesidad de levantarse del asiento.

El principal problema que resuelve esta silla es evitar las situaciones peligrosas y pesadas de transferencia del usuario. Esta silla permite incorporar un asiento normal de vehículo que se han realizado unas modificaciones o permite incorporar un asiento adaptado al usuario en función de sus necesidades siempre teniendo en cuenta que el chasis es general y similar a las sillas de ruedas manuales no autopropulsadas ya que dependes de otra persona tanto para el movimiento cotidiano como para la transferencia de un lugar a otro sin necesidad de ejercer mucho esfuerzo.

La *Silla de ruedas Carony* está compuesta por tres elementos. La base giratoria que se encuentra en el interior del vehículo que se acopla al chasis para introducir el asiento en el vehículo, tenemos un asiento que dispone de una serie de ruedas pequeñas de las dimensiones de las guías que ruedan sobre ella y permiten la transferencia y un chasis que permite trasladar al usuario como en una silla de ruedas normal.



Figura 9: Silla de ruedas Carony creada por la empresa BraunAbility.  
Fuente: <https://www.braunability.eu/en/products/getting-seated/carony/#tab2>

## 6. ANÁLISIS DE LA SILLA DE RUEDAS CARONY

Para poder comprender el porqué del diseño de la base intermedia que rota 90° sin necesidad de que el usuario se baje de su asiento, es necesario conocer de forma detallada los distintos elementos que componen la *Silla de ruedas Carony* así como el sistema de movimiento y los sistemas de seguridad que componen los distintos elementos para preservar la seguridad y salud del usuario.

La *Silla de ruedas Carony* es una silla manual no autopropulsada por lo que el usuario depende de otra persona para poder moverse y realizar la transferencia, en la cual no hay que ejercer mucha fuerza para poder realizarlo. Esta silla de ruedas está compuesta por tres elementos fundamentales: el asiento, el chasis y la base giratoria. Cada uno de estos elementos tiene sistemas de seguridad que permiten que el usuario esté cómodo y seguro.

### 6.1. Asiento

El asiento es el elemento más importante de la silla de ruedas del usuario ya que sobre él va a pasar mucho tiempo por ello deberá adaptarse a la perfección a sus necesidades preservando siempre su seguridad y su comodidad.

El asiento tiene numerosos elementos que se adaptan al usuario en función del lugar y la situación en la que se encuentre. El asiento *Carony* es muy similar al de un vehículo que se ha adaptado para poder incorporarle distintas funciones, por lo que tiene todas las buenas características de comodidad para que el usuario pase numerosas horas sobre él.



Figura 10: Asiento de la silla de ruedas Carony.

Fuente: <https://www.braunability.eu/en/products/getting-seated/carony/#tab2>

En la parte superior del asiento, se sitúa el reposacabezas, similar al de los coches permitiendo que descansa tanto la cabeza como el cuello. La característica principal del reposacabezas es que es regulable en altura para adecuarse a la fisionomía de cada persona.

En la parte trasera del asiento, se encuentran unas manijas para que la persona que empuja la silla lo pueda hacer de una forma más sencilla. Estas manijas disponen de un sistema de freno de cables conectados a las ruedas del chasis y permiten frenar de forma temporal la silla. Cuando la silla se incorpora en el interior del vehículo, las manijas con el sistema de frenos se pueden esconder en el interior del asiento en un pequeño compartimento que tiene una tapa y esto permite no molestar a las personas que se encuentran en el asiento posterior. En el interior de este compartimento podemos encontrar unas pequeñas plaquitas regulables que actúan de soporte lumbar. Además, en la parte trasera también podemos encontrar un bolsillo para guardar lo que sea necesario.

Con respecto al respaldo del asiento, se puede reclinar y expandir hacia delante o hacia atrás en función de la comodidad del usuario. Para poder regular estos elementos, el asiento dispone de unos botones que permiten realizar estos ajustes.

En la parte lateral del asiento, se encuentran unas cremalleras que permiten regular la altura de los reposabrazos. También, en la parte delantera de los reposabrazos se encuentra una pequeña rosca para modificar el ángulo de inclinación de los reposabrazos.

En la parte delantera del asiento, encontramos un pequeño sistema similar a un balón inflable que permite levantar un poco la zona de los muslos del usuario. Este sistema se encuentra escondido en el interior del compartimento trasero.

Por último, como recoge el manual de la *Silla de ruedas Carony* [14], en la parte inferior del asiento en ambos laterales, encontramos unas pequeñas ruedas que son las que se ajustan y se deslizan sobre las guías del chasis, son el elemento de unión entre el chasis y el asiento. Además de estas ruedas, encontramos un sistema de bloqueo consistente en unos ruedines que se deslizan por el interior de las guías hasta llegar a un surco donde quedan encajadas e impiden que la silla se salga de las guías. Para desbloquear estas ruedas, el chasis incorpora una pequeña palanca que eleva estos ruedines y les permite, de nuevo, el deslizamiento sobre las guías.

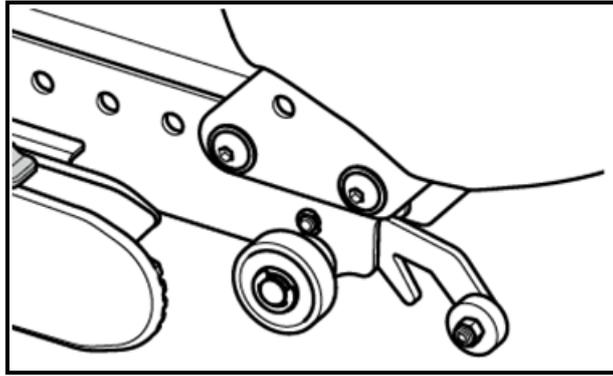


Figura 11: Sistema de bloqueo del asiento de la silla de ruedas Carony.  
Fuente: Carony 16: Manual de usuario. Pág. 136. Ref. 427206\_Ed6\_Carony-16\_User-manual\_All\_Scree.pdf

## 6.2. Chasis de la silla de ruedas

El chasis es otro de los elementos importantes de la *silla de ruedas Carony* ya que tiene la función de dar estabilidad y soportar todo el asiento. Los elementos y sistemas que tiene el chasis, son los que proporcionan la seguridad del usuario incorporando un sistema de freno total de la silla, un sistema de elevación del asiento, un sistema de frenado del disco de las ruedas y un sistema de acople para enganchar los reposapiés,...

Si comenzamos a analizar el chasis de arriba abajo, podemos observar que los sistemas de seguridad se encuentran en la parte superior permitiendo asegurar el asiento de una forma efectiva.

También en la parte superior del chasis encontramos las guías mediante las cuales y gracias al deslizamiento de las ruedas incorporadas facilita la unión con el asiento. Estas guías disponen también de otros elementos de seguridad como son unas piezas situadas en su parte trasera y que mediante un sistema de muelles, se ejerce un pequeño esfuerzo para poder acoplarlo con la base giratoria que se encuentra en el vehículo.

En la parte intermedia de las guías, encontramos el freno de seguridad. Al accionar el freno hacia abajo las ruedas quedan completamente bloqueadas, por el contrario, si se acciona hacia arriba las ruedas quedan libres, gracias a un sistema de cables conectado a los frenos de disco de las ruedas traseras.

En la parte delantera de las guías encontramos el sistema de palanca que es el que bloquea las pequeñas ruedas de seguridad incorporadas en el asiento. Este sistema se activa elevando hacia arriba la palanca permitiendo que las ruedas salgan de la oquedad de seguridad en la que quedaron encajadas y las devuelve de nuevo al carril de la guía general. Además, en la parte superior de las guías encontramos otro sistema, que se acciona tirando hacia atrás gracias a unos muelles internos y liberando las barras que incorporan los reposapiés. Estos reposapiés permiten regular su altura y la inclinación de los mismos.

En la parte intermedia del chasis encontramos una estructura de barras continua que permite la unión de las ruedas traseras y las horquillas de las ruedas delanteras. Esta estructura es la que proporciona estabilidad y sobre la que recae todo el peso del asiento y de los sistemas de seguridad incorporados. Esta estructura no solo se une con las barras laterales que sostienen las ruedas, sino que también une ambas estructuras laterales por medio de otras barras situadas en la parte inferior y sobre las que se coloca una plataforma que sostiene la base del sistema de elevación del asiento.

Este sistema de elevación está formado por una serie de tubos de diferentes tamaños que van ascendiendo o descendiendo en función del uso de una manivela colocada en uno de los laterales. En resumen, este sistema de elevación unido a las guías permite que la plataforma inferior sea la que soporta todo el peso del asiento.

Por último, las ruedas delanteras se unen a la estructura a través de unas horquillas que cumpliendo unos condicionantes buscan la estabilidad de la silla, estas ruedas delanteras son de 7". Las ruedas traseras incorporan el sistema de freno de disco que se dispone entre la estructura lateral y la rueda, estas ruedas traseras son de 16". Ambas ruedas, las delanteras y traseras, deben tener sus ejes perfectamente alineados para evitar que la silla se desequilibre.



Figura 12: Chasis de la silla de ruedas Carony.

Fuente: <https://www.braunability.eu/en/products/getting-seated/carony/#tab2>

### 6.3. Base giratoria

La base giratoria es otro de los elementos que se instalan tras adquirir la *Silla de ruedas Carony*. Esta base va a tener unas dimensiones u otras en función del vehículo en el que se va a instalar, al igual que su sistema de funcionamiento. Esta base se une a las guías del chasis para permitir una transferencia del asiento desde el chasis al interior del vehículo.

Esta base está compuesta de dos partes, una móvil y otra fija. La parte inferior de la base es fija, se instala al suelo del vehículo como las guías de un asiento en un automóvil normal, llevando incorporadas unas guías que permiten regular la distancia a la que acoplar el asiento.

Entre la base inferior y la base superior hay un sistema de movimiento que permite rotar la base superior con respecto de la inferior 90°. Este sistema de movimiento se acciona a través de una palanca, cuando está hacia abajo bloquea la base impidiendo que pueda rotar durante el viaje y cuando se acciona hacia arriba queda liberada permitiendo rotar la base para poder introducir el asiento en el vehículo.

La parte superior de la base se compone de unas guías, las mismas que en el chasis. Para permitir una buena transferencia se incorpora en la parte delantera de las guías un cilindro que hace la función de sistema de sujeción entre la base y el chasis. Además en esta zona delantera encontramos un pedal que al accionarlo libera o desbloquea un sistema de guías correderas que permite sacar hasta cierta distancia las guías principales facilitando así la unión más cercana entre las guías del chasis y de la base.



Figura 13: Base giratoria de la silla de ruedas Carony.

Fuente: <https://www.braunability.eu/en/products/getting-seated/carony/#tab2>

## 7. DESARROLLO DE LOS PRODUCTOS

Una vez definida la *Silla de ruedas Carony*, y estudiando cada uno de sus componentes y partes, se han diseñado dos elementos que se incorporarían a la gama de productos siendo compatibles con ella. A la hora de realizar el diseño de la plataforma intermedia y de la mesa de apoyo, se ha procurado mantener la misma estética y los mismos materiales que se utilizan en la construcción de la silla de referencia.

En este punto se realiza un análisis completo y detallado de cada uno de los productos diseñados en el Trabajo de fin de grado (TFG).

### 7.1. Análisis de los productos diseñados

En los objetivos establecidos en el presente proyecto, hemos destacado la creación de una plataforma que permita realizar un movimiento de 90° con respecto a la posición normal del usuario sobre la silla de ruedas sin necesidad de moverse de su asiento. Esta plataforma está pensada para facilitar el trabajo del personal fisioterapeuta y de rehabilitación que tienen que trasladar al paciente de su silla a la camilla para poder realizar los ejercicios pautados por los facultativos.

Además de la plataforma, se ha creado una mesa auxiliar de apoyo, en base a las condiciones establecidas en la plataforma, que permite trasladar al usuario de una forma más cómoda y sencilla.

#### 7.1.1. Plataforma intermedia

La plataforma intermedia es el producto principal de este proyecto. El objetivo principal que se pretende conseguir con la creación de la plataforma intermedia, es facilitar el trabajo de las personas que se encargan de cuidar y de trabajar con ellos en las rehabilitaciones necesarias para su bienestar.

Esta plataforma está pensada y diseñada para que se adapte al chasis de la *Silla de ruedas Carony*, comercializado por la empresa *BraunAbility*, por lo que para su diseño se han tenido en cuenta las medidas y datos proporcionados por la empresa, a través del *manual de usuario* de la silla de ruedas y de las gestiones realizadas por el personal mecánico al que se le consultó.

Para realizar el diseño de esta plataforma intermedia, se han seguido los parámetros constructivos y visuales que la empresa ha utilizado en el diseño de su producto y esta circunstancia permite mayor integración del producto diseñado dentro de la gama ya establecida.

Uno de los beneficios más importantes que se buscan con la creación de esta plataforma intermedia es la posibilidad de acoplar un asiento que se adapte de forma adecuada a todas las condiciones necesarias del usuario, siendo así un elemento particular que se puede modificar o cambiar cuando el usuario lo requiera sin necesidad de cambiar por completo toda la silla de ruedas en cada ocasión.



Figura 14: Plataforma intermedia  
Fuente: Elaboración propia.

La plataforma intermedia está compuesta por tres elementos principales, una base inferior semifija, una base móvil y un sistema de movimiento.

La *base inferior semifija* nos permite el contacto con las guías laterales del chasis posibilitando así que tanto la plataforma como el asiento del usuario no se muevan durante el trayecto ya que dispone de un sistema de seguridad compuesto por una pequeña rueda que se acopla en los huecos que se encuentran en las guías del chasis.

El siguiente elemento es una *base móvil* que se encarga de realizar el giro de  $90^\circ$  con respecto de la base semifija y que se encuentra por debajo de ésta. Sobre esta base móvil se encuentran las guías por las que circula el asiento del usuario.

Por último, el *sistema de movimiento* se encuentra entre la base inferior semifija y la base superior móvil. Gracias a este sistema podemos realizar el movimiento de  $90^\circ$  que nos permite girar la base superior móvil con respecto a la inferior.

Para poder comprender cada una de estas partes, es necesario detallar específicamente los elementos que lo componen, sus materiales y la forma de unión entre ellos.

#### 7.1.1.1. Base inferior semifija

La *base inferior semifija* tiene la función de unirse al chasis de la *Silla de ruedas Carony* y garantizar la seguridad del usuario sobre la misma. Esta base inferior no va a sufrir ningún movimiento de rotación con respecto a otro elemento. El único movimiento que efectuará será lineal para facilitar el acoplamiento de forma adecuada a las guías laterales.

Es uno de los elementos más importantes de la plataforma ya que sobre éste va a recaer todo el peso del conjunto de la plataforma intermedia, además del peso del asiento y el peso del propio usuario, por lo que debe estar fabricado en materiales resistentes que aguanten altas presiones durante periodos largos.

Según los datos obtenidos en el *manual de usuario* de la empresa, el chasis de la silla de ruedas puede llegar a soportar hasta los 140 Kg, por lo que la base inferior semifija podrá soportar como máximo este peso en su situación límite. En función de esto se han seleccionado los materiales y uniones más adecuados para cada uno de los elementos que la componen.

Esta base está compuesta por diversos elementos que permiten que la función principal se pueda cumplir. Sus componentes son una chapa de metal a la cual se unen los ejes sobre los que giran las ruedas que se unen a las guías del chasis, la unión de la chapa con los ejes de las ruedas van soldadas y no son desmontables. La chapa de metal dispone de seis ruedas, cuatro del mismo tamaño y otras dos de un diámetro inferior que tienen un movimiento relativo con respecto a uno de los ejes. Estas dos últimas ruedas son las que fijan la base en la parte interior de las guías laterales del chasis.

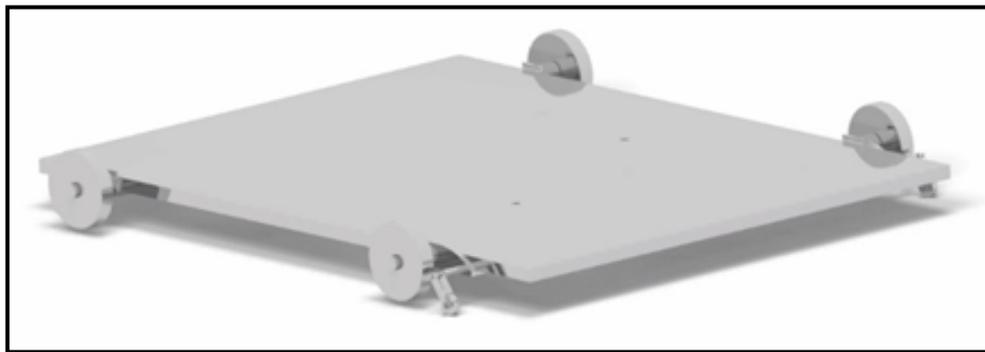


Figura 15: Base inferior semifija de la plataforma intermedia.  
Fuente: Elaboración propia

Para conocer cómo funciona esta parte de la plataforma es necesario detallar sus elementos de forma un poco más precisa.

- *Chapa inferior*: es el elemento más importante de todo el conjunto ya que sobre él va a recaer todo el peso de los elementos superiores. Esta chapa inferior está fabricada en Aluminio 6061 por sus buenas propiedades para soldar ya que en ella es necesario soldar diversos elementos. Esta chapa debe ser del mismo tamaño que el asiento de la *Silla de ruedas Carony*, y aunque sea una chapa de grandes dimensiones, tiene un espesor muy reducido evitando agregar más peso a todo el conjunto. Esta chapa dispone de diversos agujeros por los que van a pasar una arandela, una tuerca y un tornillo, designados según las normas ISO de cada elemento, para realizar la unión entre la base inferior semifija y la parte inferior de la guía del sistema de movimiento, con esto se evita que el sistema de movimiento se pueda desplazar.

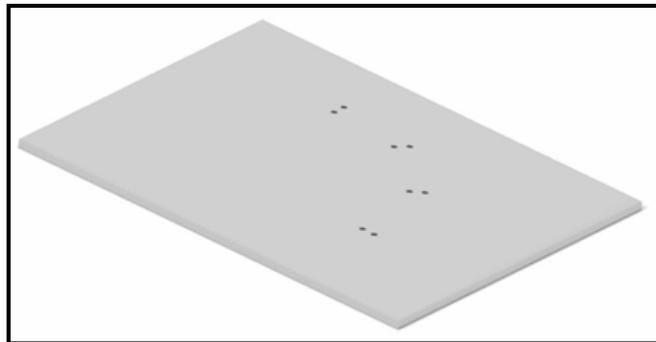


Figura 16: Chapa de la base inferior semifija de la plataforma intermedia.  
Fuente: Elaboración propia

- *Ruedas para el desplazamiento*: la base inferior semifija dispone de cuatro ruedas de gran tamaño según las dimensiones de las guías del chasis, que permiten que toda la plataforma intermedia pueda desplazarse por el interior del chasis facilitando una correcta unión entre ambos elementos. Las ruedas están fabricadas en Aluminio 6061, el mismo material del que están fabricadas las ruedas de la *Silla de ruedas Carony*.

Para que estas ruedas puedan deslizarse por el interior de las guías, deben cumplir dos condiciones.

La primera condición es que exista únicamente un grado de libertad evitando así que la rueda pueda desplazarse hacia los laterales, es decir, la rueda suele tener un par de rotación o par R que se produce entre la rueda y el eje sobre el que está montada la propia rueda.

La segunda condición es que la rueda tenga muy buen acabado superficial para que el rozamiento entre la rueda y la parte interna de las guías del chasis sea mínimo.

Para evitar que la rueda pueda salirse de su eje, se ha instalado en la parte final del mismo una arandela de seguridad según la norma DIN 6799.

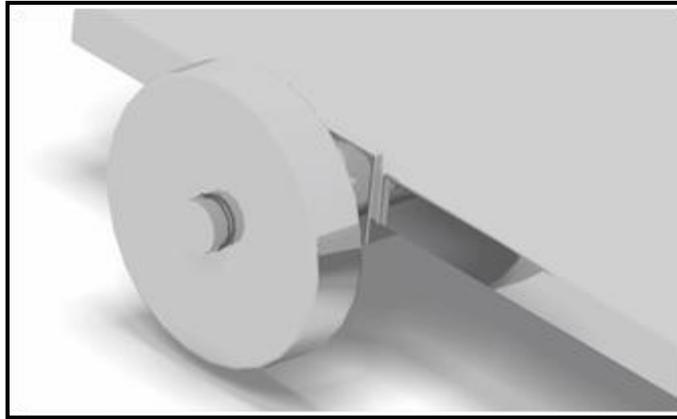


Figura 17: Ruedas de deslizamiento de la base inferior semifija de la plataforma intermedia.  
Fuente: Elaboración propia

- *Ruedas de bloqueo de la base:* además de las cuatro ruedas grandes, la parte inferior de la base semifija dispone de dos ruedas más pequeñas que actúan como sistema de bloqueo para evitar que la base se mueva una vez se haya desplazado casi al completo por el interior de las guías del chasis.

Estas ruedas de bloqueo también están fabricadas en aluminio, el mismo material que las anteriores con un gran acabado superficial para reducir el rozamiento entre ambos elementos y permitir un desplazamiento más efectivo. Además, estas ruedas se encuentran en el interior de un eje que solo permite que la rueda pueda efectuar un cierto giro, es decir, que el eje permite que la rueda solo pueda tener un grado de libertad con un par de movimiento de rotación (par R). Para evitar que las ruedas puedan salirse del interior del eje, se han utilizado las mismas arandelas de seguridad que para las ruedas de desplazamiento que siguen la norma DIN 6799.

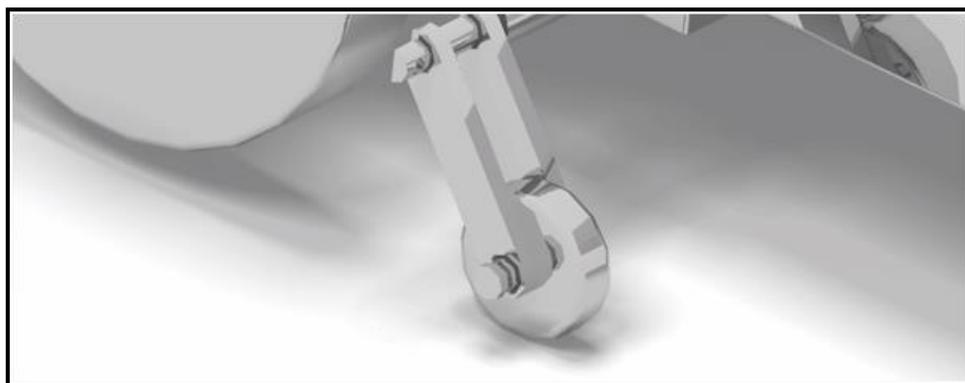


Figura 18: Ruedas del sistema de bloqueo de la base inferior semifija de la plataforma intermedia.  
Fuente: Elaboración propia

El eje de las ruedas se une a la placa que va soldada a la chapa inferior a través de unas piezas que tienen una geometría adaptada para que puedan realizar solamente el movimiento de rotación de unos 180°. Gracias a este movimiento las ruedas de bloqueo encajan en su lugar, en el interior de las guías, y fijan por completo la plataforma intermedia. Para evitar que los elementos concéntricos al eje puedan salirse de su lugar, se ha utilizado unos pasadores de aletas según las normas ISO 1234.

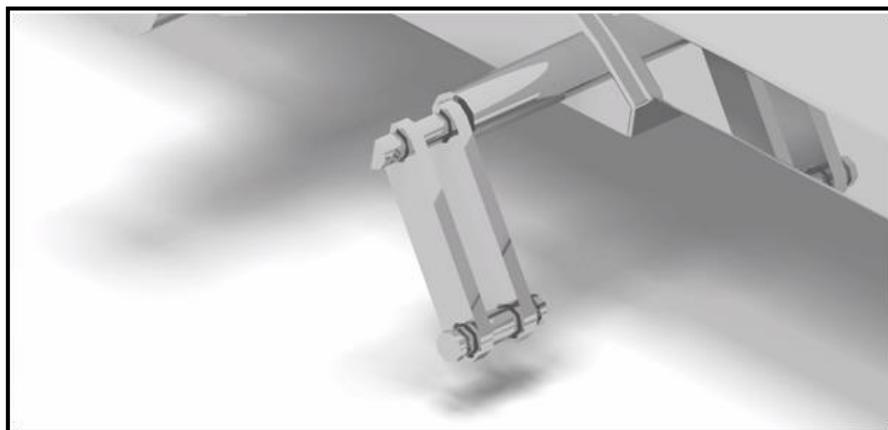


Figura 19: Detalle del sistema de bloqueo de la base inferior semifija de la plataforma intermedia.  
Fuente: Elaboración propia

- *Ejes de las ruedas*: los últimos elementos que componen la base semifija son los ejes sobre los que se montan las ruedas y las plaquitas que permiten una correcta unión a la chapa inferior. Al igual que el resto de elementos están fabricados en Aluminio 6061 de fácil soldadura. Se fabrican por un lado los ejes a dos tamaños y posteriormente se sueldan a la plaquita. Una vez fabricados estos ejes, con sus calidades superficiales apropiadas, se sueldan en su lugar correspondiente.

Los ejes de las ruedas son de dos tamaños distintos en función de si son para las ruedas de mayor tamaño, colocadas en la parte trasera de la chapa inferior o para las ruedas de gran tamaño y del sistema de bloqueo de la parte delantera.

Si son para las ruedas de mayor tamaño dispuestas en la parte trasera de la chapa inferior, se suelda a la placa un eje a dos diámetros. Si por el contrario son para las ruedas de la zona delantera y el sistema de bloqueo, cabe destacar que sobre esta placa se suelda el mismo eje a dos diámetros que se ha colocado en las ruedas traseras y, además, se suelda un eje donde uno de los diámetros tiene una forma especial para evitar que el sistema de bloqueo gire más de 180°.

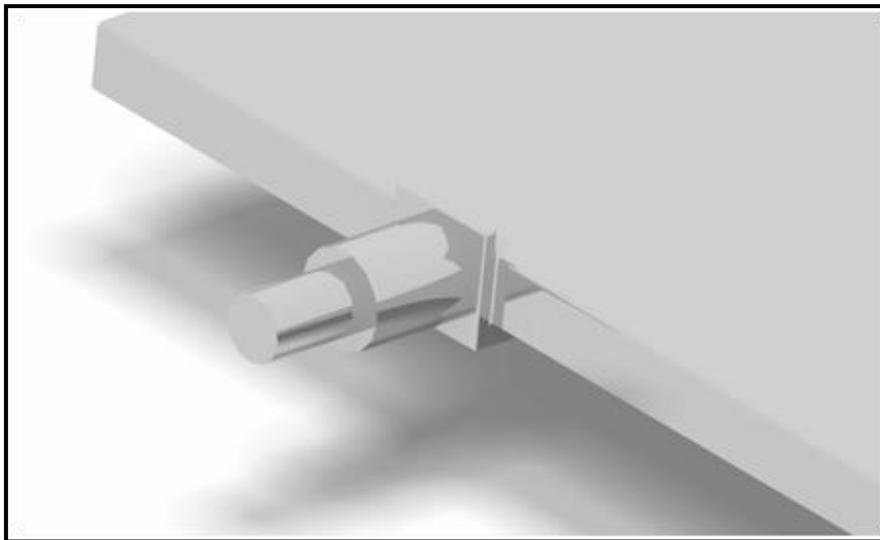


Figura 20: Eje de las ruedas traseras de la base inferior semifija de la plataforma intermedia.  
Fuente: Elaboración propia

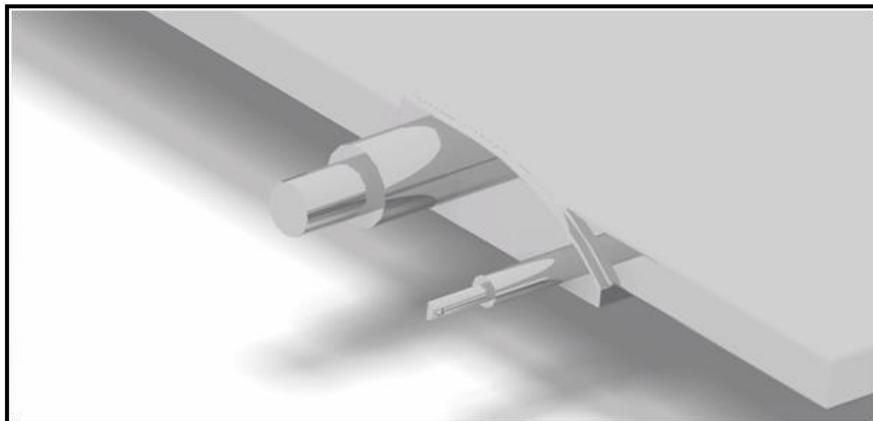


Figura 21: Eje de las ruedas delanteras de la base inferior semifija de la plataforma intermedia.  
Fuente: Elaboración propia

#### 7.1.1.2. Sistema de movimiento

Una vez definidas las partes más importantes de la base inferior semifija, se procede a detallar los elementos que componen el sistema de movimiento que permite realizar un giro de 90° de la base superior móvil con respecto a la base inferior semifija.

Este sistema de movimiento se compone de varios elementos importantes entre los que encontramos la guía en forma de T sobre la que va a circular una pequeña plataforma compuesta por unos pequeños rodillos que se mueven por la parte lateral de la guía. Además, encontramos un sistema de bloqueo y desbloqueo que evita que la base superior móvil se mueva cuando, o bien el asiento se encuentra en su posición normal, o bien se ha movido la plataforma superior para realizar el traslado del usuario de su silla a la mesa. Por último, disponemos de unas pequeñas placas que evitan que los rodillos se salgan de la guía haciendo tope en ellos y frenando el movimiento como último sistema de seguridad.

A continuación, se procede a detallar cada uno de los elementos mencionados con anterioridad, así como los tipos de uniones entre ellos y los materiales en los se fabrican.

- *Guía en forma de T*: esta guía es otro de los elementos importantes de todo el diseño ya que gracias a ella podemos girar la base superior móvil 90° con respecto a la base inferior semifija sin necesidad de que esta segunda se mueva del interior de las guías del chasis. La sección de esta guía es en forma de T y se ha elegido este diseño ya que, para poder mover la base superior, necesitamos que los rodillos dispongan de una gran superficie para poder realizar el movimiento sin necesidad de sufrir mucho esfuerzo. Si se observa la guía en planta podemos ver que tiene partes rectas y un cuarto de circunferencia.

Esta guía está fabricada en Aluminio 6061 para que pese poco y además tiene el interior hueco lo que permite que sea más ligera y le añada menos peso a la base inferior móvil.

Para poder sujetar de forma correcta y segura esta guía a la base inferior, se han utilizado tornillos según las normas ISO 4014, tuercas según la norma ISO 4032 y arandelas siguiendo la norma ISO 7089.

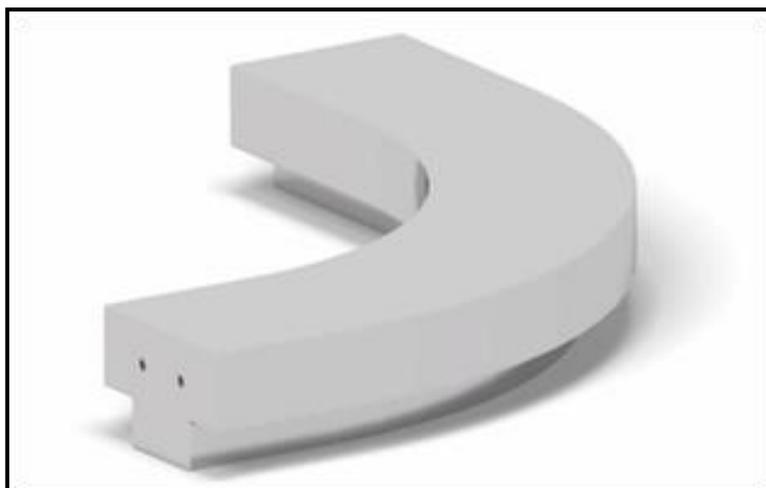


Figura 22: Guía en forma de T del sistema de movimiento de la plataforma intermedia.  
Fuente: Elaboración propia

- *Plataforma superior de rodillos*: esta plataforma está compuesta por cuatro pequeños rodillos que rotan entorno a los ejes y que gracias al movimiento de éstos podemos realizar el giro del asiento. Cada uno de estos rodillos están fabricados en poliuretano lo que permite tener mayor grado de rozamiento con respecto a la guía en forma de T con la que tiene un contacto lineal en todo momento. Los rodillos rotan sobre los ejes, es decir, que solo tenemos un grado de libertad y entre el eje y el rodillo se establece un par de rotación o par R. Para evitar que los rodillos salgan de sus ejes se posicionan unas arandelas de seguridad en la parte final de cada uno de los ejes de los rodillos. Las arandelas se han establecido en función de la norma DIN 6799.

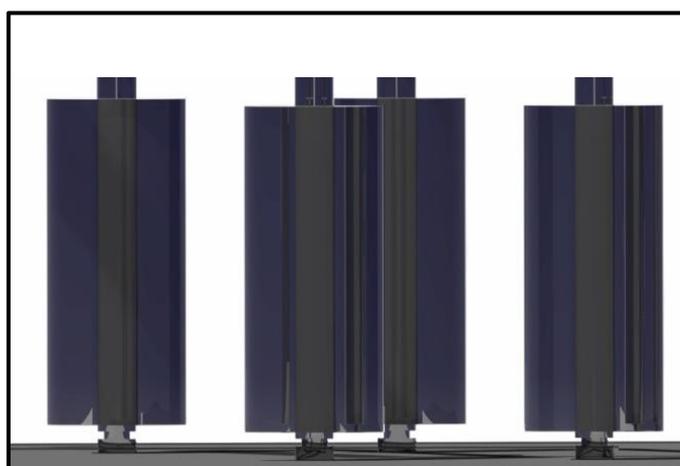


Figura 23: Detalle de los rodillos  
Fuente: Elaboración propia.

La plataforma superior de rodillos tiene unos pequeños orificios por los que pasan a cada lado los ejes sobre los que se van a instalar los rodillos mencionados con anterioridad. Además de esos pequeños orificios, en uno de los laterales hay una pequeña ranura por la que pasa la palanca del sistema de bloqueo y desbloqueo que evita el movimiento de la base superior móvil cuando no se desea realizar el giro de 90°. Además, esta plataforma se encuentra en contacto directo con la cara superior de la guía en forma de T por lo que no solo debe conducir y soportar todo el peso de la base superior móvil, sino que debe tener una cara perfectamente lisa con un gran acabado superficial para que el deslizamiento entre ambas caras sea limpio y no tenga un gran desgaste. Esta plataforma se fabrica en acero inoxidable y se une con la base superior móvil por unos tonillos de cabeza avellanada que siguen la norma DIN 7991.

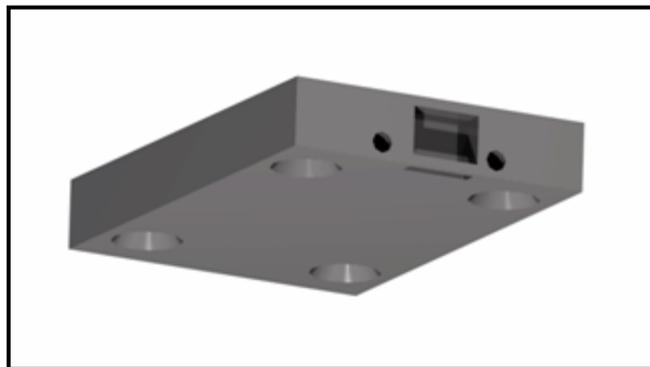


Figura 24: Plataforma de rodillos  
Fuente: Elaboración propia.

- *Sistema de bloqueo y desbloqueo de la base superior móvil:* este sistema está colocado en el lado más accesible, teniendo en cuenta la posición de la guía en forma de T en la base inferior semifija. Permite bloquear y desbloquear el movimiento de la base superior móvil. Está compuesto por varios elementos entre los que encontramos una chapa de Aluminio 6061 de poco grosor que se ha doblado para formar la geometría deseada, actuando así, de forma correcta como palanca. Para que el accionamiento de la palanca sea más cómodo, se ha recubierto la parte superior de la misma con una protección plástica de polipropileno para que tenga la resistencia suficiente para que no rompa.

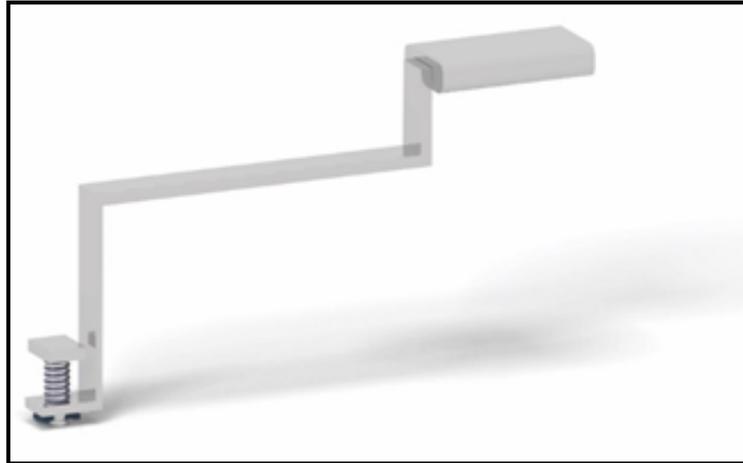


Figura 25: Palanca de bloqueo de la base superior móvil de la plataforma intermedia.  
Fuente: Elaboración propia

Esta palanca pasa a través de la plataforma superior de los rodillos donde adquiere la forma deseada. En la parte inferior de la misma, se une la guía en forma de T a través de un cilindro con una pletina, al que se le ha colocado un resorte de acero proporcionado por la empresa *Vanel* [15] para poder realizar un movimiento en función de si se desbloquea el sistema completo. Este resorte va montado sobre un eje que tiene un movimiento vertical con respecto a la palanca. Para que el accionamiento de la palanca sea el correcto, en la parte inferior del eje sobre el que se monta el resorte, se ha dispuesto una arandela de seguridad que se ha establecido según la normativa DIN 6799 y que actúa de tope evitando así que la palanca y el eje puedan salirse de su posición.

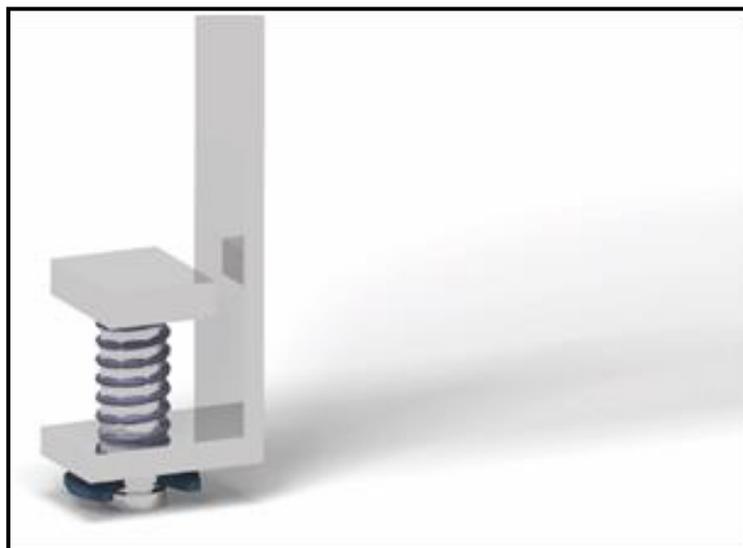


Figura 26: Detalle de la palanca de bloqueo de la base superior móvil de la plataforma intermedia.  
Fuente: Elaboración propia

- *Placas de tope*: por último, se han colocado unas placas que actúan a modo de tope para evitar que los rodillos puedan salirse de la guía con forma de T. Estas placas se colocan a ambos finales de carrera de la guía. Estas placas son una chapa de Aluminio 6061 de poco espesor, a la cual, se le ha dado la forma deseada para que encaje en su lugar correspondiente y cumpla con su función.

Para sujetar estas placas a la estructura de la guía en forma de T, se han utilizado unos tornillos de cabeza hexagonal que siguen la normativa ISO 4017.

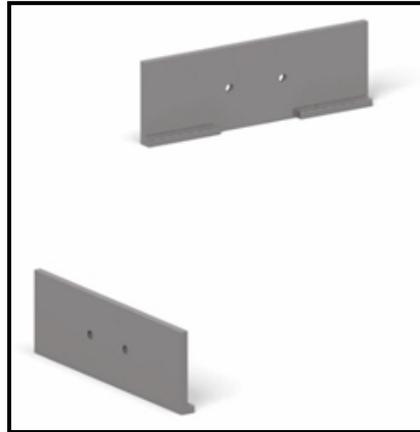


Figura 27: Placas de tope del sistema de movimiento de la plataforma intermedia.  
Fuente: Elaboración propia

### 7.1.1.3. Base superior móvil

La última de las partes que compone la plataforma intermedia es la base superior móvil. Gracias a esta base y a las guías que dispone, vamos a poder colocar cualquier tipo de asiento que se haya adaptado a las necesidades del usuario. El asiento que se comercializa junto con la *Silla de ruedas Carony*, que no está adaptado de forma particular a ningún usuario, sino que está adaptado de forma más general, también puede incorporarse sobre esta base si se le hace una instalación del mismo tipo de guías que se han colocado sobre la misma.

La base superior móvil es la que hace una traslación del usuario de 90° con respecto a su posición normal en la silla de ruedas, gracias a todo el conjunto de elementos mencionados en el punto anterior. Esta base está conectada directamente al asiento del usuario por lo que recae sobre ella todo el peso del mismo, en concreto sobre las guías, sobre las que se reparte el peso en cada una de ellas pudiendo llegar a soportar hasta los 140 Kg. La base superior móvil se conecta directamente con la plataforma superior de rodillos mediante una serie de uniones mecánicas.



Figura 28: Base superior móvil de la plataforma intermedia.  
Fuente: Elaboración propia.

Se procede a detallar cada uno de los elementos que componen esta parte de la plataforma intermedia, así como sus materiales de fabricación y el tipo de unión que se generan entre ellos.

- *Chapa superior*: esta chapa, al igual que la de la base inferior semifija, tiene la misma función que es la de soportar el peso del resto de elementos, así como permitir una correcta unión entre ellos garantizando el movimiento y la seguridad del usuario.

Esta chapa está fabricada en acero inoxidable permitiendo soportar grandes pesos.

Esta chapa tiene numerosos agujeros roscados para poder unir mediante uniones mecánicas, como tornillos avellanados, según las normas DIN 7991 para la plataforma superior de rodillos o arandelas de la norma ISO 7089 y tornillos de cabeza hexagonal de la norma ISO 4017 para realizar la unión con las guías.

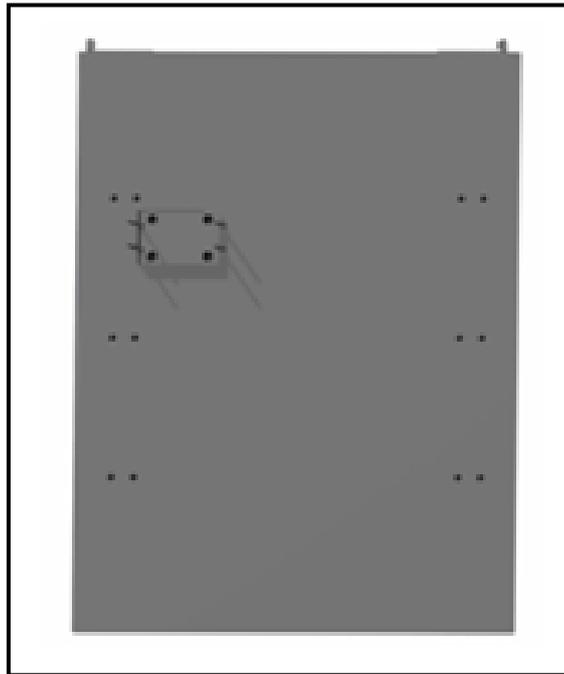


Figura 29: Chapa superior de la base superior móvil.  
Fuente: Elaboración propia.

- **Guías superiores:** estas guías son las que permiten el perfecto acople entre el asiento y el conjunto de la plataforma intermedia con el chasis. Tienen forma de cola de milano ya que permiten una mayor superficie de contacto y por tanto su unión es más efectiva, permitiendo que no se pueda deslizar si no se realiza un pequeño esfuerzo para ello. Para la selección de estas guías se ha tenido en cuenta las dimensiones y material de las guías de carro de cola de milano con topes finales que ofrece la empresa *Norelem* [16]. De esta referencia, solamente se han tenido en cuenta las medidas más generales ya que para la necesidad que se plantea en este proyecto, se necesitaban realizar numerosas modificaciones como son los taladros de unión con la chapa superior o la instalación del sistema de bloqueo del asiento y la longitud de las mismas. El material en el que están fabricadas estas guías es GJL 250 que según la normativa europea EN 1561:1997 corresponde a una fundición gris.

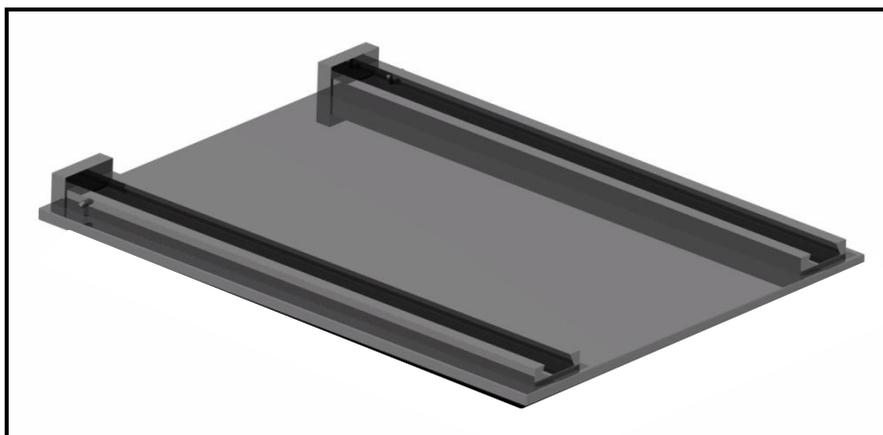


Figura 30: Guías superiores de la base superior móvil.  
Fuente: Elaboración propia.

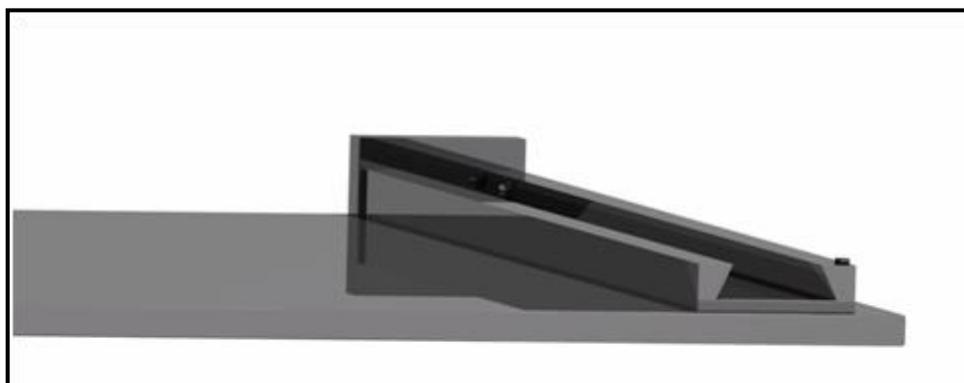


Figura 31: Detalle de la forma de las guías superiores de la base superior móvil.  
Fuente: Elaboración propia.

Además de las dimensiones de las guías, también se ha tomado como referencia las dimensiones para realizar e implementar uno de los topes delanteros que actúa como final de carrera del asiento y que está fabricado en el mismo material.

Para unir las guías con la chapa de la plataforma superior, se han utilizado unas arandelas según la norma ISO 7089 y unos tornillos de cabeza hexagonal según la norma ISO 4017.

Para la unión entre los topes delanteros y la guía se han utilizado unas arandelas de la norma ISO 7089 y unos tornillos de la norma ISO 4014.

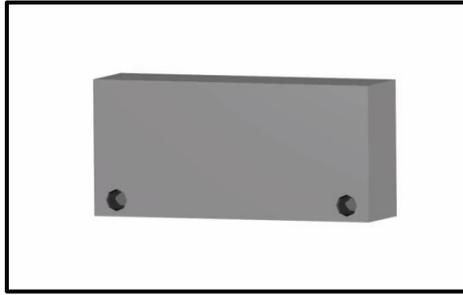


Figura 32: Tope delantero de las guías de la base superior móvil.  
Fuente: Elaboración propia.

- *Sistema de bloqueo del asiento:* este sistema consta de un pequeño pistón colocado en los dos laterales más exteriores de ambas guías. Este sistema permite que, al llegar las guías, instaladas en la parte inferior del asiento, a su posición final donde se encuentra el tope de final de guía en la parte delantera de la chapa, se queden bloqueadas evitando así que el asiento se desplace. Disponen de una zona que está moleteada para que cuando se desea desplazar el asiento, el personal pueda tener un mayor agarre con este elemento. Estas piezas están fabricadas en acero. Para unir el pistón con las guías, se ha diseñado una pequeña pieza cilíndrica que conecta este elemento y el émbolo del interior del pistón y que al tirar del mismo comprime un muelle y se ejecuta el movimiento.

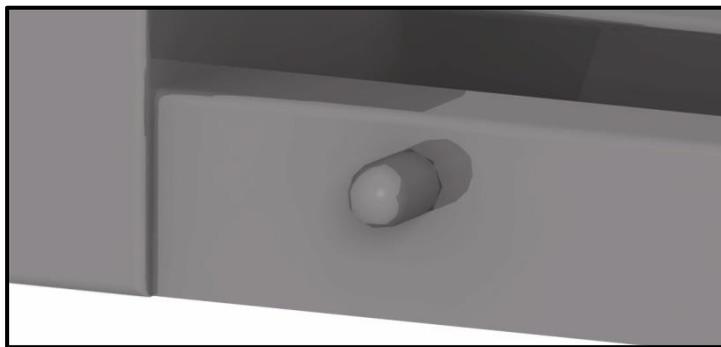


Figura 33: Pistón del sistema de seguridad del asiento.  
Fuente: Elaboración propia.

- *Sistema de anclaje con la mesa auxiliar de apoyo:* se ha diseñado un elemento que permite realizar un correcto agarre entre las guías colocadas sobre la chapa superior y la mesa auxiliar de apoyo para poder pasar de forma segura al usuario de un lugar a otro. Este sistema consta de unas pequeñas plaquitas de plástico que en su parte delantera disponen de una semicircunferencia que se ajusta a la perfección con una circunferencia completa colocada en la parte delantera de las guías de la mesa auxiliar de apoyo.

Este elemento está fabricado en plástico PVC y debe disponer de un pequeño giro para poder engancharse con la mesa de forma correcta y segura, por lo que debe tener un par de rotación con respecto a las guías. Están unidas a las guías a través de una arandela fabricada en bronce y que sigue la normativa ISO 7089 para reducir la fricción y un perno que permite el giro en la zona deseada según la normativa ISO 4014.

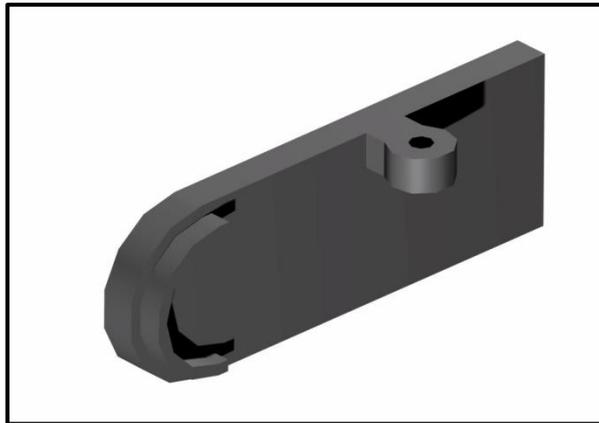


Figura 34: Sistema de anclaje con la mesa auxiliar de apoyo.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 35: Detalle del sistema de anclaje y de los topes traseros de las guías.  
Fuente: Elaboración propia.

- *Topes traseros*: el último elemento que compone el conjunto completo de la plataforma intermedia son unos pequeños topes de plástico de PVC colocados al final de la parte trasera de las guías. La función principal de estos topes es actuar como embellecedores evitando que las guías colocadas en el asiento puedan salirse. Cuando se desea realizar el traspaso del asiento de la plataforma intermedia a la mesa auxiliar de apoyo, se deben retirar ya que están colocados a presión y son fáciles de manipular para colocar y retirar.

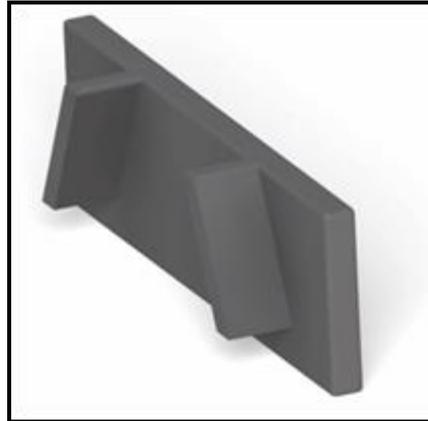


Figura 37: Topes traseros de las guías de la base superior móvil de la plataforma intermedia.  
Fuente: Elaboración propia

### 7.1.2. Mesa auxiliar de apoyo

El segundo producto que compone el proyecto consiste en la realización de una mesa auxiliar de apoyo regulable en altura, diseñada especialmente para complementar la plataforma intermedia y que facilite el trabajo al fisioterapeuta, evitando que realice un esfuerzo excesivo cuando tenga que trasladar al usuario desde su silla de ruedas hasta la camilla. Posteriormente se igualan las unidades lineales SLA hasta la altura de la camilla (750 mm) garantizando un traslado seguro.

Esta mesa auxiliar está pensada para lugares especiales donde se realiza la rehabilitación y recuperación de usuarios en silla de ruedas que necesitan ser trasladados a camillas de rehabilitación.



Figura 38: Mesa auxiliar de apoyo en posición recogida.  
Fuente: Elaboración propia



Figura 39: Mesa auxiliar de apoyo en posición extendida.  
Fuente: Elaboración propia

Los componentes principales de esta mesa no se diferencian mucho con respecto de los mencionados en el apartado anterior de la plataforma intermedia, ya que muchos de ellos deben coincidir para que el traslado sea seguro y efectivo. Los principales componentes de esta mesa auxiliar se dividen en zona de mesa y zona de patas, donde encontramos el sistema de regulación de altura.

Para la construcción de esta mesa auxiliar, se han seguido las mismas dimensiones y parámetros que hemos establecido para la realización de la plataforma intermedia.

#### 7.1.2.1. Mesa

La *zona de mesa* es el componente principal de esta mesa auxiliar de apoyo. En ella se dispondrán las guías que van a conducir de forma segura al usuario hasta el final del tablero, donde se quedará bloqueado todo el conjunto gracias al mismo sistema de bloqueo de seguridad que se ha instalado en las guías para bloquear el asiento cuando esté en su posición correcta. Además de las guías, también encontramos el tablero sobre el que se van a colocar las guías para deslizar el asiento.

A continuación, se detallará cada uno de los elementos mencionados conociendo su funcionalidad y los materiales en los que se fabrican.

- *Tablero de la mesa*: este elemento es el que soporta el peso del usuario y del asiento que se dispone en la parte superior del mismo. Las dimensiones del tablero son bastante más amplias, sobre todo su longitud ya que parte de la mesa debe entrar en el chasis cuando la plataforma intermedia está girada 90°, esto es para que se pueda realizar un correcto acoplamiento entre los dos conjuntos y se pueda trasladar de forma segura al usuario.

Este tablero tiene en la zona delantera una abertura para que cuando el usuario esté sobre la mesa en su posición de seguridad, pueda tener los pies en una posición que no le sea incómoda.

Además, a este tablero se le han realizado diversas perforaciones para poder colocar y acoplar los tornillos, de la norma ISO 4014, y las arandelas, de la norma ISO 7089, que unen el tablero y las guías. También, son necesarios acoplar los tornillos que unen las patas de la mesa con el tablero y siguen la norma ISO 4017. El tablero está fabricado en madera plástica que tiene poco peso y alta resistencia.



Figura 40: Tablero de la mesa auxiliar de apoyo.  
Fuente: Elaboración propia

- **Guías superiores:** las guías que se instalan sobre el tablero de la mesa son las mismas guías que se disponen en la base superior móvil de la plataforma intermedia, es decir, que son guías de carro de cola de milano con topes finales comercializadas por la empresa *Norelem*. Al igual que ocurre con las otras, solamente se han tomado las dimensiones más generales ya que se van a sufrir modificaciones con respecto a las originales. En concreto se han utilizado como referencia para las dimensiones el modelo 21031-050105. Estas guías están fabricadas en fundición gris GJL 250.

Al igual que en la plataforma intermedia, se han tomado como referencia las dimensiones de los topes de final de carrera que en esta ocasión se han colocado en la parte final de la mesa. Están fabricados en fundición gris y se unen a las guías por medio de una arandela seleccionada según la norma ISO 7089 y un tornillo de cabeza hexagonal de la norma ISO 4014.



Figura 41: Guía superiores de la mesa auxiliar de apoyo.  
Fuente: Elaboración propia

La modificación que se ha realizado en estas guías es soldar un pequeño elemento circular, que permita realizar una unión entre la base superior móvil y la mesa auxiliar, permitiendo una correcta unión lineal gracias al dispositivo de anclaje colocado en las guías de la plataforma.



Figura 42: Cilindros delanteros de las guías del sistema de unión entre la plataforma Intermedia y la mesa auxiliar de apoyo. Fuente: Elaboración propia

- *Topes delanteros*: al igual que los topes traseros de la plataforma intermedia, se han colocado unos embellecedores fabricados en PVC que su función principal es la de evitar que la silla se salga de su posición. Cuando se desea realizar el traslado del asiento, únicamente se retirarán ya que están colocados a presión contra las guías.

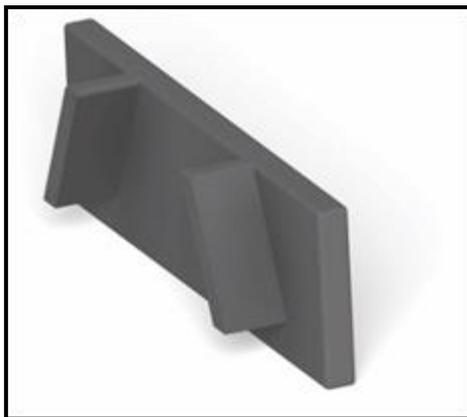


Figura 43: Topes delanteros de las guías de la mesa auxiliar de apoyo. Fuente: Elaboración propia

- *Sistema de bloqueo del asiento*: este sistema impide que el asiento pueda desplazarse de su lugar cuando ha llegado a su posición deseada, esto evita que el usuario pueda sufrir algún accidente por no estar completamente asegurado. Al igual que los pistones colocados en las guías de la base superior móvil de la plataforma intermedia, estos pintones disponen de un pequeño resorte en su interior que se comprime cuando se desea liberar el asiento. Este pistón está sujeto a las guías por un émbolo que se introduce en el interior del pistón y que es el encargado de ejecutar el movimiento.

El pistón está fabricado en acero y tiene una zona moleteada para un mayor agarre cuando se desea desbloquear el asiento. Estos elementos están colocados en la parte final de la guía a los lados con mayor acceso para que al realizar la acción no sea muy costosa.

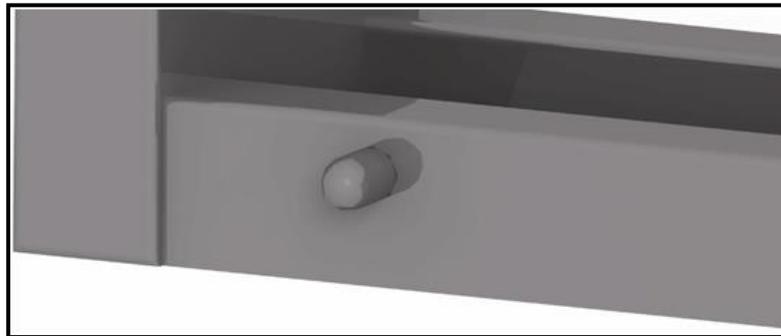


Figura 44: Pistones del sistema de bloqueo del asiento de las guías de la mesa auxiliar de apoyo. Fuente: Elaboración propia

#### 7.1.2.2. Patas de la mesa

Las patas de la mesa se componen de dos partes, una hace la función de protección y unión con la mesa, la otra se relaciona con el sistema de elevación electromecánico para poder regular su altura. Estos elementos son los que permiten que la mesa pueda moverse en función de donde se desea colocar y acercarla para poder acoplarla con facilidad a la base superior móvil.

A continuación, se explica de forma detalla en qué consisten los elementos mencionados con anterioridad.

- *Chapa para recubrir las patas de la mesa:* para hacer una correcta instalación del dispositivo de elevación, es necesario disponer de chapas por las que introducir el sistema. Estas patas son de poco espesor y están fabricadas en Aluminio 6061 para aligerar el peso de todo el conjunto. Para sujetar los dispositivos de elevación a las chapas, se deben realizar una serie de orificios en las chapas para poder introducir los tornillos que se incluyen en la compra del dispositivo de elevación. Además, se ha realizado un orificio en la parte superior de cada chapa para sacar hacia el exterior los cables de conexión que se unen a la batería del dispositivo.

Para poder unir las patas a la mesa, se suelda en la parte superior de cada una de ellas, una pequeña plataforma circular con una serie de orificios por los que pasaremos unos tornillos de cabeza hexagonal según la norma ISO 4017 que irán roscados a la tabla de la mesa. Estas pequeñas pletinas están fabricadas en aluminio.

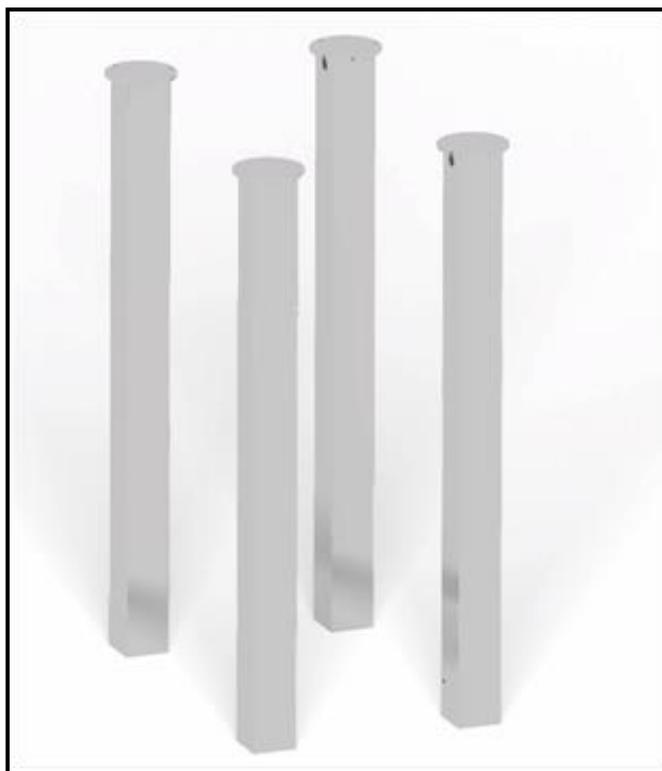


Figura 45: Chapas para recubrir el sistema de elevación de la mesa auxiliar de apoyo.  
Fuente: Elaboración propia

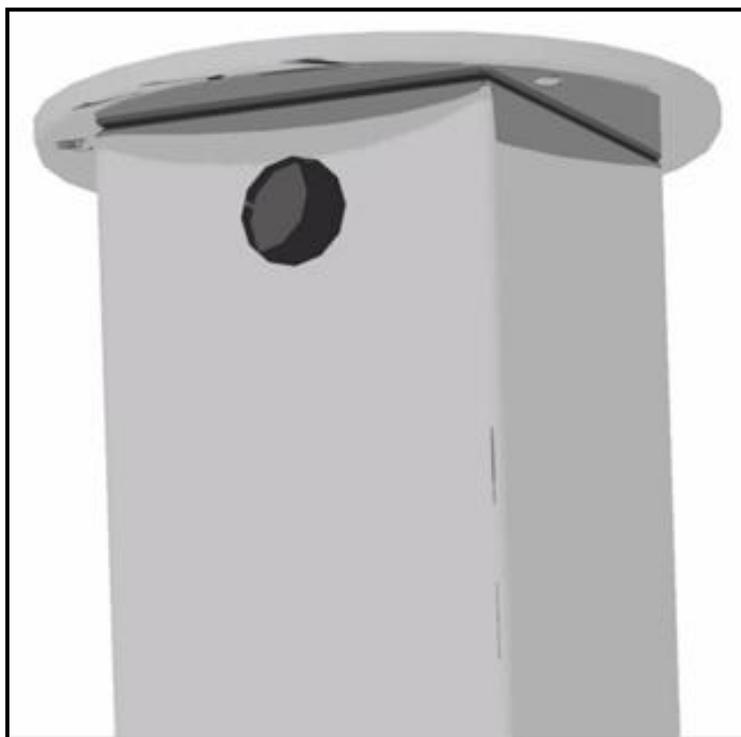


Figura 46: Detalles de las chapas para recubrir el sistema de elevación de la mesa auxiliar de apoyo.  
Fuente: Elaboración propia

- *Sistema de elevación de la mesa:* es un dispositivo comercializado por la empresa *ErgoSwiss* [17] que se encarga de fabricar distintos sistemas que permiten regular la altura de la mesa en varias posiciones. En concreto, para este proyecto se ha decidido instalar un sistema de elevación electromecánica que permite elevar la mesa accionando un husillo que se encuentra en el interior de las columnas. Analizando todas las opciones de su amplia gama, la unidades lineales SLA [18], son el modelo que mejor se adapta a nuestra necesidad de regular la altura de la mesa y que pueden ser solicitadas bajo encargo previo.

Estas columnas van protegidas por las chapas descritas en el punto anterior. En la parte superior de cada una de las unidades encontramos un pequeño cable USB que se saca hacia el exterior de la chapa para poder conectarlo a la fuente de alimentación. Para el presente proyecto necesitamos cuatro unidades lineales, una por cada pata de la mesa, que conectaremos a la fuente de alimentación del dispositivo.

En la parte inferior de las patas, se pueden colocar unas ruedas que disponen de un freno independiente, cada una de ellas, para evitar que pueda volcar durante el traslado. Para poder regular la altura de la mesa, se debe instalar un dispositivo de control remoto ubicado en la parte trasera conectado a la fuente de alimentación, que permite elevar o descender la mesa a la altura deseada.



Figura 47: Caja de control o fuente de alimentación de las unidades lineales SLA.  
Fuente: Elaboración propia

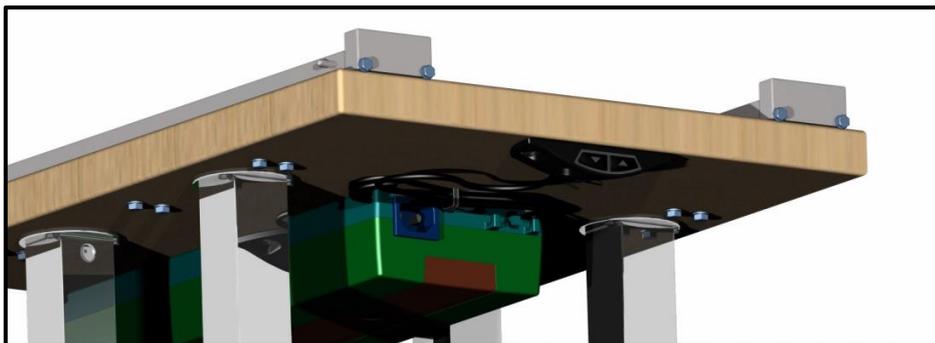


Figura 48: Control remoto o sistema elevador de altura de la mesa auxiliar de apoyo.  
Fuente: Elaboración propia

La fuente de alimentación o caja de control se colocará en un en la parte inferior del tablero de la mesa para que puedan llegar con facilidad cada uno de los puertos USB que conectan las unidades lineales con la caja de control.

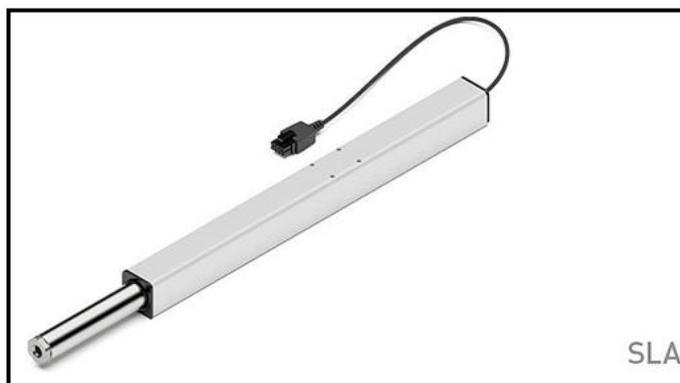


Figura 49: Unidades lineales SLA del sistema de elevación de la mesa auxiliar de apoyo.  
Fuente: Empresa ErgoSwiss



Figura 50: Ruedas con sistema de freno que se acoplan a las unidades lineales del sistema de elevación de la mesa auxiliar de apoyo. Fuente: Empresa ErgoSwiss

## 7.2. Sistemas de movimiento y seguridad

Como se puede comprobar una vez desarrollados cada uno de los componentes de la plataforma intermedia y de la mesa auxiliar de apoyo, son necesarios varios sistemas para asegurar el correcto movimiento de traslación de la base superior móvil con respecto a la base inferior semifija siempre garantizando la seguridad del usuario.

Además del sistema de movimiento, tanto en la plataforma intermedia como en la mesa auxiliar, se han dispuesto diversos sistemas de seguridad para mantener fijo al usuario en todo momento evitando así que pueda sufrir cualquier tipo de accidente debido a algún fallo.

A continuación, se procede a explicar cada uno de estos sistemas y, por último, se explicará de forma abreviada el sistema de elevación de la mesa.

### 7.2.1. Movimiento de 90º de la plataforma intermedia

El objetivo principal de este trabajo de fin de grado consiste en crear una plataforma intermedia que permita realizar un giro de 90º con respecto a la posición principal del usuario sobre el chasis de la silla de ruedas.

Tras realizar numerosas investigaciones sobre diversos sistemas que permiten realizar un giro similar al que se pretende conseguir con esta plataforma, se ha optado por diseñar una guía donde en uno de los tramos se debe girar 90º. La parte que realiza el deslizamiento es una pequeña plataforma con unos rodillos de un material especial que hacen contacto en la parte lateral de la guía que se ha diseñado.

Para conocer un poco más a fondo como funciona este sistema, antes debemos concretar cada una de sus partes, aunque se hayan desarrollado en el punto anterior.

Como bien se ha mencionado, las partes que componen este sistema de movimiento son dos, la guía en forma de T, que se une a través de uniones mecánicas la base inferior semifija. Y el otro elemento es la plataforma de deslizamiento que mediante unos pequeños rodillos laterales consigue realizar el movimiento.

Para poder realizar este proceso, previamente debemos sacar del chasis los reposapiés extraíbles, bloquear todo el conjunto con el freno de seguridad general evitando posibles vuelcos y elevar ligeramente la plataforma y el asiento con la manivela manual incorporada en el chasis.

Antes de realizar el giro, se debe desbloquear la base superior móvil presionando hacia abajo una palanca colocada en el lateral izquierdo de la base. Esta palanca está conectada con un eje que tiene un muelle que al

presionar hacia abajo la palanca y empujar un poco el asiento se comprime y libera el movimiento de la base.

La plataforma de rodillos tiene contacto con la guía en forma de T por dos caras de ésta. Los cuatro rodillos de poliuretano hacen contacto directo con las caras laterales de la guía en forma de T y gracias a ellos podemos tener un contacto limpio entre ambos elementos, creando la menor fricción entre ambos, lo que genera que el movimiento sea mucho más suave y continuo. El otro contacto directo que tiene la plataforma superior de rodillos se produce entre la cara superior de la guía y la cara inferior de la plataforma de los rodillos, por lo que ambas caras deben tener un gran acabado superficial para que cuando se genere el movimiento se produzca la menor fricción posible.

La guía en forma de T, está compuesta por dos partes rectas y una parte curva la cual permite girar la base superior 90°. Si observamos la guía, teniendo en cuenta que la base superior móvil se encuentra de forma paralela a la base inferior semifija, se observa que hay un tramo recto de unos 70 mm. Este tramo recto nos permite que la plataforma de rodillos deslice sobre la guía manteniendo todavía paralelas una base a la otra. Es decir, podemos sacar unos pocos milímetros hacia la parte delantera la base para que a la hora de realizar el traspaso del asiento a la mesa sea más centrado.

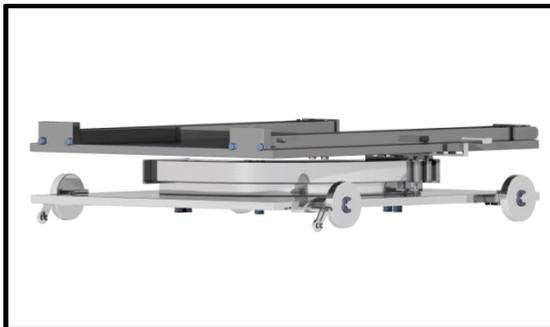


Figura 51: Plataforma intermedia en su posición normal.  
Fuente: Elaboración propia



Figura 52: Plataforma intermedia en su posición normal desde otra perspectiva.  
Fuente: Elaboración propia



Figura 53: Plataforma intermedia avanzado el primer tramo recto.  
Fuente: Elaboración propia



Figura 54: Plataforma intermedia avanzado el primer tramo recto desde otra perspectiva.  
Fuente: Elaboración propia

Tras ese tramo recto, nos encontramos con el cuarto de circunferencia, que nos va a permitir girar la base superior móvil 90° con respecto a la base inferior semifija, por lo que el usuario, sin necesidad de moverse de su asiento, quedaría así girado 90° hacia afuera. Durante este movimiento, un fisioterapeuta debe vigilar que el paciente no corra peligro y debe controlar el movimiento de sus piernas.

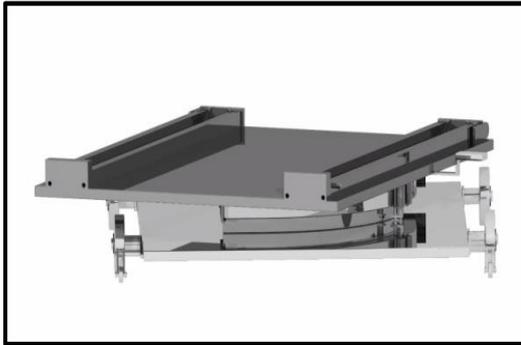


Figura 55: Plataforma intermedia avanzada la parte inicial del cuarto de circunferencia.  
Fuente: Elaboración propia

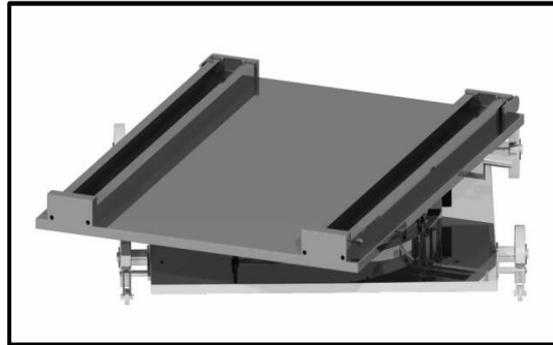


Figura 56: Plataforma intermedia avanzada la parte inicial del cuarto de circunferencia desde otra perspectiva.  
Fuente: Elaboración propia



Figura 57: Plataforma intermedia avanzada en la parte final del cuarto de circunferencia.  
Fuente: Elaboración propia

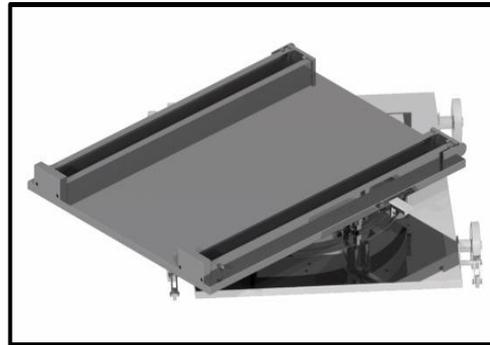


Figura 58: Plataforma intermedia avanzada en la parte final del cuarto de circunferencia desde otra perspectiva.  
Fuente: Elaboración propia

Una vez hayamos realizado el giro, encontramos otro tramo recto de unos 50 mm de longitud hasta llegar a un tope final. Cuando se recorre este tramo, se llega a un punto donde la base se bloquea de forma automática gracias al sistema de seguridad de palanca que fija por completo el asiento.



Figura 59: Plataforma intermedia avanzado el último tramo recto.  
Fuente: Elaboración propia



Figura 60: Plataforma intermedia avanzado el último tramo recto desde otra perspectiva.  
Fuente: Elaboración propia



Figura 61: Plataforma intermedia avanzada en su posición final.  
Fuente: Elaboración propia

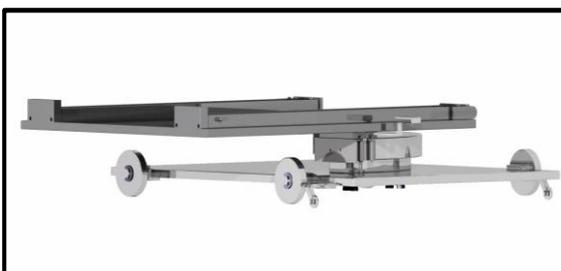


Figura 62: Plataforma intermedia avanzada en su posición final desde otra perspectiva.  
Fuente: Elaboración propia

Este proceso no pone en riesgo la estabilidad del paciente sobre la silla de ruedas ya que no sobresale toda la base superior hacia el exterior.

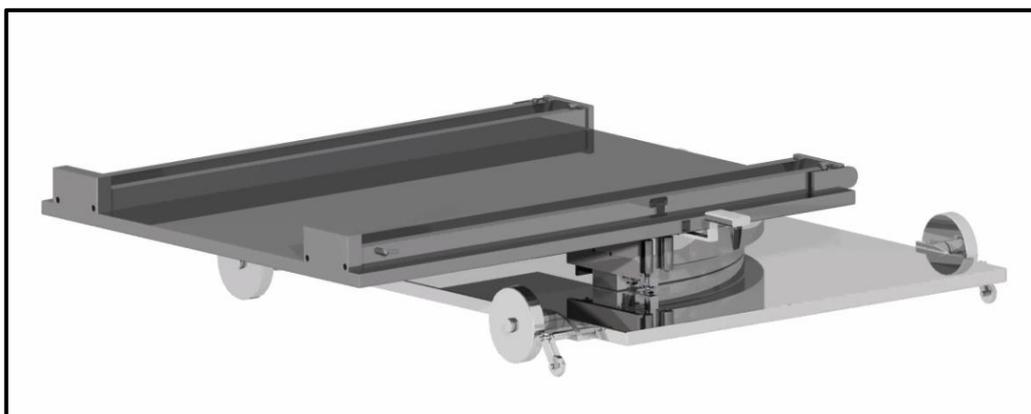


Figura 63: Plataforma intermedia girada 90°.  
Fuente: Elaboración propia.

### 7.2.2. Sistema de seguridad de la base superior móvil

El sistema de seguridad de la base superior móvil es otro de los sistemas importantes, ya que, gracias a éste podemos fijar la base superior donde se encuentra el asiento del usuario evitando así que la plataforma de rodillos se mueva cuando se está manipulando la silla. Además, también asegura que durante el traspaso del asiento a la mesa auxiliar de apoyo, no se mueva la base superior.

Este sistema de seguridad se compone de una palanca colocada en el lado izquierdo de la base superior móvil, ya que este es el lado que mayor accesibilidad y menor distancia tiene para que la persona que impulsa la silla pueda accionarlo en caso de querer realizar el giro de la base.

La palanca pone en contacto la base superior móvil con la parte inferior de la guía en forma de T, es decir, este elemento es la unión entre las dos bases que componen la plataforma intermedia. Este sistema completo está compuesto por la palanca, un pequeño cilindro que tiene acoplado una pletina que se encaja en la guía, un muelle o resorte con el que vamos a poder variar la altura y una arandela de seguridad con la que hace tope la palanca y evita que se pueda salir tanto el muelle, el cilindro como la palanca.

Si no se desea realizar ningún movimiento, es decir, que únicamente se esté moviendo al usuario de forma normal en la silla, este sistema debe encontrarse bloqueado mediante una pequeña pletina, la cual se encaja en la parte inferior libre de la guía en forma de T, ello impide que se puedan realizar posibles movimientos mientras se está utilizando de forma normal la silla de ruedas.

Para poder accionar este sistema y liberar la base superior móvil, debemos realizar un ligero movimiento de descenso sobre la parte accesible de la palanca mientras empujamos con suavidad el asiento. Al realizar este movimiento, lo que ocurre en la parte inferior de la palanca es que ésta hace tope con la arandela de seguridad, lo que hace que descienda unos pocos milímetros, los suficientes para que salga la pletina de su lugar de encaje y haga contacto con la parte inferior de la guía en forma T que, al disponer de menor altura, el resorte se ve obligado a comprimirse.

Como, la parte inferior de la guía en forma de T, el agujero donde se acopla la pletina y la propia pletina, están en contacto directo constantemente, deben tener muy buen acabado superficial.

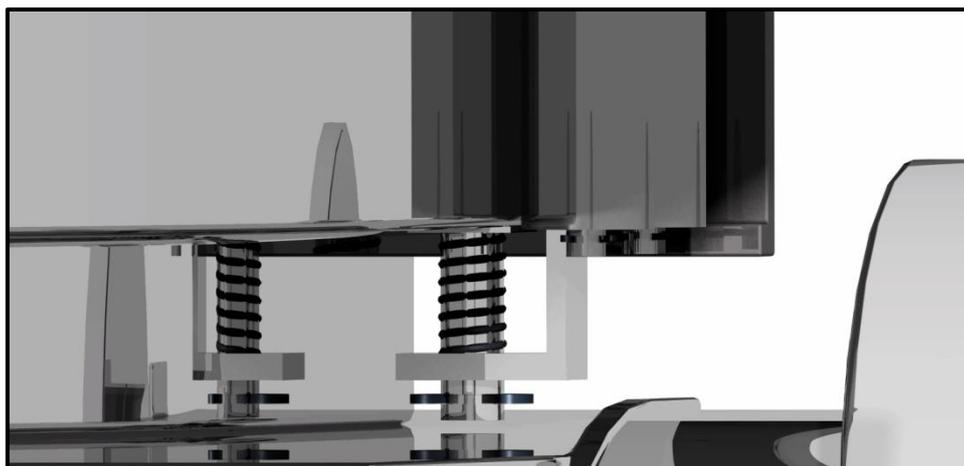


Figura 64: Detalle de la pletina de la palanca en posición de bloqueo.  
Fuente: Elaboración propia.

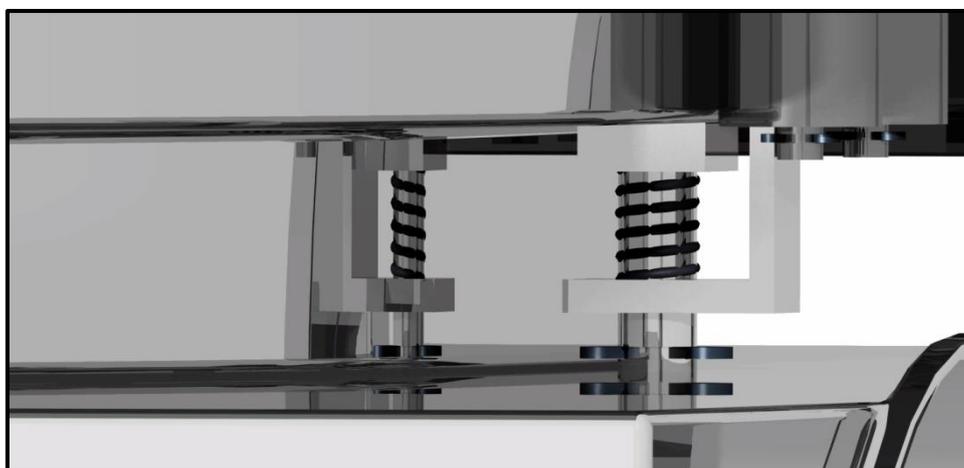


Figura 65: Detalle de la pletina de la palanca en posición de desbloqueo.  
Fuente: Elaboración propia.

### 7.2.3. Sistema de bloqueo del asiento sobre las guías

El sistema de bloque del asiento del usuario está colocado sobre las guías de la parte superior de la base superior. Este sistema de bloqueo se activa cuando el asiento llega al tope final del recorrido y donde el pistón se introduce en el interior de la guía que está unida al asiento.

Debemos saber que, en el interior del pistón hay un émbolo que se conecta a las guías con un pequeño cilindro de poco diámetro y que está sujeto a las mismas a través de las ranuras que dispone el pistón en la parte superior, permitiendo así el movimiento. Además, en el interior del pistón encontramos un muelle que se comprime cuando se efectúa la acción.

Para que este sistema sea efectivo, las guías colocadas en el asiento y que corren a través de las colocadas en la base superior móvil, deben llevar un pequeño orificio en uno de sus laterales para que, al entrar en contacto con el pistón, éste se comprima gracias al muelle que tiene en su interior hasta llegar al orificio donde se queda acoplado.

Este sistema se encuentra colocado en la parte más exterior de cada una de las guías de la base superior y tiene una pequeña zona moleteada para que sea más sencillo agarrarlo y tirar de ello.

Cuando se tira del pistón para poder liberar el asiento, se debe accionar ambos lados a la vez para poder desbloquearlo y empujar ligeramente el asiento.

Este mismo sistema se encuentra colocado en las guías de la mesa auxiliar que en vez de encontrarse en la parte delantera de las guías de la base superior móvil, lo encontramos al final de las guías de la mesa, pero su sistema y su accionamiento es el mismo.

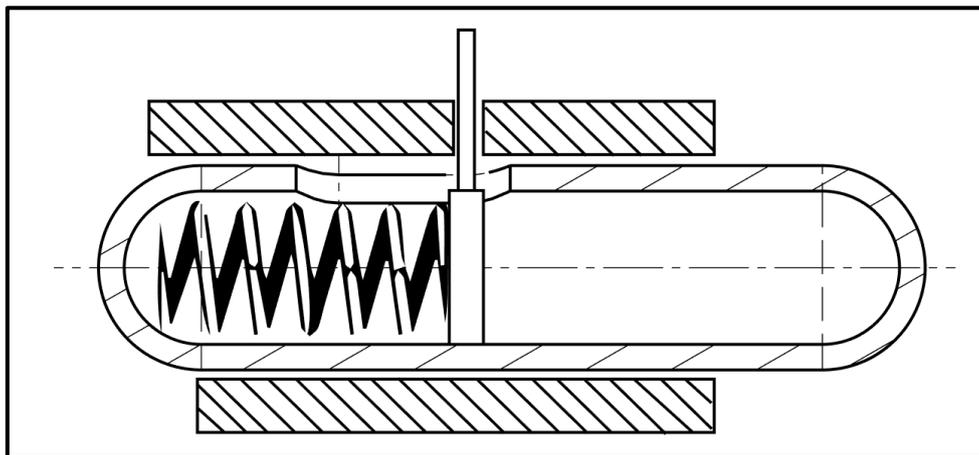


Figura 66: Esquema del sistema de bloqueo del asiento en su posición normal.  
Fuente: Elaboración propia.

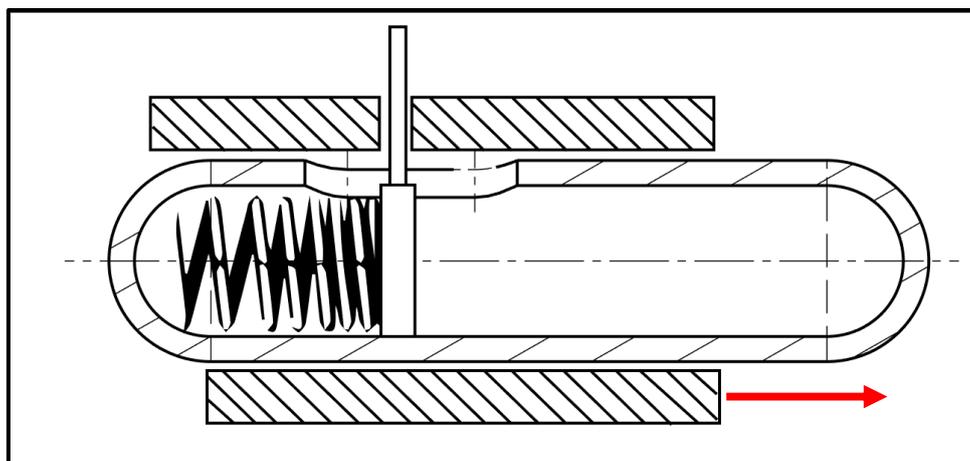


Figura 67: Esquema del sistema de bloqueo del asiento en su posición de desbloqueo.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 7.2.4. Sistema de unión entre la plataforma intermedia y la mesa auxiliar de apoyo

Basándonos en las referencias desarrolladas por la empresa con respecto al diseño, para acoplar, sujetar y alinear las guías del chasis y la base del vehículo, se ha desarrollado un sistema similar al presentado por la empresa para instalar una parte en las guías de la base superior móvil y otra parte en la mesa auxiliar para permitir que al realizar el traspaso del asiento se haga de forma segura y lineal entre ambos elementos sin poner en peligro la seguridad del usuario.



Figura 68: Conjunto completo sin acoplar.  
Fuente: Elaboración propia.

Para poder realizar este acople, se han diseñado unas pequeñas placas de PVC que proporcionan resistencia y que están sujetas a la parte trasera de las guías de la base superior móvil mediante una arandela de bronce y un perno permitiendo el giro. Estas tienen un ligero ángulo de giro que no es muy grande, ya que tienen los laterales de las guías como tope.

En la mesa auxiliar de apoyo, encontramos unos pequeños cilindros de poca dimensión que están colocados a la medida exacta para que al acoplar la plataforma intermedia con la mesa auxiliar lo hagan de forma correcta y precisa. Cuando se desea hacer el traslado, debemos elevar el asiento y la plataforma intermedia hasta su posición máxima y poner la mesa a la misma altura que la plataforma.

Una vez que estén acoplados ambos sistemas y perfectamente alienados, se procede a trasladar el asiento del usuario desde la plataforma hasta la mesa, y al ser de grandes dimensiones ambos elementos, son necesarias dos personas para que el traslado sea seguro y efectivo. Una de las personas debe empujar despacio el asiento para no comprometer la seguridad del usuario y la otra debe comprobar que el usuario está seguro y elevarle ligeramente las piernas para que puedan pasar sobre la plataforma intermedia a medida que avanza el asiento.



Figura 69: Conjunto completo acoplado.  
Fuente: Elaboración propia.

Terminada esta acción, se procede a retirar el sistema con un ligero movimiento en la placa de las guías de la plataforma para liberar los cilindros de su posición acoplada.



Figura 70: Distintas perspectivas del conjunto acoplado.  
Fuente: Elaboración propia.

### 7.2.5. Sistema de elevación de la mesa

El sistema de elevación de la mesa es un sistema electromecánico que se acciona mediante unos husillos internos de forma electrónica, y permite regular la altura de la mesa, mediante un control electrónico que se conecta a la caja de control por medio de unos cables USB.

En el interior de cada una de las patas encontramos unos husillos, los cuales permiten el movimiento de elevación de la mesa, mediante unos motores internos de los que salen unos puertos USB que se conectan a la caja principal de control y que actúa como fuente de alimentación. Estos cables salen hacia el exterior por unos orificios que se encuentran en las chapas de las patas.

La caja principal de control de los dispositivos permite enchufar hasta ocho unidades lineales SLA, seleccionadas para este proyecto, por ser las más compactas que comercializa la empresa *ErgoSwiss*. Esta caja principal permite simultanear las acciones de cada una de las unidades lineales para que actúen de forma simultánea, y así, elevar o descender el sistema.

Las unidades lineales SLA permiten incorporar unas ruedas que giran en cualquier dirección con un freno individual, evitando que la persona pueda sufrir un accidente durante el traslado.

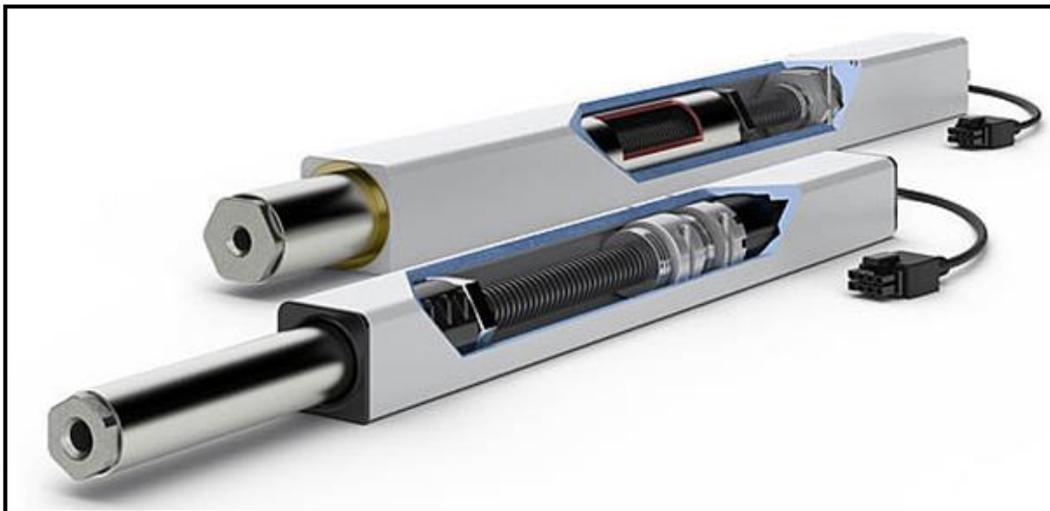


Figura 71: Husillo interior de las unidades lineales SLA.  
Fuente: Empresa ErgoSwiss

### 7.3. Montaje de los productos

En este último punto se desarrolla el proceso de montaje de la plataforma intermedia y de la mesa auxiliar de apoyo que se ha diseñado en este proyecto.

Esto servirá para que los montadores del producto tengan claro dónde van colocados cada uno de los elementos que componen el sistema.

#### 7.3.1. Plataforma intermedia

Tras desarrollar cada una de las partes y piezas que constituyen el principal producto de este TFG y detallar los sistemas de movimiento que permiten garantizar el traslado seguro del usuario/paciente, se detalla el montaje de cada una de las bases de forma individual y posteriormente la composición del conjunto completo.

El proceso de montaje de la plataforma intermedia:

1. Para comenzar, se deben soldar los ejes de las ruedas de la base inferior semifija a las placas pequeñas que deben estar perfectamente colocadas para garantizar el correcto alineamiento posterior con las ruedas.
2. Cuando tenemos las pequeñas placas con los ejes soldados, se procede a soldar las plaquitas a la chapa inferior tanto por el lateral de las plaquitas como por la parte inferior de las mismas.
3. Después, se colocan las ruedas en los ejes y el sistema de bloqueo de las ruedas que se ha montado con anterioridad. Una vez tenemos estas ruedas montadas y posicionadas en su lugar, se montan las arandelas de seguridad para evitar que las ruedas se salgan de su eje.
4. Una vez montada completamente la base inferior semifija, se instala sobre ella la guía en forma de T, la cual va asegurada con uniones mecánicas, arandelas, tuercas y tornillos, garantizando así que no se mueva en ningún momento.
5. En la base superior móvil, en primer lugar se montará el sistema de bloqueo de pistón del asiento, después se colocarán las guías sobre la plataforma y por último se fijarán los topes delanteros a las guías mediante uniones mecánicas de arandelas y tornillos.

6. Posteriormente, se coloca el sistema de anclaje para la mesa auxiliar y se atornilla con las guías mediante una arandela de bronce y un perno.
7. Una vez montadas las guías se realiza la instalación de las mismas sobre la base superior móvil mediante arandelas y tornillos para asegurarlas perfectamente.
8. Por otro lado, sobre la plataforma de los rodillos se introduce la palanca como sistema de seguridad de la base. Sobre dicha palanca, previamente, se habrá realizado la instalación del resorte, el eje con la pletina y la arandela de seguridad que evitará que dicho eje se salga.
9. Después, se montan los ejes, primero el horizontal y después los ejes verticales de los laterales que irán soldados al horizontal, por ser éste de menor diámetro. Montamos los rodillos sobre esos ejes y en la parte inferior para evitar que se salgan, se colocan unas arandelas de seguridad.
10. Posteriormente, se asegura la plataforma de los rodillos a la placa superior, mediante unos tornillos de cabeza avellanada que permiten dejar toda la superficie lisa para el contacto con la guía en forma de T sea limpio.
11. Cuando ya se tiene completa la instalación de la base superior móvil, se procede a unir ambas bases y para ello se debe descender la pletina de la palanca gracias al muelle y se introduce en el interior de la guía en forma de T hasta que llega al hueco donde se queda fija.
12. Por último, se atornillan los topes que evitan que los cilindros puedan salirse de la guía en caso de que la palanca no funcione.

### 7.3.2. Mesa auxiliar de apoyo

Tras desarrollar cada uno de los componentes que constituyen la mesa auxiliar de apoyo, detallar los sistemas de movimiento para regular la altura de la mesa, así como, los sistemas que permiten sujetar de manera segura el asiento en su posición adecuada y el sistema de unión entre la plataforma intermedia y la mesa auxiliar, se detalla cómo sería el proceso de montaje de la mesa auxiliar de apoyo entre cada uno de sus partes.

El proceso de montaje será el siguiente:

1. Primero se instala el sistema de bloqueo del asiento en las guías, después se realiza la instalación de las guías sobre la tabla de la mesa auxiliar.
2. Se procede a realizar el montaje de los topes al final de las guías para evitar que el asiento se salga de su lugar. La unión que se realiza entre ambos elementos es una unión mecánica de arandelas y tornillos de cabeza hexagonal.
3. Se colocan los topes delanteros de PVC que actúan como embellecedores y evitan que los pacientes puedan lastimarse con las esquinas de las guías.
4. La instalación de las guías sobre la tabla de la mesa se realiza mediante uniones mecánicas de arandelas y tornillos de cabeza hexagonal que aseguran a la perfección las guías, evitando que se pueda mover el asiento cuando esté sobre la mesa.
5. Por otro lado, se realiza la instalación de las unidades lineales SLA en el interior de las chapas de las patas y se aseguran entre ellas con unos pequeños tornillos que vienen previamente en la compra del sistema de elevación.
6. Se disponen las ruedas con freno, que vienen preparadas para realizar su instalación, sobre las unidades lineales SLA permitiendo frenar las ruedas cuando sea necesario.
7. A continuación, se realiza la instalación y sujeción de la caja de control y el sistema de control remoto al tablero de la mesa en la parte inferior mediante uniones mecánicas de tornillos de cabeza hexagonal, que permiten un mayor agarre. Posteriormente se unen las unidades lineales SLA a la mesa auxiliar.
8. Seguidamente, se procede a realizar la unión entre la tabla de la mesa, con las guías colocadas y las chapas de las patas, con las unidades lineales instaladas, por medio de unos tornillos de cabeza hexagonal.
9. Para finalizar, se realiza la instalación de los distintos cables de las unidades lineales SLA con la caja de control y también se conecta el sistema de control remoto que regula la altura de la mesa auxiliar de apoyo.

## 8. ENSAYOS MECÁNICOS

Con el programa *Autodesk Inventor Professional* se han realizado varios estudios mecánicos, teniendo en cuenta el análisis de tensiones que nos permite realizar el programa, para distintos escenarios en función de las cargas que nosotros deseemos poner. Este programa nos permite averiguar los puntos críticos de la estructura para comprobar si los materiales seleccionados para el diseño son aptos.

En el diseño realizado para el presente trabajo de fin de grado, se han creado dos productos que se complementan pero que deben ser evaluados de forma individual.

En los manuales de la *Silla de ruedas Carony*, se especifica que el chasis de la silla podría soportar como máximo 140 Kg, de los cuales 120 Kg corresponderían como máximo al usuario y 20 Kg corresponden con el peso del asiento, por lo que vamos a considerar el total de los 140 Kg como situación límite de las cargas.

Para este proyecto se han realizado diversos estudios para la plataforma intermedia en sus posiciones límites. Además, se ha realizado un estudio de tensiones sobre la mesa.

La carga total de 140 Kg, sería la carga máxima que debe soportar la plataforma intermedia con el asiento y el usuario, y lo mismo ocurre con la mesa auxiliar de apoyo. Esta carga se ha repartido entre las dos guías por lo que cada una de ellas puede soportar 70 Kg.

El programa *Inventor* considera las fuerzas en Newtons (N), por lo que, si consideramos que 1 Kg equivale a 9,81 N, los 140 Kg equivaldrían a 1373,4 N en total, que si redondeamos por exceso la fuerza, serían 1400 N. En el caso de las guías soportarían 700 N como máximo. Estos pesos se han tomado por exceso para asegurar al usuario tanto en la plataforma intermedia como en la mesa auxiliar de apoyo.

En función de los resultados de los ensayos y bajo las condiciones de carga mencionadas anteriormente, se han seleccionado los materiales en los que se van a fabricar los productos finales.

Además, el sistema dispone de una secuencia de colores que indica de forma visual cuáles son los puntos que mayor tensión sufren, siendo el rojo los puntos más críticos y los azules los de menor riesgo.

### Estudio 1: Análisis de tensiones de la plataforma intermedia en su posición normal sin realizar el giro

En este estudio de tensiones, se han tenido en cuenta las cargas mencionadas anteriormente.

Para la base inferior de la plataforma, la guía en forma de T y la base superior se ha seleccionado Aluminio 6061 con un límite elástico de 241 MPa.

Se han fijado las ruedas grandes y pequeñas de la base inferior semifija de la plataforma intermedia, simulando la posición real de la plataforma intermedia sobre el chasis de la *Silla de ruedas Carony*.

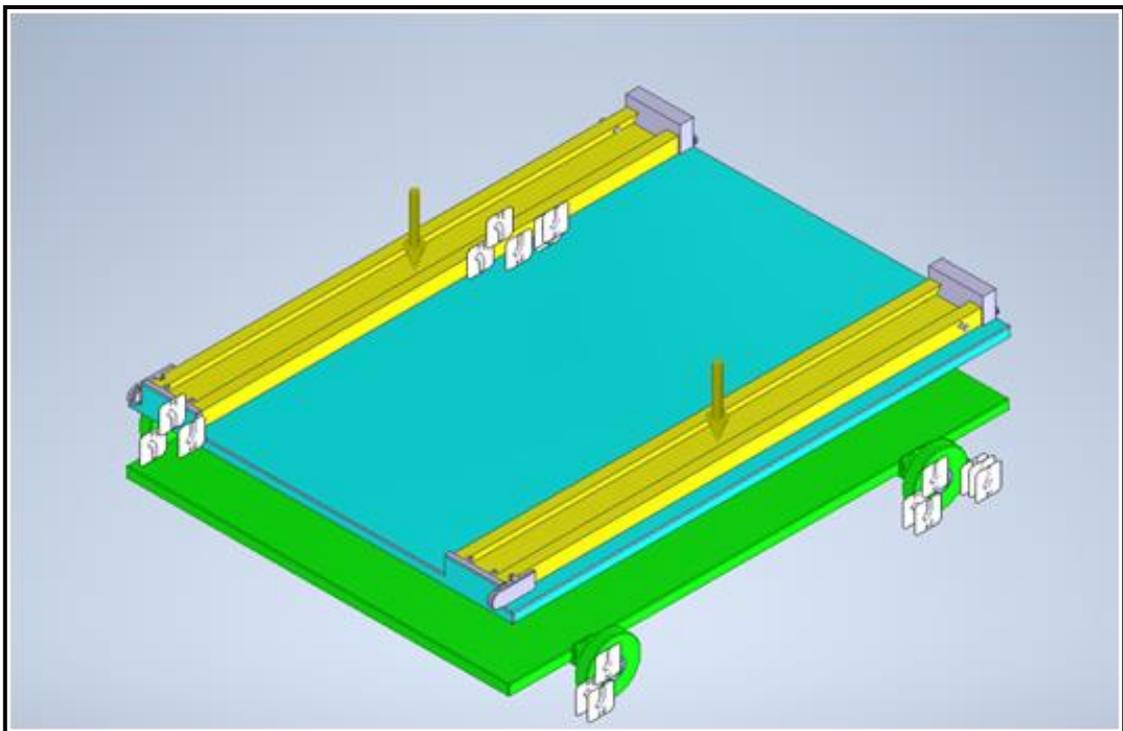


Figura 72: Cargas sobre la plataforma intermedia en su posición normal.  
Fuente: Elaboración propia.

Se ha creado una malla de gran número de nodos y elementos que tienen forma tetraédrica triangular que se adapta mejor a la geometría de los elementos.

Los resultados obtenidos bajo estas premisas son los siguientes:

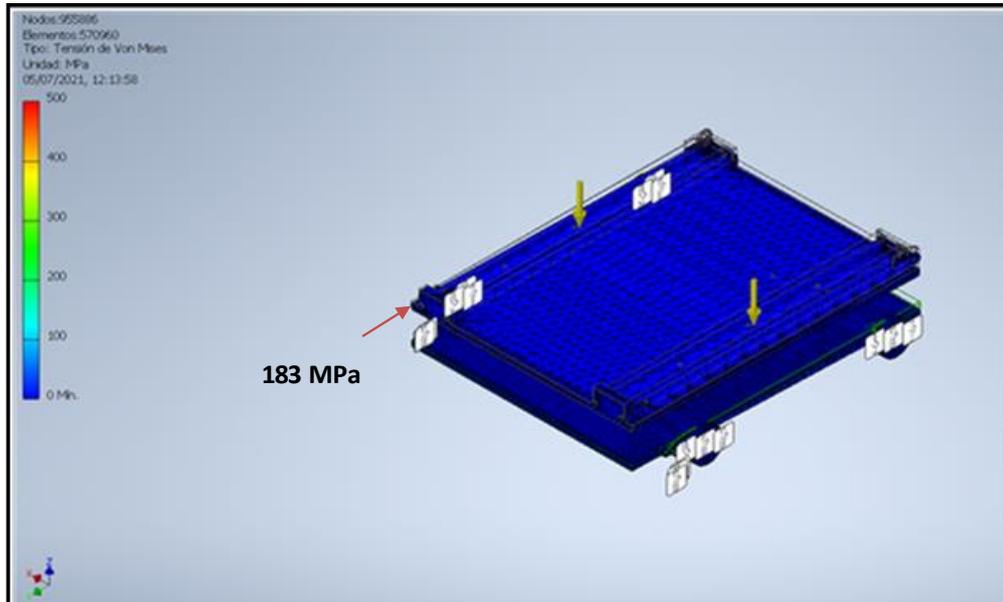


Figura 73: Tensión de Von Mises de la plataforma intermedia en su posición norma.  
Fuente: Elaboración propia.

La tensión máxima de Von Mises es de 183 MPa y su punto más crítico se encuentra en la esquina delantera del lado izquierdo en el interior del pistón de acero del sistema de bloqueo del asiento, es decir, el lado que más estaría en el aire según el diseño realizado. Como se puede comprobar en la imagen, el material se encuentra completamente en azul, esto quiere decir que no está bajo su presión máxima y que por tanto puede soportar las cargas impuestas sin plastificar, por lo que evitamos poner en riesgo la seguridad del usuario.

En la siguiente imagen se comprueba el desplazamiento que ha sufrido la base superior móvil al aplicarle la acción de las fuerzas. Únicamente se han tenido en cuenta los desplazamientos en el eje de las Z ya que son los más peligrosos y pronunciados si el sistema se encuentra bloqueado en esta posición y nos permite comprobar con mayor facilidad si se deben realizar cambios en los materiales de algunos de los elementos.

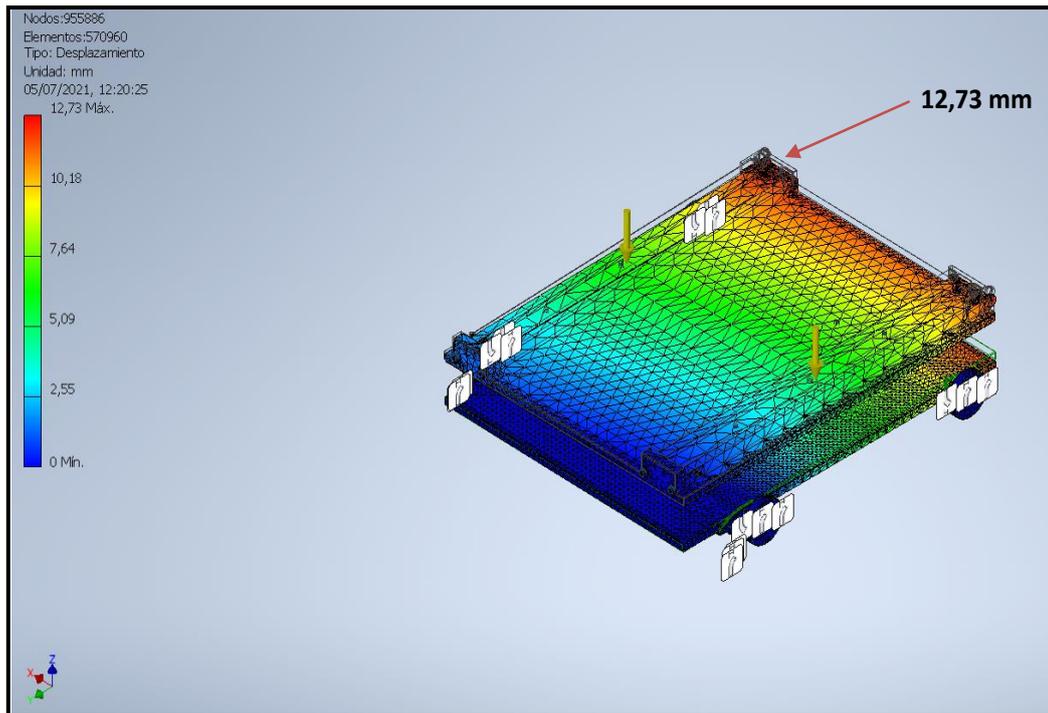


Figura 74: Desplazamiento de la plataforma intermedia en su posición normal.  
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede comprobar en la imagen donde la parte azul corresponde a la zona delantera de la plataforma intermedia, los puntos más críticos se encuentran en las zonas que no están apoyadas sobre la guía en forma de T, lo que provoca que estas zonas puedan tener cierta flexión y pongan en peligro al usuario. El desplazamiento que se obtiene no es muy grande considerando que es una plataforma que soporta mucho esfuerzo. La base inferior semifija no tiene tanto desplazamiento, esto es lógico ya que se encuentra apoyada sobre las guías del chasis y todo el peso recae sobre él.

Para minimizar este desplazamiento, se ha decidido realizar este mismo ensayo sustituyendo el material de la base superior móvil por acero inoxidable con un límite elástico de 540 MPa.

Las condiciones del mallado tetraédrico triangular se han mantenido iguales a las del estudio anterior, el número de nodos y el de elementos se han procurado mantener en valores similares. También se han mantenido constantes las condiciones de fijación de las ruedas de la base inferior semifija.

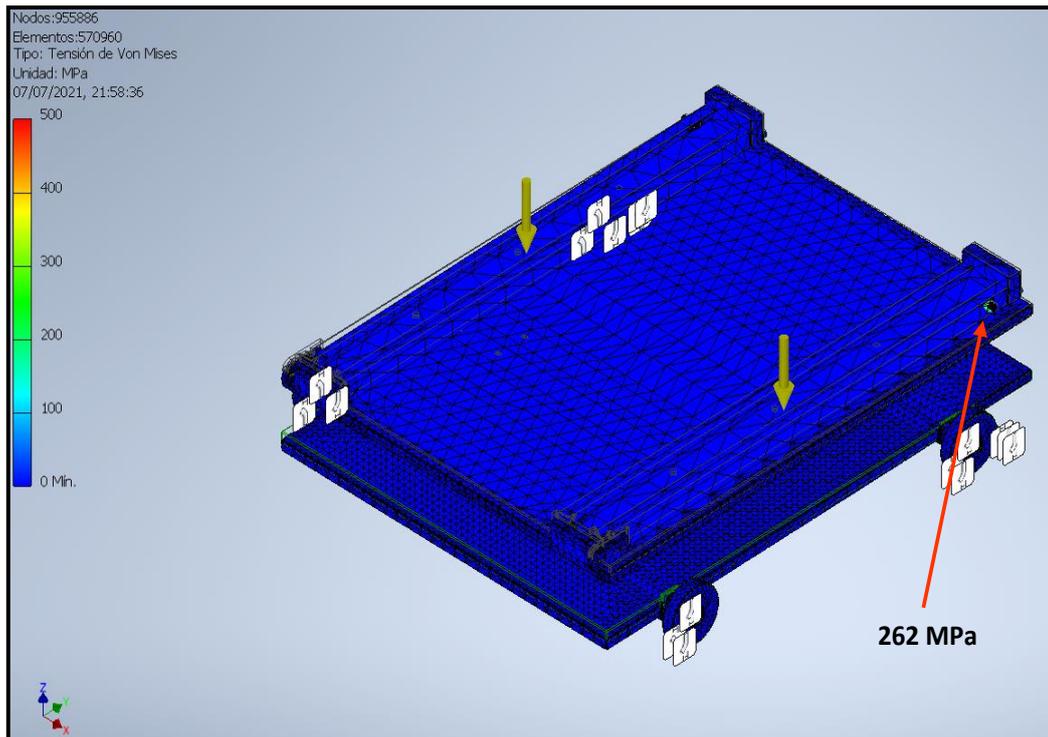


Figura 75: Tensión de Von Mises de la plataforma intermedia en su posición norma con modificación de materiales. Fuente: Elaboración propia.

Como ocurría en el caso anterior, la plataforma intermedia no supera el límite elástico del acero inoxidable por lo que no llegaría a plastificar. Esto quiere decir, que el material seleccionado es óptimo para estas condiciones. A pesar de ello, el punto más crítico se encuentra situado en la misma posición que en el caso anterior, en el pistón derecho del sistema de sujeción del asiento. Tras observar estos resultados, podemos indicar que se puede producir debido a un taladro en la guía por el cual se introduce el pistón.

En la siguiente imagen, se muestran los resultados de los desplazamientos en el eje de las Z que sufre la plataforma bajo estas condiciones.

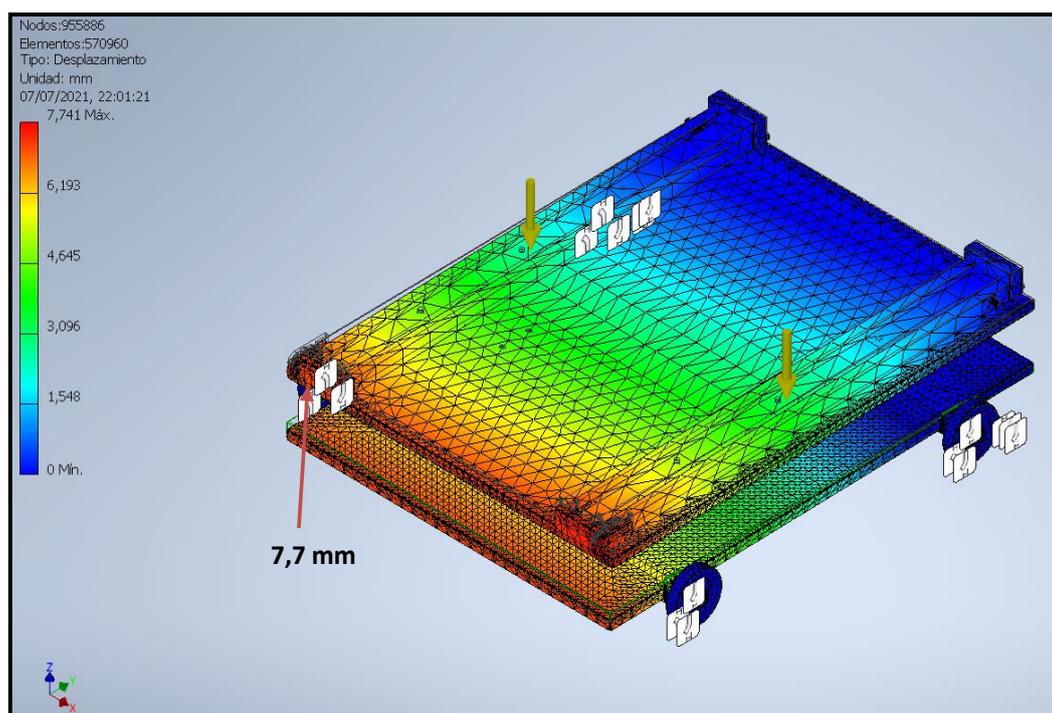


Figura 76: Desplazamiento de la plataforma intermedia con modificación de materiales.  
Fuente: Elaboración propia.

Tras el ensayo y como se observa en la figura adjunta, se comprueba que el desplazamiento máximo se encuentra en el mismo punto que en el ensayo anterior, en concreto se encuentra en la esquina trasera derecha, donde la base superior móvil no tiene contacto con la guía en forma de T. Lo que cambia con respecto al ensayo anterior, es que al modificar el material y seleccionar uno más resistente, el desplazamiento de la base superior se reduce hasta en 4 mm.

## **Estudio 2: Análisis de tensiones de la plataforma intermedia girada 90°**

En este estudio de tensiones, se ha tenido en cuenta las cargas mencionadas. Tras realizar las modificaciones de los materiales en el estudio anterior, para este segundo estudio se han tenido en cuenta esas modificaciones por lo que la base inferior semifija y la guía en forma de T son de Aluminio 6061 mientras que la base superior móvil es de acero inoxidable. Se han fijado las ruedas grandes y pequeñas de la base inferior semifija de la plataforma intermedia.

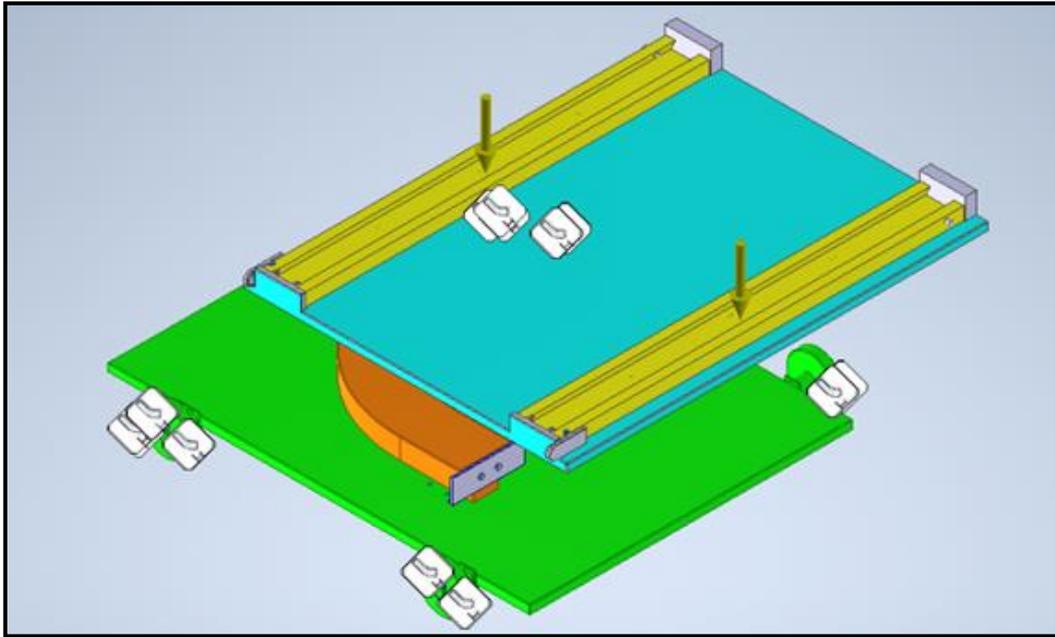


Figura 77: Cargas sobre la plataforma intermedia girada 90°.  
Fuente: Elaboración propia.

Se ha creado una malla de gran número de nodos y elementos que tienen forma tetraédrica triangular que se adapta mejor a la geometría de los elementos.

Los resultados obtenidos bajo estas premisas son los siguientes:

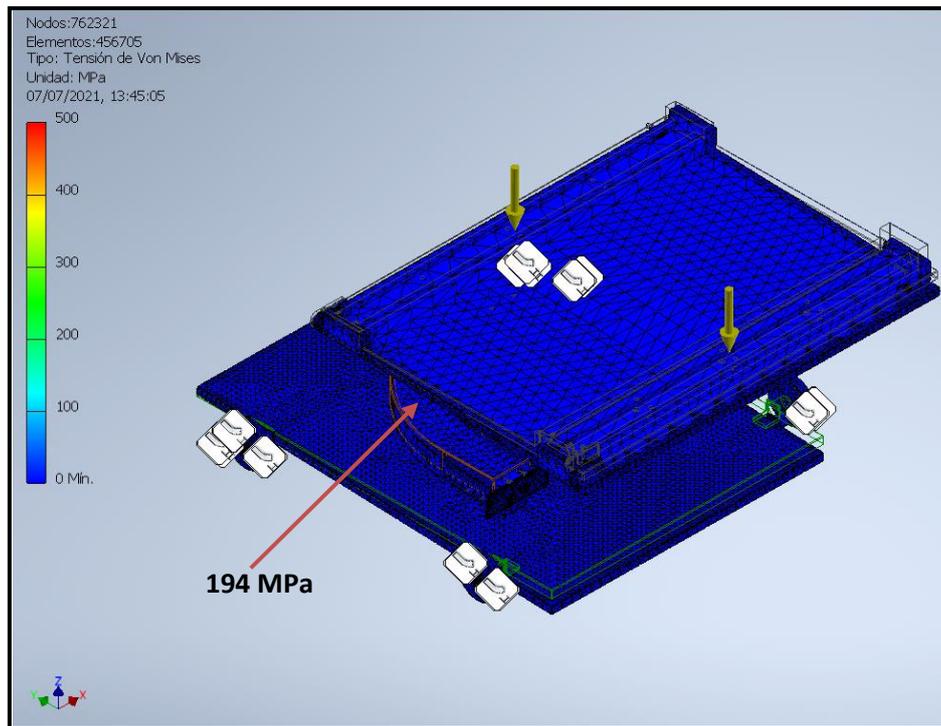


Figura 78: Tensión de Von Mises de la plataforma intermedia girada 90°. Fuente: Elaboración propia.

En este nuevo estudio, la tensión de Von Mises en el punto más crítico que obtenemos se produce en la plataforma de rodillos, aunque al igual que en el estudio anterior no es preocupante ya que no supera el límite elástico en ningún punto evitando así que el material plastifique.

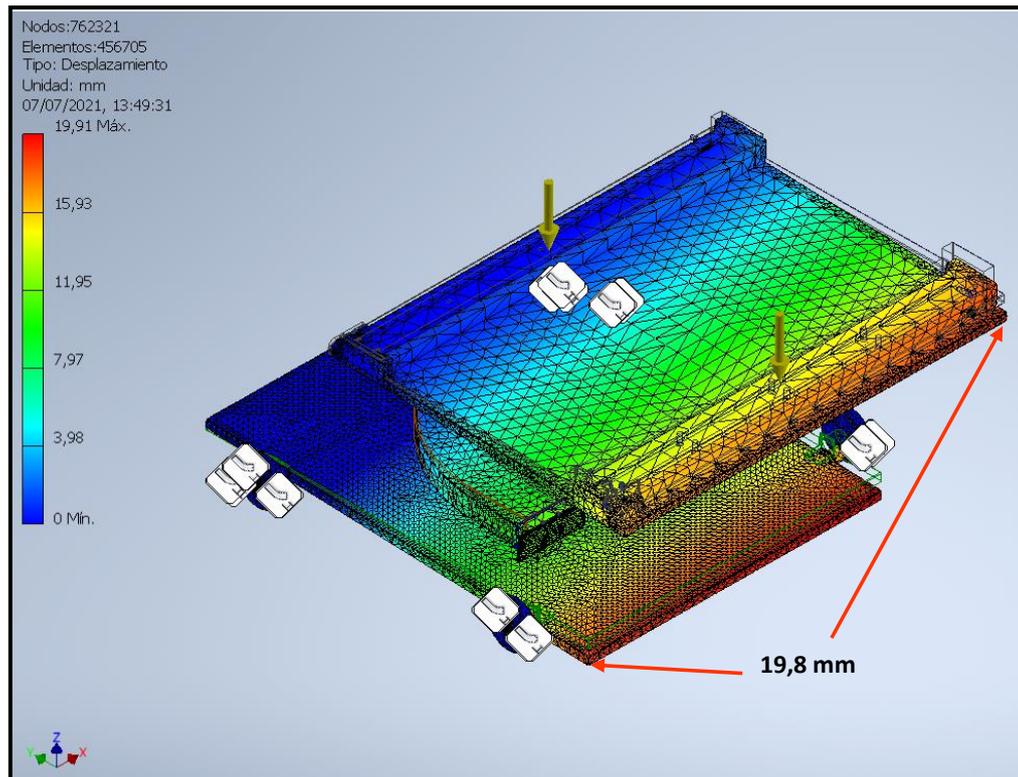


Figura 79: Desplazamiento de la plataforma intermedia girada 90°.  
Fuente: Elaboración propia.

Tras obtener los resultados de los desplazamientos para esta posición, podemos observar que es su situación más límite y que el desplazamiento es bastante grande con respecto al estudio 1. Esto quiere decir que cuando se realicen el prototipado del producto se debe de considerar por si pudiera poner en riesgo al usuario durante el traslado. A pesar de que los materiales son resistentes, la plataforma no está completamente apoyada sobre la guía en forma de T y esto puede poner en riesgo la integridad del usuario.

### Estudio 3: Análisis de tensiones de la mesa auxiliar de apoyo

Para el estudio de la mesa auxiliar, se ha tenido en cuenta las cargas mencionadas y los materiales considerados en el proyecto, es decir, el tablero de la mesa está fabricado en madera plástica con un límite elástico de 131 MPa, las guías son de fundición gris GJL 250 y el recubrimiento de las patas es de Aluminio 6061.

Para el estudio se han omitido los elementos del sistema de elevación ya que cada una de las unidades lineales SLA colocadas en las patas de la mesa puede soportar hasta los 200 Kg. Se han fijado los recubrimientos de las patas de aluminio evitando así que se puedan mover.

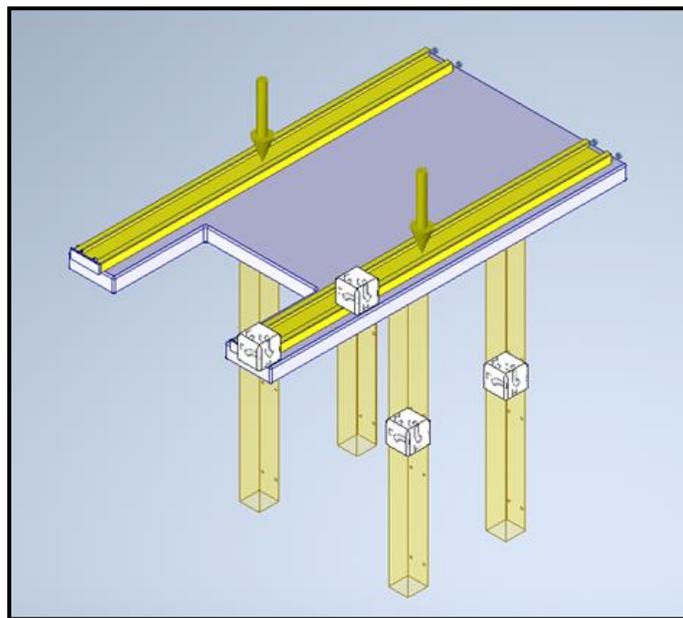


Figura 80: Cargas sobre la mesa auxiliar.  
Fuente: Elaboración propia.

Se ha creado una malla de gran número de nodos y elementos que tienen forma tetraédrica triangular que se adapta mejor a la geometría de los elementos.

Los resultados obtenidos bajo estas premisas son los siguientes:

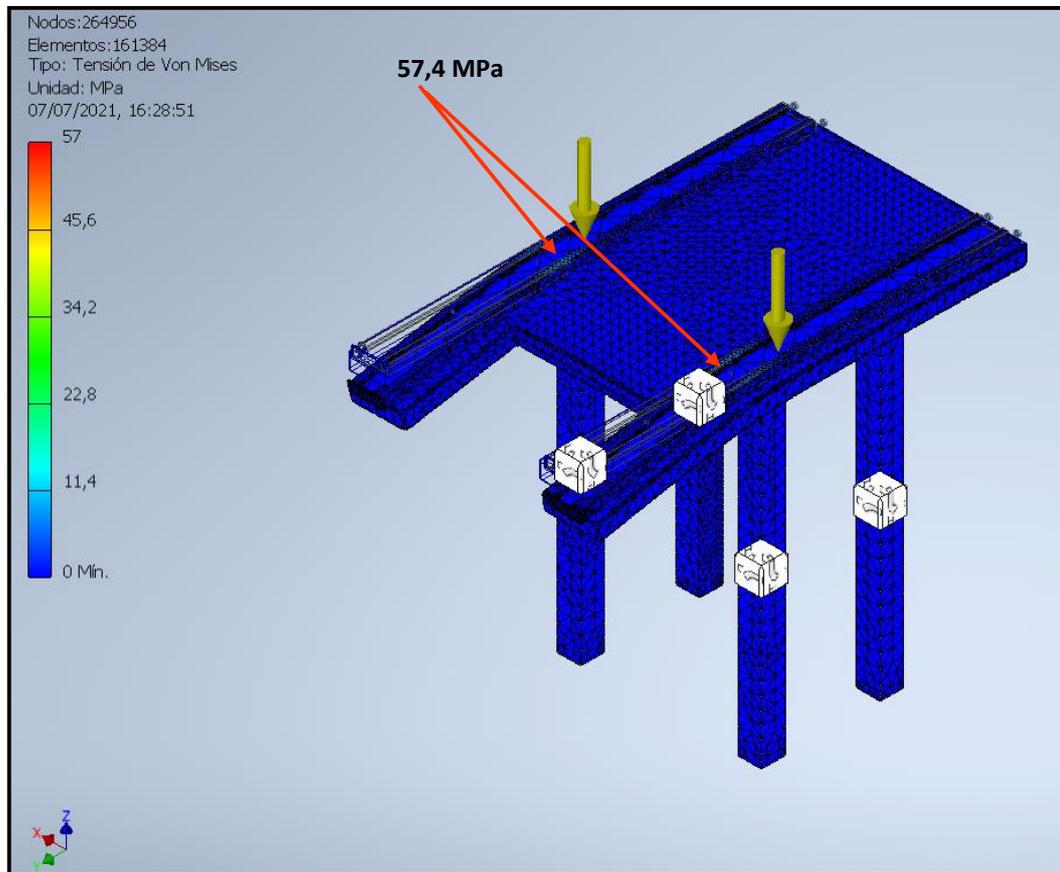


Figura 81: Tensión de Von Mises de la mesa auxiliar.  
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede comprobar en la imagen adjunta, el punto de máxima tensión de Von Mises de la mesa auxiliar no supera el límite elástico de la madera plástica, por lo que no plastificaría y no pone en riesgo la seguridad del usuario. Su punto más crítico, se encuentra en las guías, situado al final del recubrimiento de las patas delanteras, justo cuando empieza la zona de la mesa que se encuentra en voladizo.

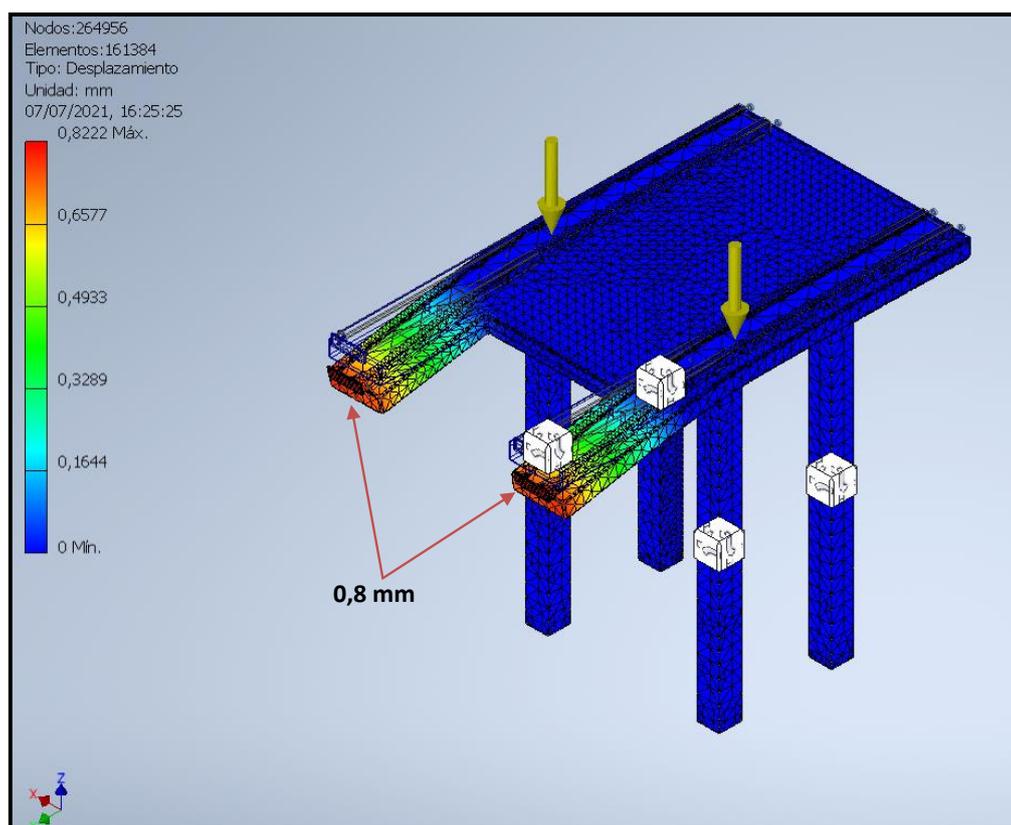


Figura 82: Desplazamiento de la mesa auxiliar.  
Fuente: Elaboración propia.

Para este último resultado, los desplazamientos máximos se dan en la zona de la mesa que se encuentra en voladizo. Esto no es preocupante ya que el desplazamiento es mínimo y cuando se realice el traslado del paciente, será rápido, esto quiere decir que el usuario no se quedaría de forma permanente en ese punto que es cuando podría sufrir riesgo.

## 9. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Tras la realización del Trabajo Fin de Grado (TFG), se ha conseguido desarrollar y dimensionar el *“Diseño de una plataforma intermedia adaptada a un chasis de silla de ruedas”*. Concretamente, se ha utilizado el chasis de la *Silla de ruedas Carony* que nos permite un giro de 90° del asiento del usuario con respecto a su posición normal, para su incorporación a una mesa auxiliar de apoyo y facilitar a los fisioterapeutas el traslado del paciente a la camilla desde una altura más accesible sin necesidad de realizar mayor esfuerzo y preservando en todo momento la seguridad del paciente. Por lo tanto, se han cumplido con los objetivos planteados inicialmente en el proyecto.

Una vez desarrollado el proyecto, se pueden justificar cada uno de los objetivos inicialmente planteados.

- En cuanto al primer objetivo sobre, *“recoger y analizar los principales problemas que tienen los usuarios de sillas de ruedas, los fisioterapeutas y cuidadores”*. Podemos decir que sí se ha llevado a cabo una investigación de campo, consultando a usuarios, a personal especializado en fisioterapia, así como, a un mecánico especialista en la instalación de estos sistemas, permitiéndonos, no sólo recopilar datos sino poder analizarlos para posteriormente tomar decisiones en base al desarrollo de nuestro proyecto.
- En relación al objetivo, *“Dimensionar una plataforma intermedia que se adecue a los parámetros y dimensiones ya establecidos en el chasis de la Silla de ruedas Carony”*. Confirmamos que tras localizar una empresa que se encarga de comercializa la *Silla de ruedas Carony*, entre otras, y tras comprobar la idoneidad y adaptabilidad de su chasis con nuestro proyecto, tomamos la decisión de utilizar como referencia las medidas de su chasis para dimensionar la plataforma intermedia que hemos diseñado. Y como consecuencia de este proyecto también se diseñó la mesa auxiliar de apoyo en base a las medidas de la plataforma intermedia.
- En referencia al objetivo *“Diseñar una plataforma intermedia que permita facilitar el trabajo de traslado del usuario desde la silla a cualquier otro lugar”*. Podemos constatar que el dimensionado de la plataforma intermedia, así como, el diseño de la mesa auxiliar de apoyo son dos productos finales que se ajustan a la perfección y vendrían a solventar las carencias y necesidades planteadas tanto por el personal de fisioterapia como por los usuarios.

- En cuanto al objetivo de *“Incorporar el asiento que el usuario considere más cómodo y se adapte de forma más apropiada a sus necesidades y gustos”*. En la parte de ejecución técnica del proyecto y haciendo uso del programa Catia V5 que nos permite visualizar en 3D cómo quedarían finalmente los productos diseñados y tras ajustar y reajustar los modelos hemos conseguido diseñar una plataforma intermedia adaptable a cualquier asiento capaz de satisfacer las necesidades médicas específicas de cada usuario en función de sus circunstancias particulares. Tan sólo sería necesario instalar en la parte inferior del asiento unas guías que encajen perfectamente con las instaladas en la base superior móvil de nuestra plataforma intermedia para poder hacer uso de ella. Completando el conjunto con una mesa auxiliar de apoyo que facilita el trabajo del personal de rehabilitación.
- *“Realizar pruebas de funcionamiento para comprobar que el sistema de movimiento diseñado es adecuado para nuestro objetivo”*. Podemos señalar que hemos realizado numerosas pruebas de funcionamiento con el objetivo de poder llegar al diseño de un producto final que ha dado como resultado un sistema capaz de realizar un giro de 90°, evitando que el centro de equilibrio del usuario no se vea afectado durante el movimiento y permita bloquear el asiento en sus posiciones más extremas sin comprometer la seguridad del mismo.
- Y finalmente, en relación al objetivo de *“Realizar ensayos que nos permitan verificar que las decisiones tomadas y los materiales seleccionados son los más adecuados”*. Tras la realización de numerosos ensayos mecánicos con el programa Autodesk Inventor Professional, hemos podido comprobar y constatar que los materiales finales seleccionados eran los más óptimos para la realización tanto de la plataforma intermedia, como de la mesa auxiliar de apoyo. Ya que ninguno de los materiales propuestos han planteado problemas de plastificación, lo que beneficia y favorece la seguridad del usuario. Además dichos ensayos han puesto en evidencia que dependiendo de la posición que adopte la plataforma intermedia se deberá realizar un reajuste para que la zona que queda en voladizo sufra el menor desplazamiento posible.

Como conclusión y en base a lo anteriormente expuesto estamos en disposición de poder confirmar la viabilidad del proyecto ya que cumple el principal objetivo planteada desde el inicio.

El diseño de la plataforma intermedia adaptada al chasis de una silla de ruedas nos ha permitido establecer dos certezas. Por una parte, a nivel profesional permite la realización de un giro de 90° que facilita la labor del personal de fisioterapia y rehabilitación durante el traslado del paciente desde su silla de ruedas hasta la camilla. A nivel personal, permite que cada usuario adapte el asiento que necesite específicamente en función de sus circunstancias personales.

En cuanto a la mesa auxiliar de apoyo también cumple la finalidad para la que se diseñó, consistente en evitar el momento más crítico en el traslado del paciente, que sucede cuando el personal técnico levanta a pulso al usuario desde su silla de ruedas hasta la camilla. Por esa razón podemos confirmar que el sistema de elevación incorporado a la mesa auxiliar resulta ser el complemento idóneo de la plataforma intermedia. Dando como resultado un proyecto viable para su prototipado.

## 10. LÍNEAS FUTURAS

La idea fundamental alrededor de la cual gira este trabajo fin de grado es motivar a los alumnos del Grado en *Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto*, a los alumnos de otros grados o de másteres que estén interesados en el ámbito del diseño de producto y sientan la necesidad de crear nuevas ideas que puedan cambiar el futuro.

Somos conscientes de que el tema planteado en este proyecto, es una cuestión muy sensible que debe ser tratada con tacto y con el mayor respeto, entendiendo que las inquietudes planteadas por los usuarios son su realidad cotidiana.

En cuanto a las líneas futuras y considerando los resultados obtenidos en el dimensionado y en los ensayos realizados se podría plantear aligerar ciertas zonas de la plataforma intermedia para minimizar los desplazamientos. Además, y tras los resultados de los ensayos, se podría incorporar un perfil debajo de la base superior móvil de la plataforma intermedia para que reduzca el desplazamiento en los ensayos siguientes.

Para futuros prototipos que se realicen, se podría estudiar el modificar las ruedas grandes de Aluminio 6061 de la base inferior semifija, por unos rodamientos que permitan un giro más ligero y tengan un peso menor que el Aluminio.

Tras posicionarnos en la situación más desfavorable con los estudios, debemos realizar unos nuevos y volver a comprobar si los prototipos funcionan correctamente. Posteriormente, uniremos la plataforma intermedia y la mesa auxiliar para comprobar que ésta va a absorber parte del desplazamiento de la plataforma intermedia situándonos en una posición más real de uso de los productos.

Una vez se haya realizado la evaluación del prototipo del producto, llevaremos a cabo una serie de estudios más finos posicionando las fuerzas sobre las ruedas grandes y pequeñas de la base inferior semifija de la plataforma intermedia para realizar un cálculo más detallado y real del reparto de las cargas sobre la plataforma intermedia.

Otra línea futura sería la de proporcionar un acabado estético para integrar la plataforma intermedia como uno de los elementos principales de la *Silla de ruedas Carony* y consistiría en recubrir con una pintura específica de protección de superficies en acabado negro para integrar el producto visualmente.

Finalmente, otra línea futura posible sería cambiar la tornillería, ya que en el presente proyecto se han utilizado en algunas zonas tornillos de cabeza hexagonal que podrían ser sustituidos por tornillos de cabeza avellanada para proporcionar un acabado visualmente más estético.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

[1] Agencia Estatal de Boletín Oficial del Estado. (4 de diciembre de 2007). *Real Decreto 1544/2007, de 23 de noviembre, por el que se regulan las condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los modos de transporte para personas con discapacidad. Publicado en el BOE, núm. 290, de 4 de diciembre de 2007, páginas 49948 a 49975 (28 págs.)*

Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-20785>  
Consultado (22 de junio de 2021)

[2] Agencia Estatal de Boletín Oficial del Estado. (3 de diciembre de 2003). *Ley 51/2003, de 2 de diciembre, de igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad. Publicado en el BOE, núm. 289, de 03 de diciembre de 2003.*

Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-22066>  
Consultado (30 de junio de 2021)

[3] Sunrise Medical. (18 de septiembre de 2018). *La historia de la silla de ruedas: Evolución hasta nuestros días. Recuperado de <https://www.sunrisemedical.es/blog/historia-silla-de-ruedas>*  
Consultado (4 de abril de 2021)

[4] Dortomedical. (s.f.). *Tipos de sillas de ruedas y características. Recuperado de <https://dortomedical.com/blog/post/tipos-de-sillas-de-ruedas-y-caracteristicas.html>*

Consultado (27 de abril de 2021)

[5] Obbocare. (s.f.). *7 modelos y tipos de sillas de ruedas que existen en el mercado. Recuperado de <https://www.obbocare.com/tipos-de-sillas-de-ruedas-y-modelos/#:~:text=7%20%EE%80%80tipos%20de%20sillas%20de%20ruedas%20que%20existen,Sillas%20de%20ruedas%20de%20bipedestaci%C3%B3n.%20More%20items...>*

Consultado (27 de abril de 2021)

[6] Ortopedia Mimas. (27 de diciembre de 2019). *Partes de una Silla de Ruedas. Recuperado de <https://www.ortopediamimas.com/blog-de-ortopedia/partes-de-una-silla-de-ruedas/>*

Consultado (27 de abril de 2021)

[7] Alacero. Asociación latinoamericana del acero. (s.f.). *Características del acero. Recuperado de <https://www.alacero.org/es/page/el-acero/caracteristicas-del-acero>*  
*Consultado* (3 de junio de 2021)

[8] AEA. Asociación Española del Aluminio y Tratamientos de Superficies. (s.f.). *Propiedades del aluminio. Recuperado de <https://www.asoc-aluminio.es/el-aluminio/propiedades-del-aluminio>*  
*Consultado* (3 de junio de 2021)

[9] ULMA. (20 de mayo de 2020). *Usos y propiedades del titanio. Recuperado de <https://www.ulmaforge.com/noticia/usos-y-propiedades-del-titanio/>*  
*Consultado* (3 de junio de 2021)

[10] Aceromafe. Aceros Especiales. Plásticos de Ingeniería. (s.f.). *Acero el carbono: descripción, tipos y propiedades. Recuperado de <https://www.aceromafe.com/acero-el-carbono-descripcion-tipos-y-propiedades/>*  
*Consultado* (3 de junio de 2021)

[11] BraunAbility. (s.f.). *Soluciones mundiales de accesibilidad para vehículos. Recuperado de <https://www.braunability.eu/>*  
*Consultado* (17 de abril de 2021)

[12] Agencia Estatal de Boletín Oficial del Estado. (6 de diciembre de 2018). *Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales. Publicado en el BOE, núm. 294, de 6 de diciembre de 2018, páginas 119788 a 119857 (70 págs.) Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2018-16673>*  
*Consultado* (30 de junio de 2021)

[13] BraunAbility. (s.f.). *Carony ®. Transfiera de la silla de ruedas al asiento del automóvil sin levantarlo. Recuperado de <https://www.braunability.eu/en/products/getting-seated/carony/#tab2>*  
*Consultado* (17 de abril de 2021)

[14] BraunAbility. (19 de marzo de 2020). *Carony Carony 16: manual de usuario. Ref. 427206\_Ed6\_Carony-16\_User-manual\_All\_Screen.pdf. Recuperado de <https://www.braunability.eu/en/products/getting-seated/carony/#tab2>*  
*Consultado* (17 de abril de 2021)

[15] Traceparts. Product Content Everywhere. Vanel. (s.f.). *Compression spring, music wire.* Recuperado de <https://www.traceparts.com/es/product/vanel-compression-spring-music-wire-external-diameter-51-mm-wire-diameter-065-mm-free-length-10-mm?Product=10-27022006-074203&PartNumber=C.051.065.0100.A>  
Consultado (27 de junio de 2021)

[16] Norelem. (s.f.). *21031 Guías de carro de cola de milano con topes finales.* Recuperado de <https://www.norelem.com/cu/es/Productos/Vista-general-de-producto/Sistemas-y-componentes-para-la-construcci%C3%B3n-de-plantas-y-m%C3%A1quinas/21000-Gu%C3%ADas-de-carro-Carriles-gu%C3%ADa-Mesas-de-posicionamiento-Gu%C3%ADas-de-deslizamiento-en-miniatura-Indicadores-de-posicionamiento/Gu%C3%ADas-de-carro/21031-Gu%C3%ADas-de-carro-de-cola-de-milano-con-topes-finales.html>  
Consultado (24 de junio de 2021)

[17] ERGOSWISS table lift systems. (s.f.). *Columnas con Accionamiento por Husillo.* Recuperado de <https://www.ergoswiss.com/es/gama-de-producto/sistemas-de-elevacion-electromecanica/>  
Consultado (28 de junio de 2021)

[18] ERGOSWISS table lift systems. (s.f.). *Unidades Lineales SLA y SLG.* Recuperado de <https://www.ergoswiss.com/es/gama-de-producto/sistemas-de-elevacion-electromecanica/unidades-lineales-sla-slg/>  
Consultado (28 de junio de 2021)

#### LIBROS CONSULTADOS:

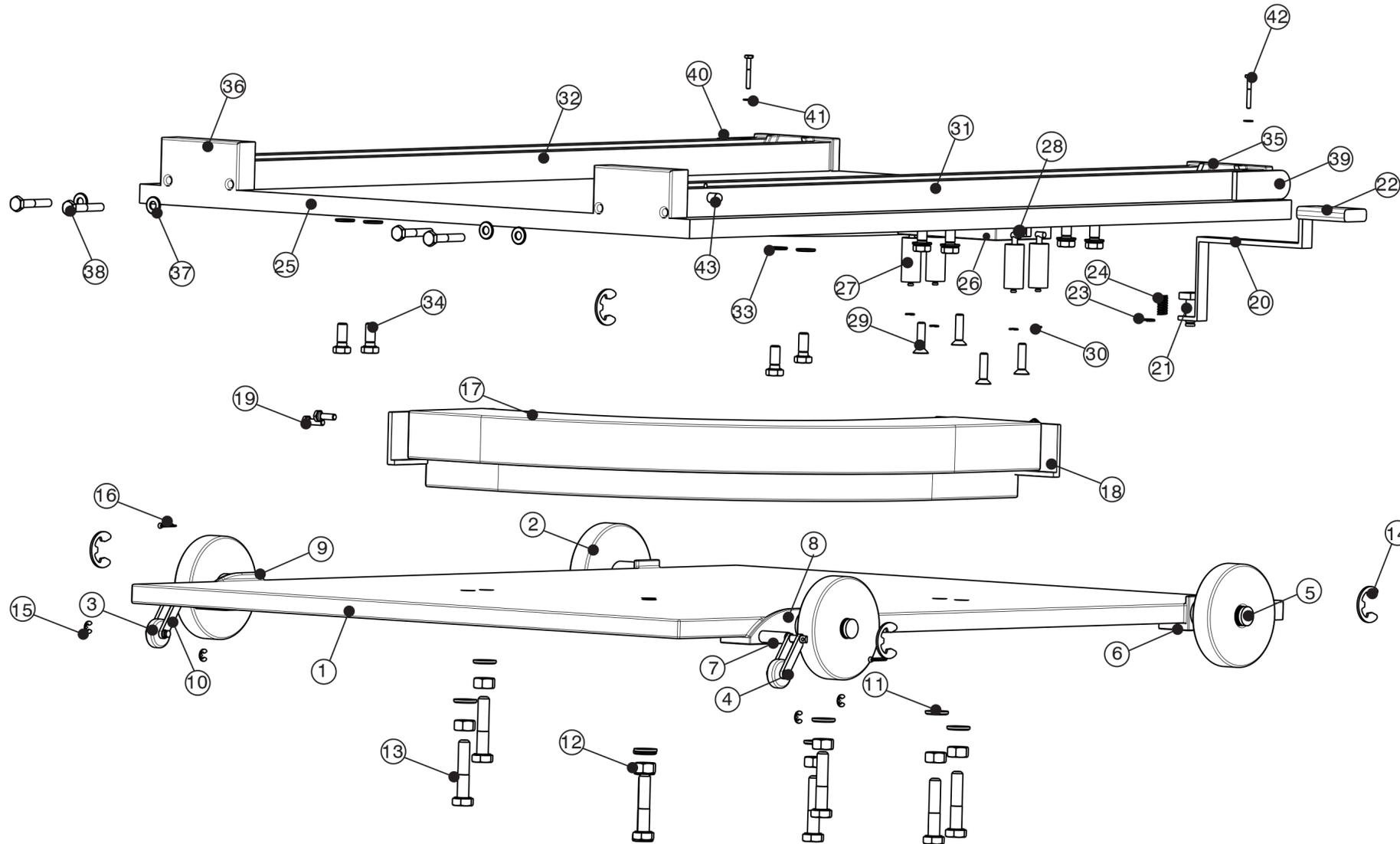
FÉLEZ, J. y MARTÍNEZ, M.L. (1995). *Dibujo industrial.* Editorial Síntesis S.A. Madrid. Consultado (2 de julio de 2021)

GRANDE, F. (2019). *El gran libro de Autodesk Inventor.* Ed. 1º. Editorial Marcombo. Barcelona. Consultado (23 de junio de 2021)

BUDYNAS, R. y NISBETT, K. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.* Ed. 9º. Editorial McGraw-Hill Interamericana de España S.L. Madrid. Consultado (6 de junio de 2021)

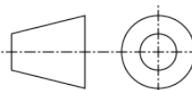
## ANEJOS

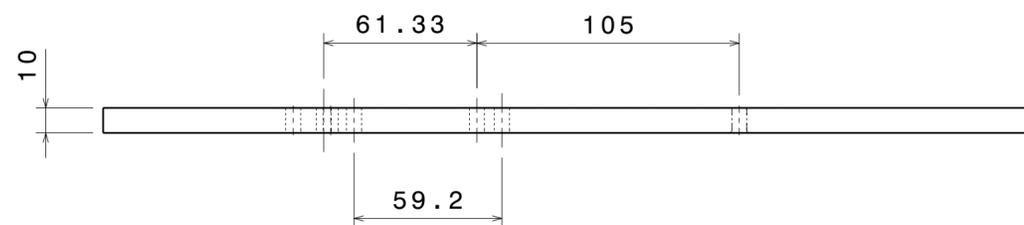
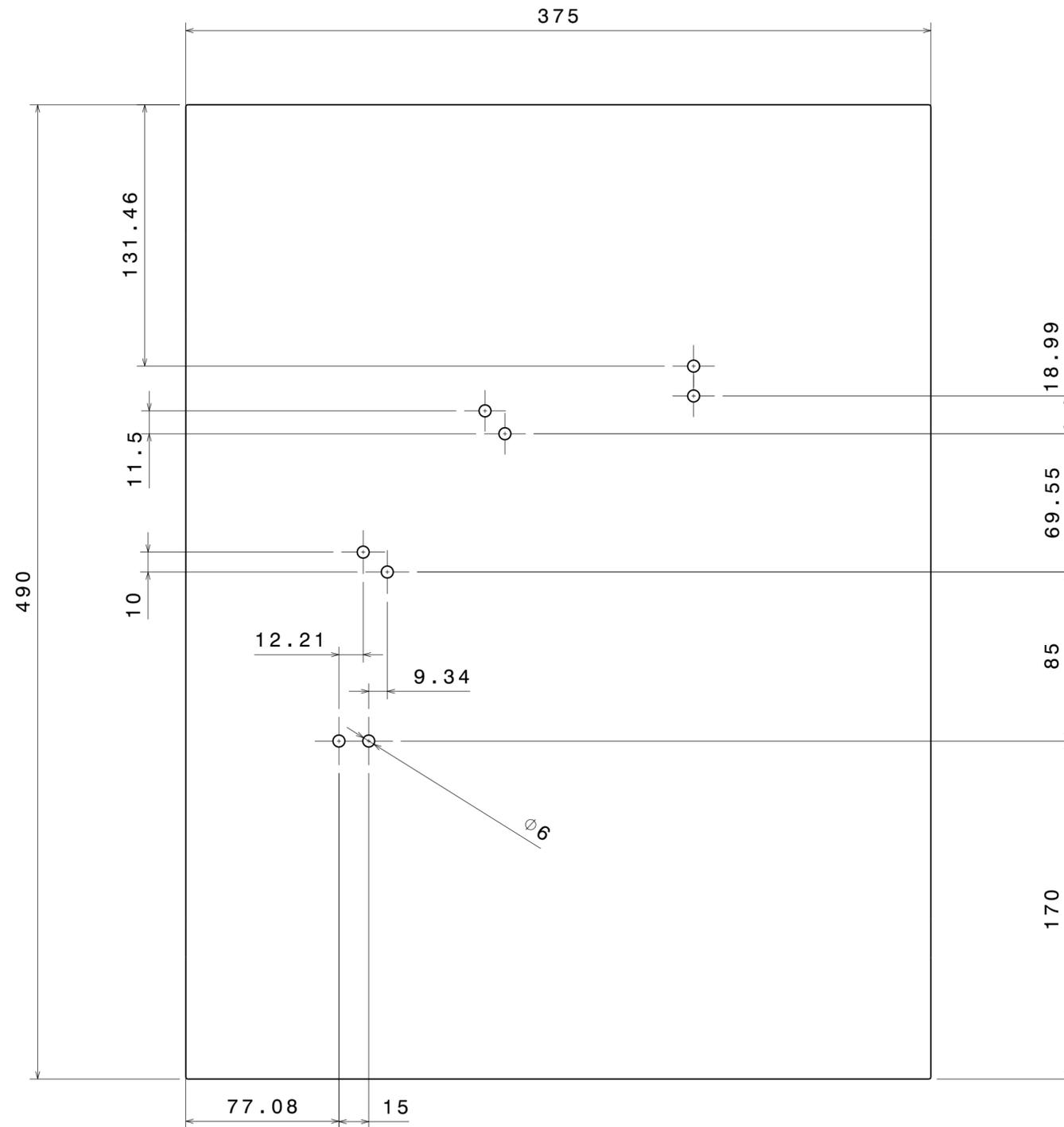
### Planos



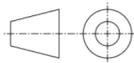
30	Arandela de seguridad DIN 6799 - 1.9 mbo	4	-	Acero
29	Tornillo de cab. avellanada DIN 7991 - M4 x 10 - 8.8	4	-	Acero
28	Eje de los rodillos	2	19	Acero
27	Rodillos	4	18	Poliuretano
26	Plataforma de rodillos	1	17	Acero inoxidable
25	Chapa superior de la plataforma	1	16	Acero inoxidable
24	Resorte de compresión 051-065-0100-i-10mm	1	-	Acero
23	Arandela de seguridad DIN 6799 - 4 mbo	1	-	Acero
22	Recubrimiento de la palanca	1	15	Polipropileno
21	Eje y pletina de la palanca	1	14	Aluminio 6061
20	Palanca	1	13	Aluminio 6061
19	Tornillo de cab. hexagonal ISO 4017 - M3 x 10 - 8.8	4	-	Acero
18	Topes de final de guía en T	2	12	Aluminio 6061
17	Guía en forma de T	1	11	Aluminio 6061
16	Pasador de aletas ISO 1234 - 1.6 x 8 - st	2	-	Acero
15	Arandela de seguridad DIN 6799 - 2.3 mbo	4	-	Acero
14	Arandela de seguridad DIN 6799 - 9 mbo	4	-	Acero
13	Tornillo de cab. hexagonal ISO 4014 - M6 x 30 - 8.8	8	-	Acero
12	Tuerca hexagonal baja ISO 4032 - M6 - 05	8	-	Acero
11	Arandela ISO 7089-6-200 Hv	8	-	Acero
10	Elemento de sujeción rueda pequeña	4	10	Aluminio 6061
9	Plaquita ruedas delantera derecha	1	9	Aluminio 6061
8	Plaquita ruedas delantera izquierda	1	8	Aluminio 6061
7	Eje superior ruedas pequeñas	2	7	Aluminio 6061
6	Plaquita ruedas traseras	2	6	Aluminio 6061
5	Eje de las ruedas grandes	4	5	Aluminio 6061
4	Eje de las ruedas pequeñas	2	4	Aluminio 6061
3	Ruedas pequeñas plataforma	2	3	Aluminio 6061
2	Ruedas grandes plataforma	4	2	Aluminio 6061
1	Chapa inferior plataforma	1	1	Aluminio 6061

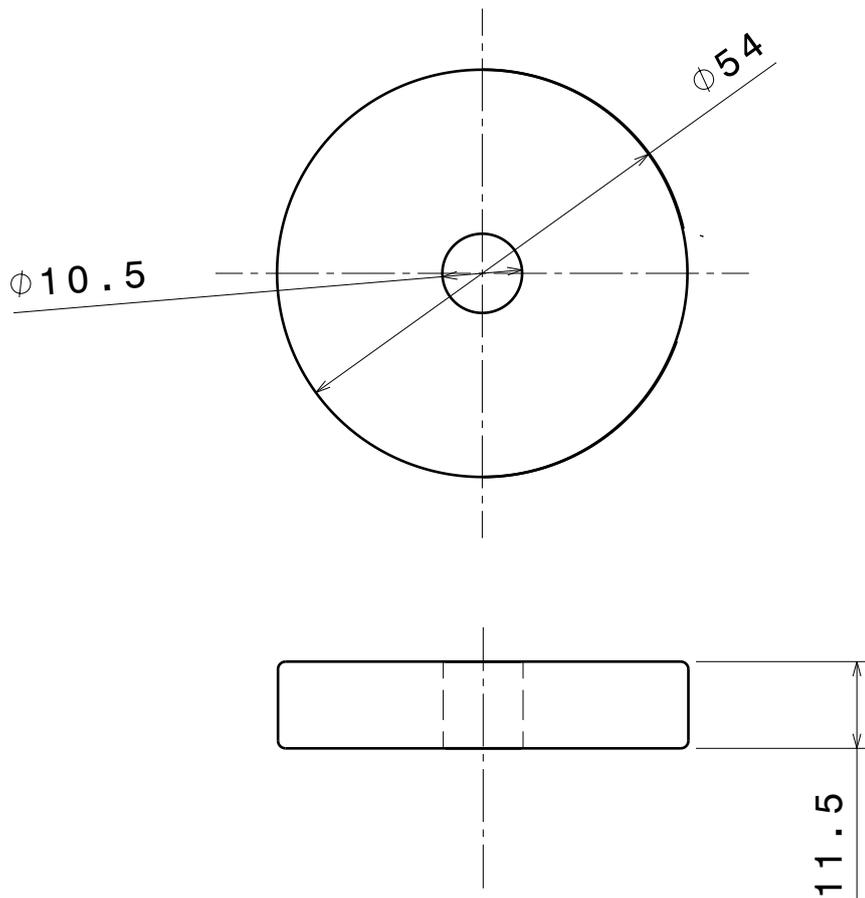
Marca	Denominación	Cantidad	Nº Plano	Material
TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO:		CALIDAD SUPERFICIAL:		MATERIAL:
		PLANO: Plano de conjunto de la plataforma intermedia PROYECTO: Plataforma intermedia		AUTOR Y FIRMA: Beatriz Isabel López García
ESCALA:  <b>1:2</b>		PROMOTOR:  UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO
			Nº PLANO:	JULIO 2021

43	Pistón de sujección del asiento	2	26	Acero
42	Perno de cab. hexagonal ISO 4014 - M2 x 16 - 8.8	2	-	Acero
41	Arandela ISO 7089-2-200 Hv	2	-	Bronce
40	Sistema de sujección derecho	1	25	PVC
39	Sistema de sujección izquierdo	1	24	PVC
38	Tornillo de cab. hexagonal ISO 4014 - M4 x 25 - 8.8	4	-	Acero
37	Arandela ISO 7089-4-200 Hv	4	-	Acero
36	Topes delanteros guías	2	23	Fundición gris EN-GJL-250
35	Topes traseros guías	2	22	PVC
34	Tornillo de cab. hexagonal ISO 4017 - M5 x 12 - 8.8	12	-	Acero
33	Arandela ISO 7089-5-200 Hv	12	-	Acero
32	Guía derecha	1	21	Fundición gris EN-GJL-250
31	Guía izquierda	1	20	Fundición gris EN-GJL-250
<b>Marca</b>	<b>Denominación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Nº Plano</b>	<b>Material</b>
TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO:		CALIDAD SUPERFICIAL:		MATERIAL:
	PLANO: Plano de conjunto de la plataforma intermedia	AUTOR Y FIRMA: Beatriz Isabel López García		FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia			
ESCALA:	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO		Nº PLANO:



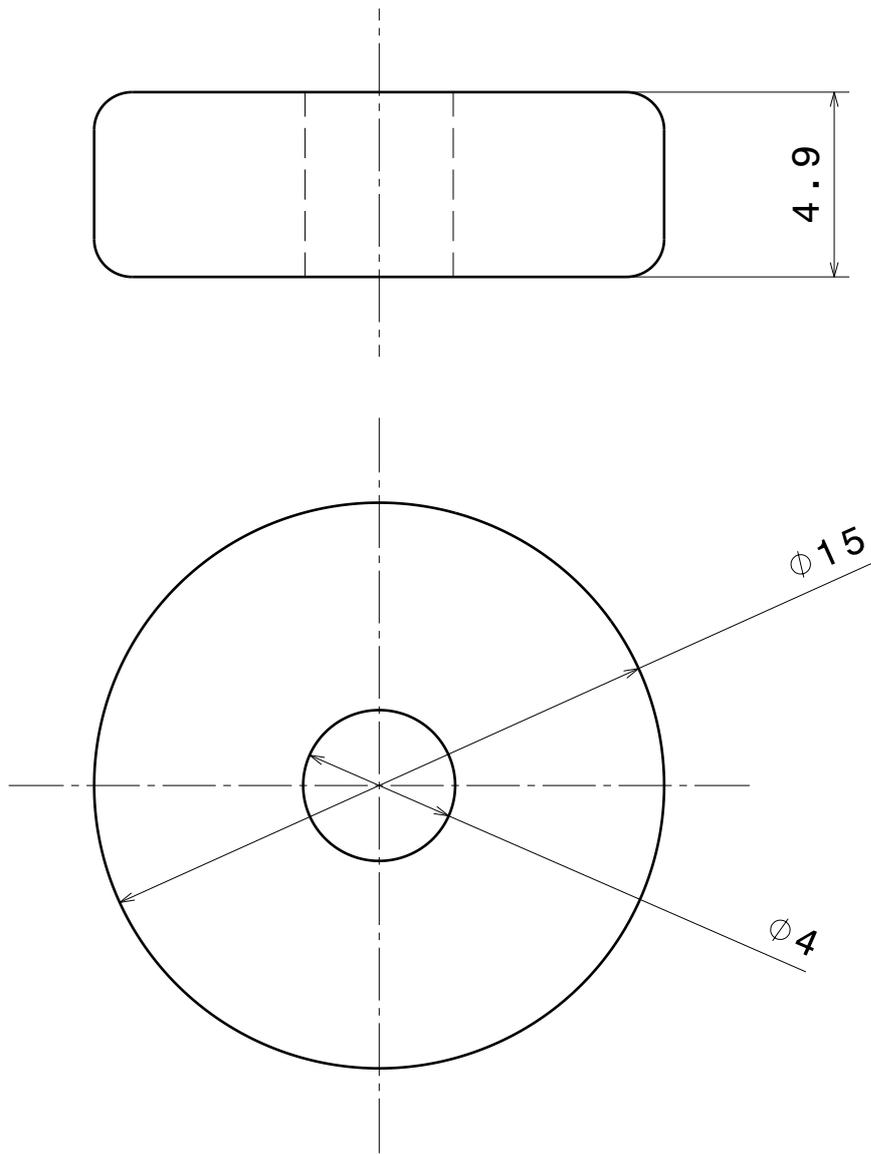
RADIOS DE REDONDEO DE 1 MM

TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO: ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL: N 10	MATERIAL: Aluminio 6061
	PLANO: Chapa inferior de la plataforma	AUTOR Y FIRMA: Beatriz Isabel López García	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA: 1:2	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO: 1



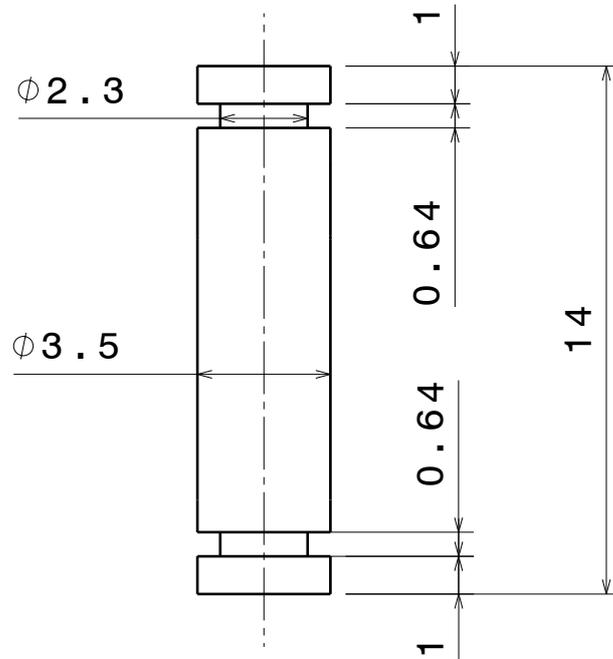
RADIOS DE REDONDEO DE 1 MM

TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO: ISO 2768-fh		CALIDAD SUPERFICIAL: 	MATERIAL: Aluminio 6061
	PLANO: Ruedas grandes plataforma	AUTORY FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA: <b>1 : 1</b>	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO: <b>2</b>

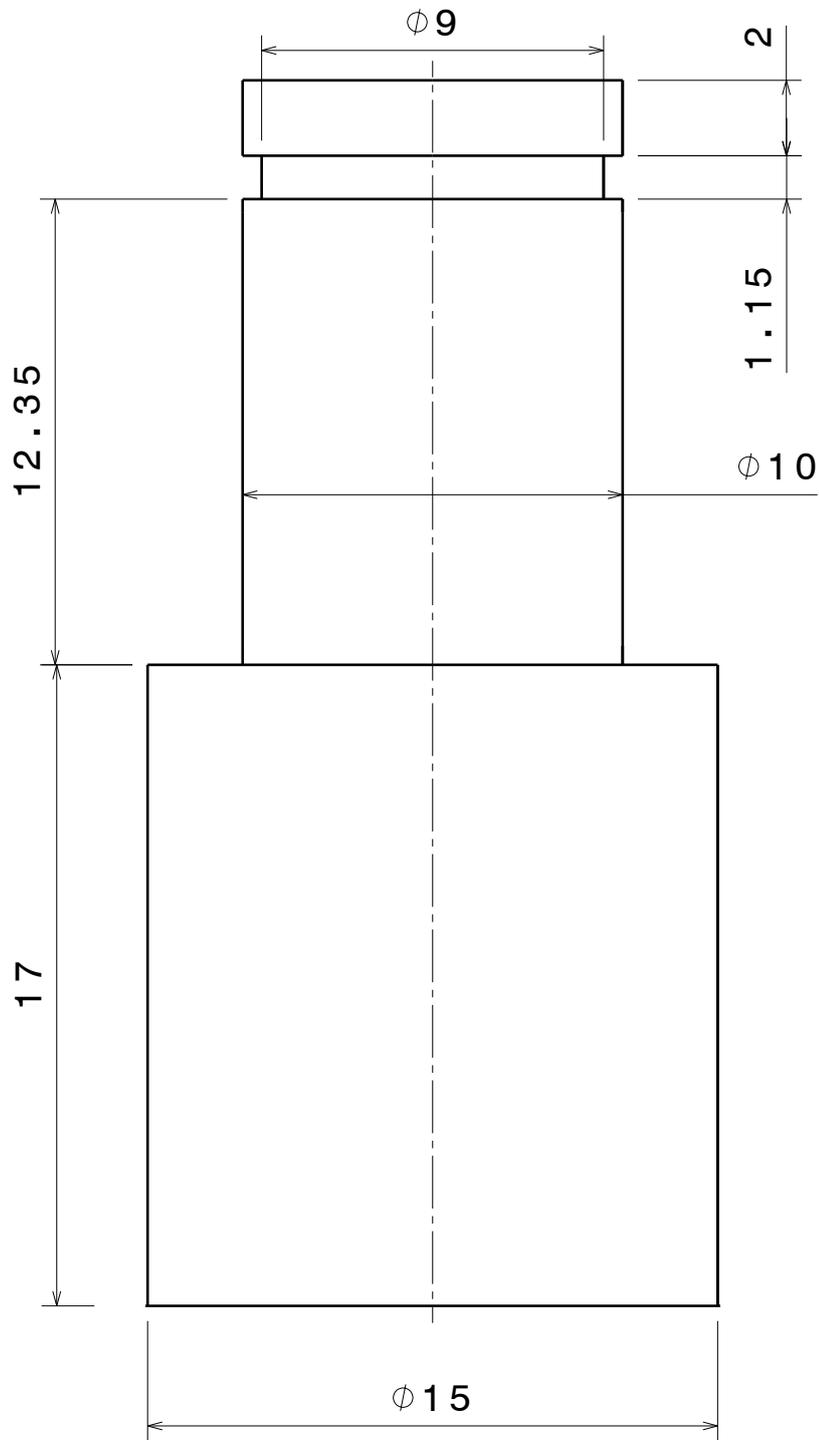


RADIOS DE REDONDEO DE 1 MM

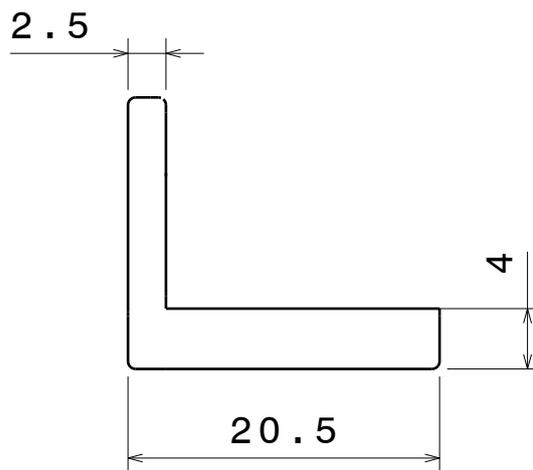
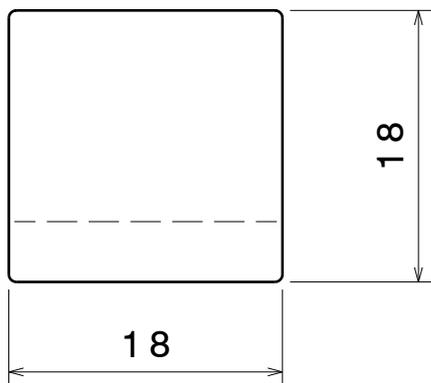
TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO: ISO 2768-fh		CALIDAD SUPERFICIAL: 	MATERIAL: Aluminio 6061
	PLANO: Ruedas pequeñas plataforma	AUTORY FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA: <b>5 : 1</b>	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO: <b>3</b>



TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO:  ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL:  	MATERIAL:  Aluminio 6061
	PLANO: Eje de las ruedas pequeñas	AUTORY FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA:  <b>5 : 1</b>	PROMOTOR:  UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO:  <b>4</b>

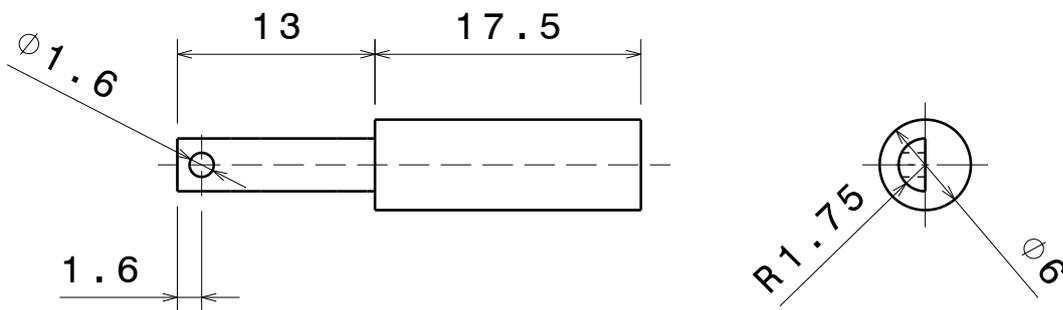


TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO: ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL: 	MATERIAL: Aluminio 6061
	PLANO: Eje de las ruedas grandes	AUTORY FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA: <b>2:1</b>	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO: <b>5</b>

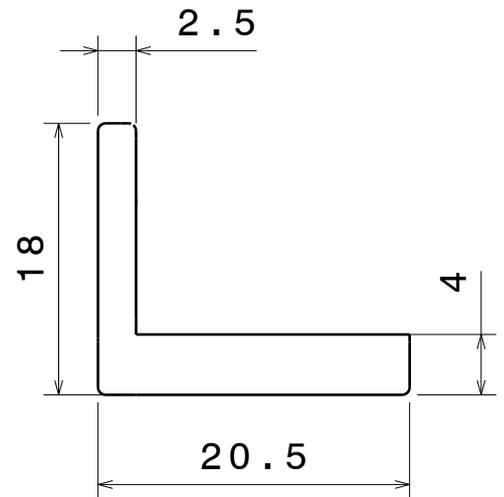
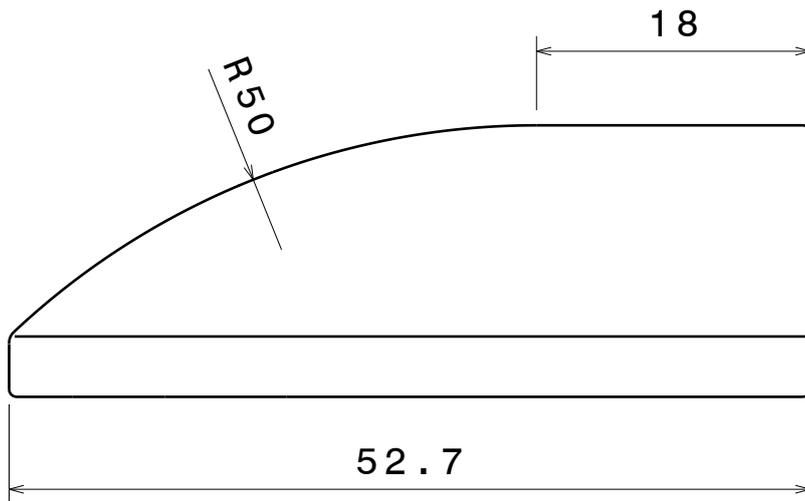


RADIOS DE REDONDEO DE 0,5 MM

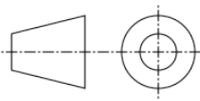
TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO:  ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL:  	MATERIAL:  Aluminio 6061
	PLANO: Plaquita ruedas traseras	AUTORY FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA:  <b>2:1</b>	PROMOTOR:  UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO:  <b>6</b>

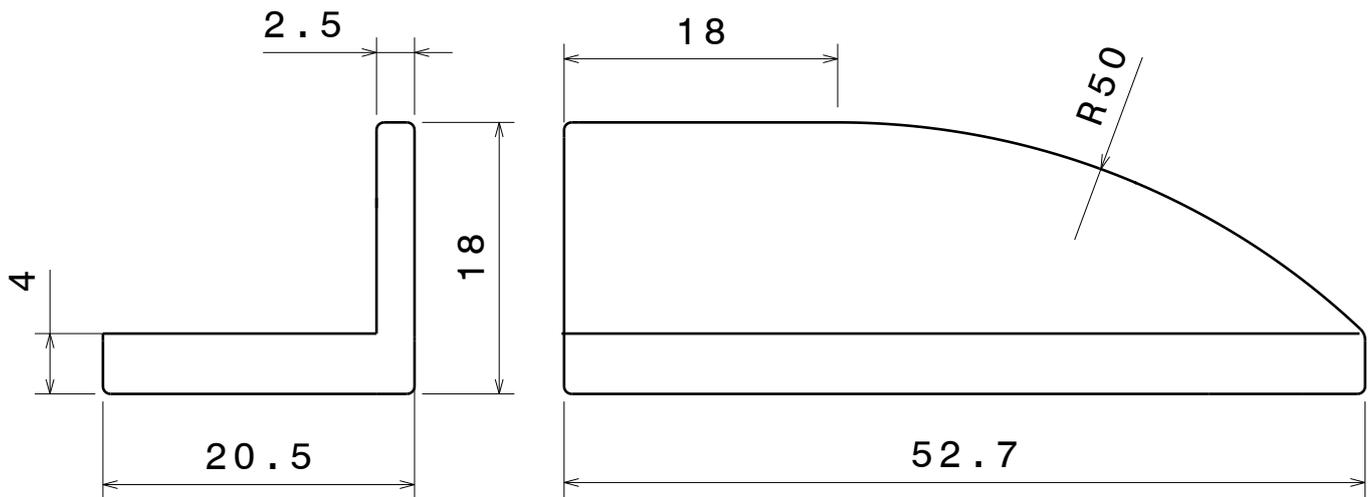


TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO:  ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL:  N 10 	MATERIAL:  Aluminio 6061
	PLANO: Eje superior ruedas pequeñas	AUTOR Y FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA:  2:1	PROMOTOR:  UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO:  7



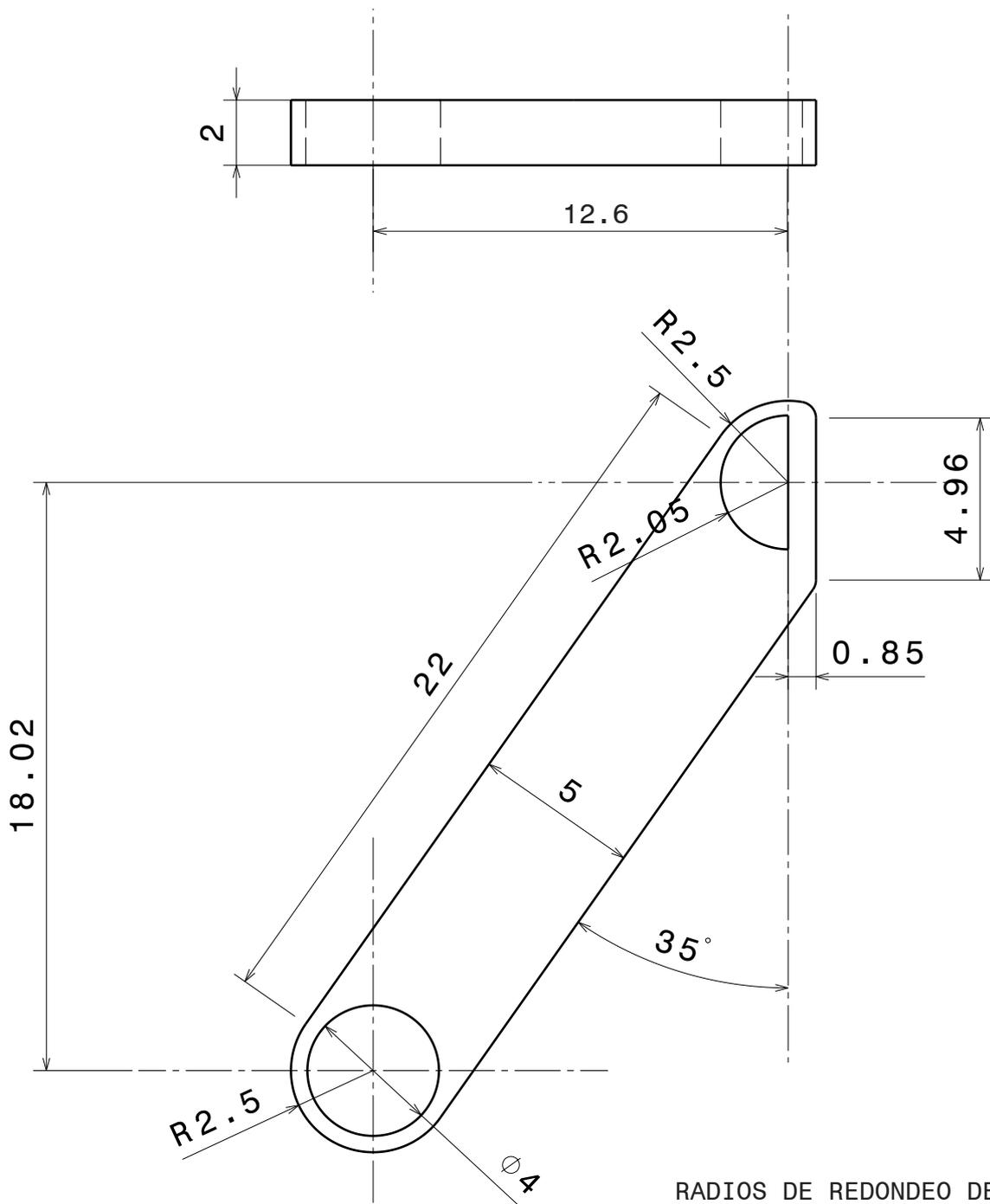
RADIOS DE REDONDEO DE 0,5 MM

TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO:  ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL:  N 10 	MATERIAL:  Aluminio 6061
	PLANO: Plaquita ruedas delantera izquierda	AUTOR Y FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA:  2:1	PROMOTOR:  UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO:  8



RADIOS DE REDONDEO DE 0,5 MM

TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO:  ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL:  N 10 	MATERIAL:  Aluminio 6061
	PLANO: Plaquita ruedas delantera derecha	AUTOR Y FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA:  2:1	PROMOTOR:  UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO:  9



RADIOS DE REDONDEO DE 0,5 MM

TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO:

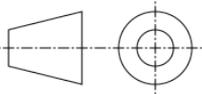
ISO 2768-mk

CALIDAD SUPERFICIAL:



MATERIAL:

Aluminio 6061



PLANO:  
Elemento de sujección rueda pequeña

PROYECTO: Plataforma intermedia

AUTOR Y FIRMA:

Beatriz Isabel  
López García

FECHA:

JULIO 2021

ESCALA:

2:1

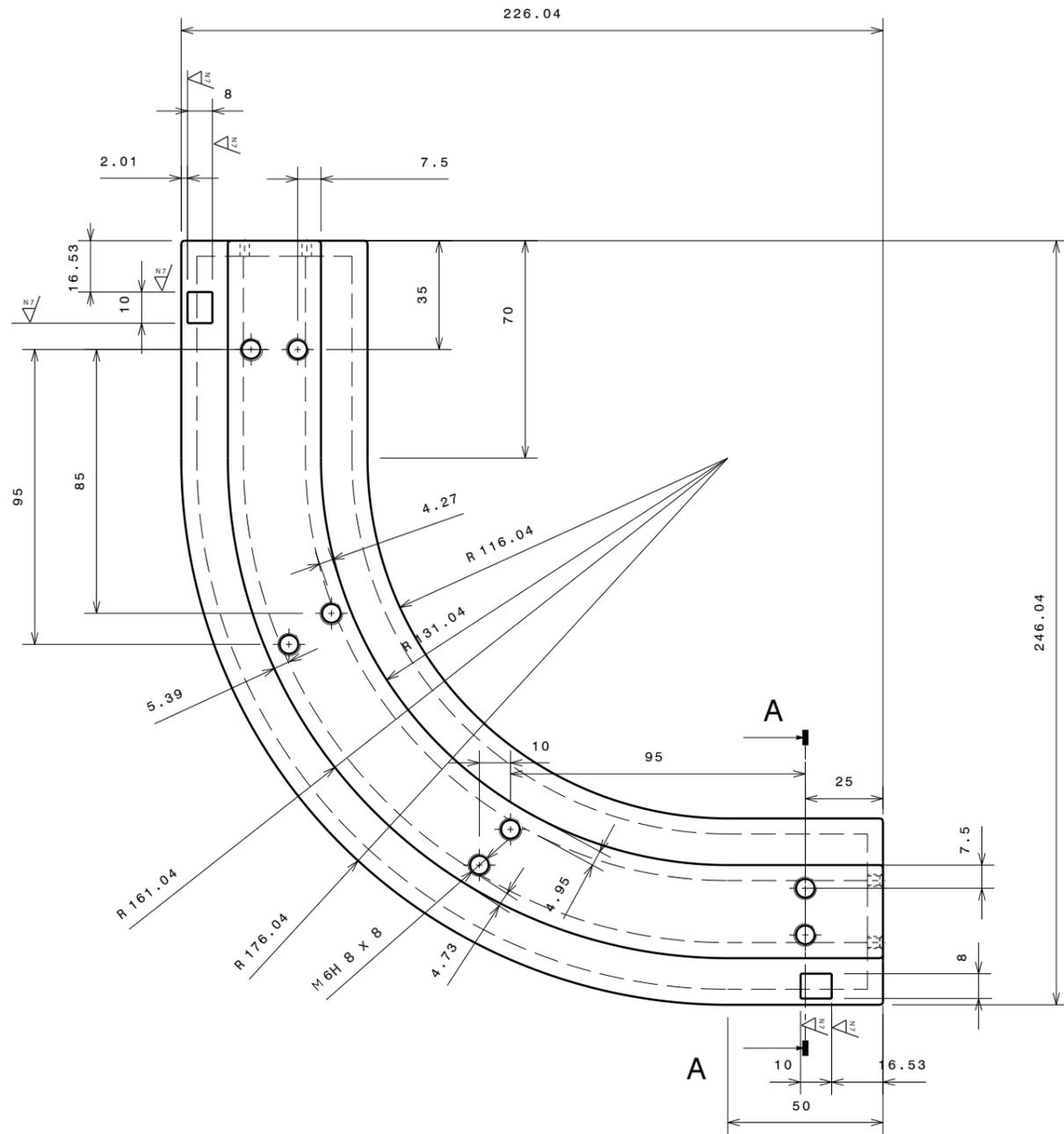
PROMOTOR:

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID  
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

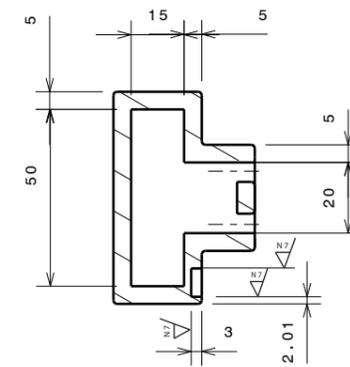
TRABAJO DE FIN DE GRADO  
EN INGENIERÍA EN DISEÑO  
INDUSTRIAL Y DESARROLLO  
DE PRODUCTO

Nº PLANO:

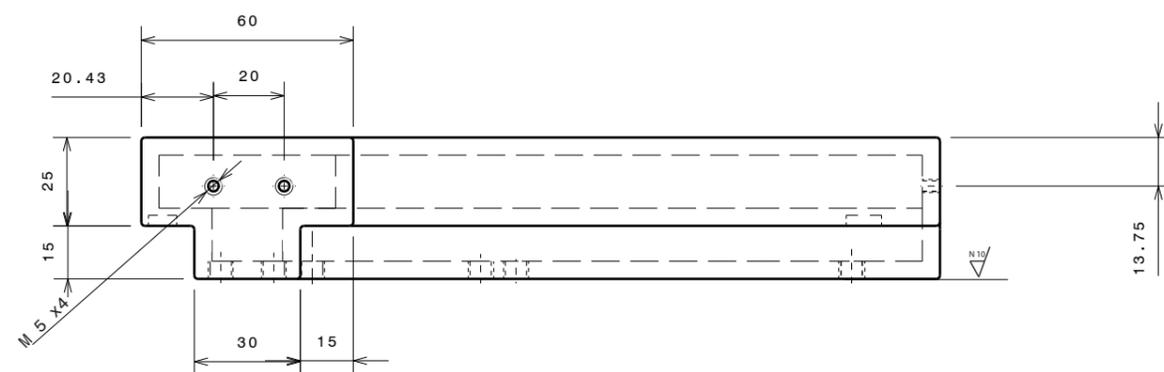
10

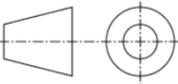


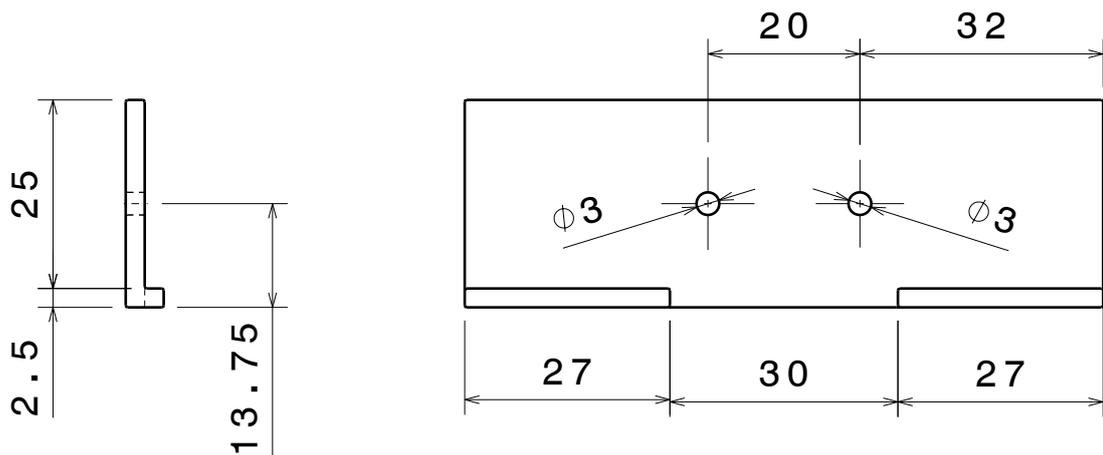
Section cut A-A  
Scale: 1:2



RADIOS DE REDONDEO DE 1 MM

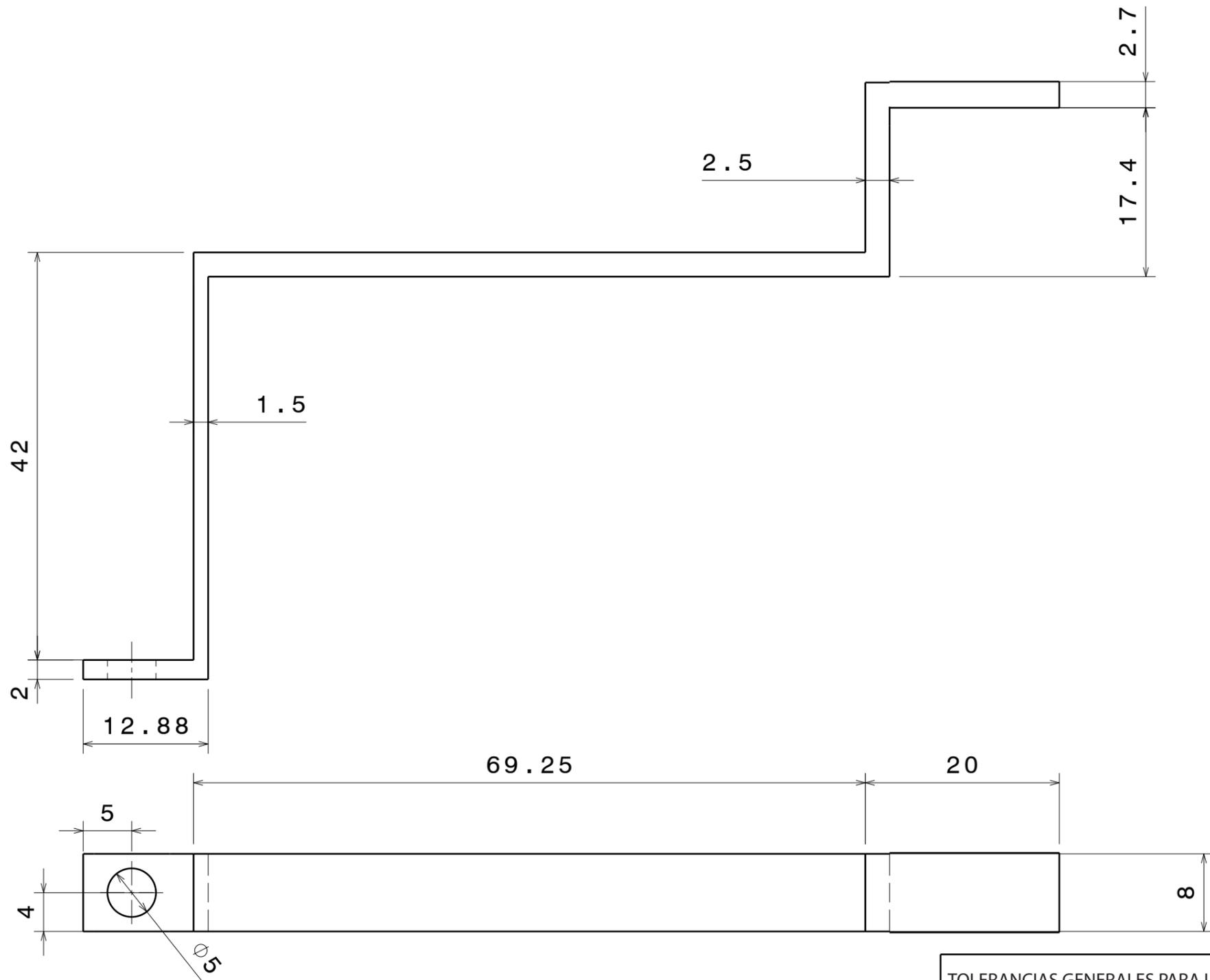


TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO: ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL: N 8	MATERIAL: Aluminio 6061
	PLANO: Guía en forma de T	AUTOR Y FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA: 1:2	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO: 11



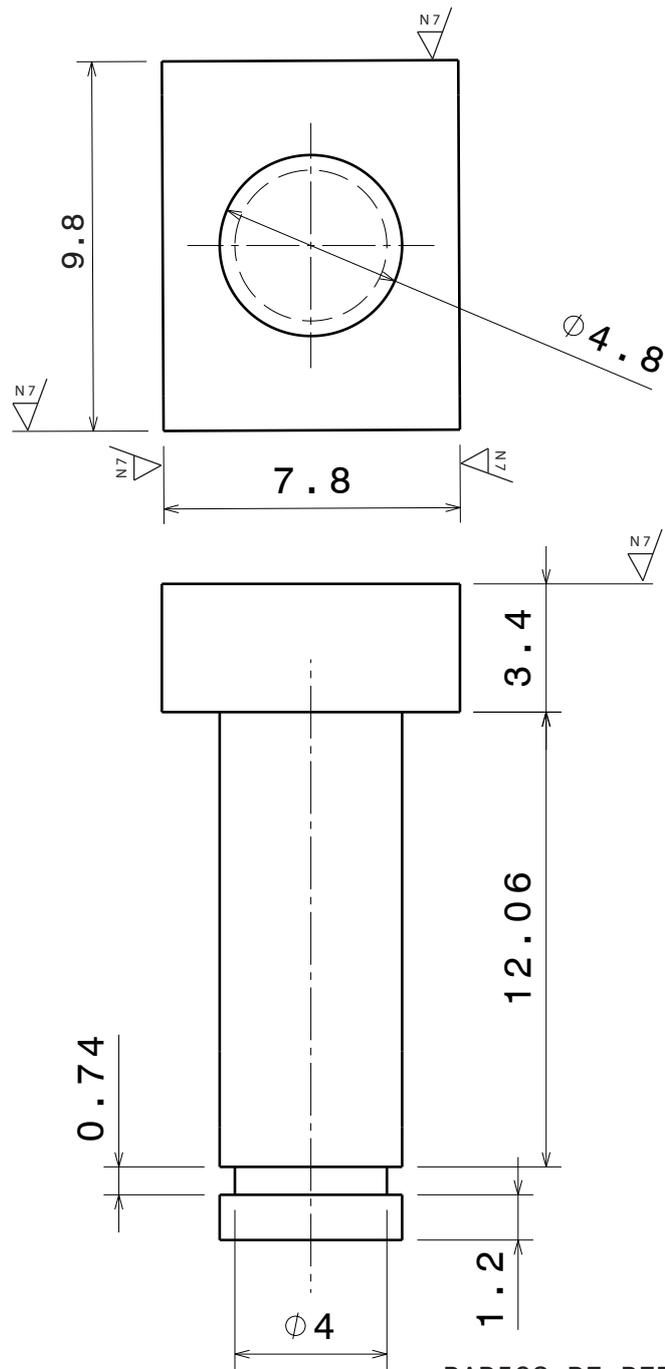
RADIOS DE REDONDEO DE 0,25 MM

TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO:  ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL:  	MATERIAL:  Aluminio 6061
	PLANO: Topes de final de la guía en T	AUTORY FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA:  <b>1 : 1</b>	PROMOTOR:  UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO:  <b>12</b>



RADIOS DE REDONDEO DE 1 MM

TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO: ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL: N 10/ 	MATERIAL: Aluminio 6061
	PLANO: Palanca	AUTOR Y FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA: 2:1	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO: 13



RADIOS DE REDONDEO DE 1 MM

TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO:

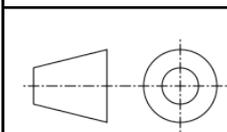
ISO 2768-mk

CALIDAD SUPERFICIAL:



MATERIAL:

Aluminio 6061



PLANO: Eje y pletina de la palanca

PROYECTO: Plataforma intermedia

AUTOR Y FIRMA:

Beatriz Isabel  
López García

FECHA:

JULIO 2021

ESCALA:

5 : 1

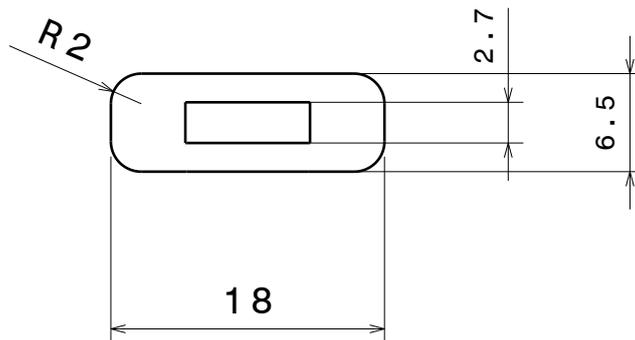
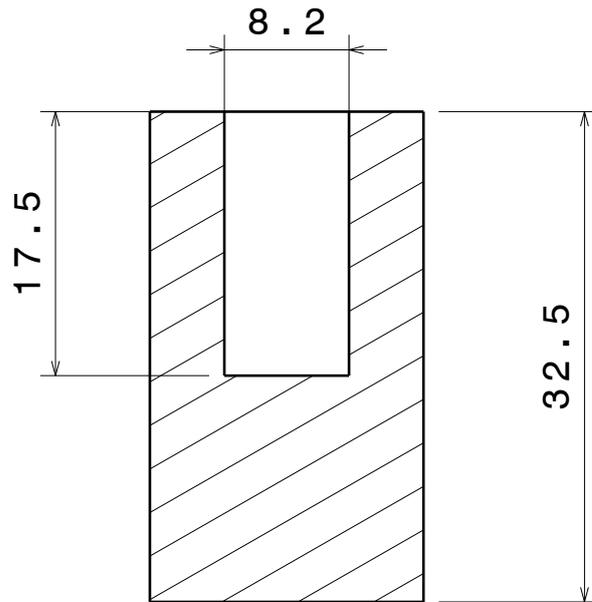
PROMOTOR:

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID  
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

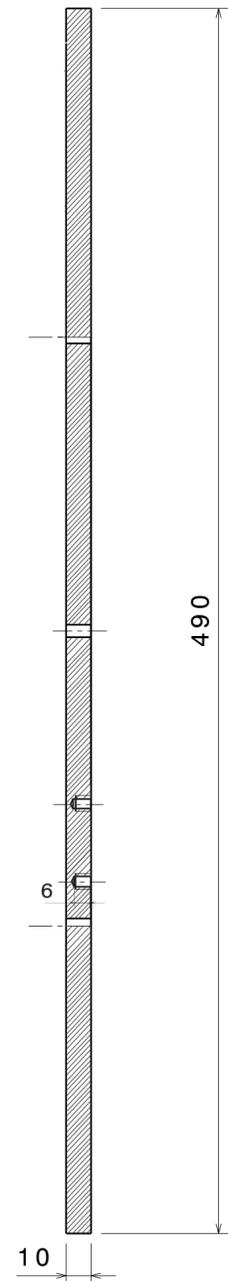
TRABAJO DE FIN DE GRADO  
EN INGENIERÍA EN DISEÑO  
INDUSTRIAL Y DESARROLLO  
DE PRODUCTO

Nº PLANO:

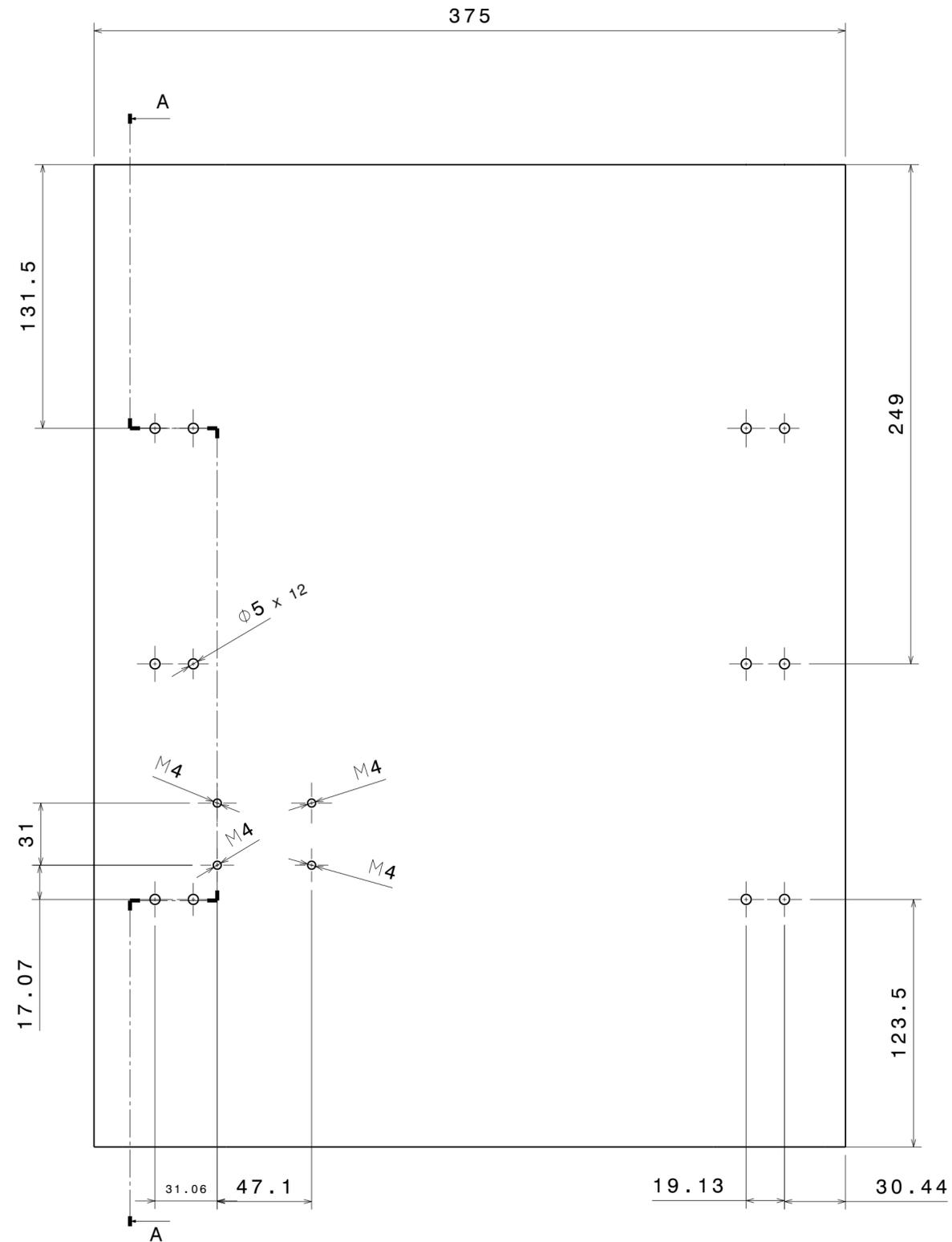
14



TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO:		CALIDAD SUPERFICIAL:	MATERIAL:  Polipropileno
	PLANO: Recubrimiento de la palanca	AUTORY FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA:  2:1	PROMOTOR:  UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO:  15

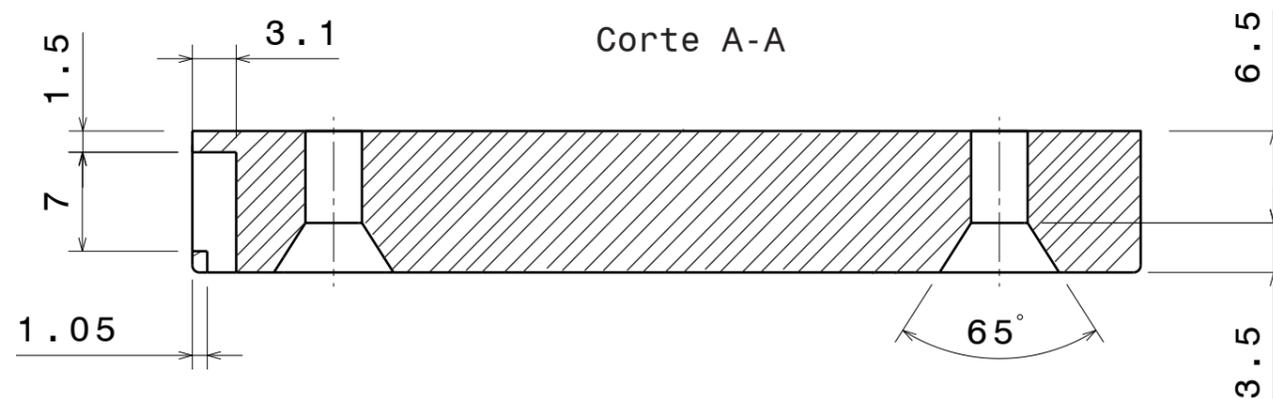
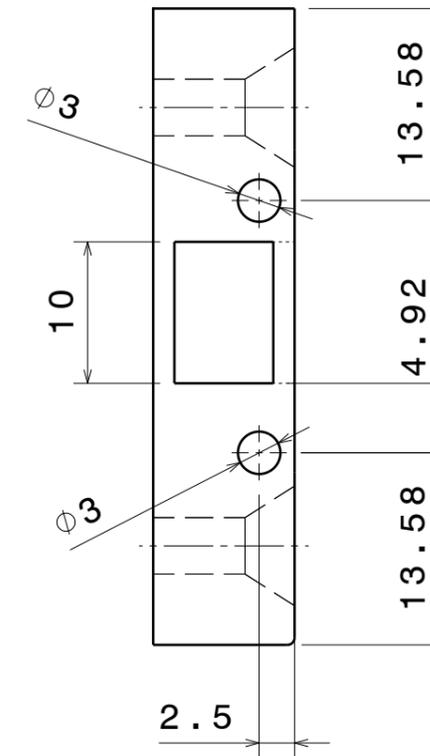
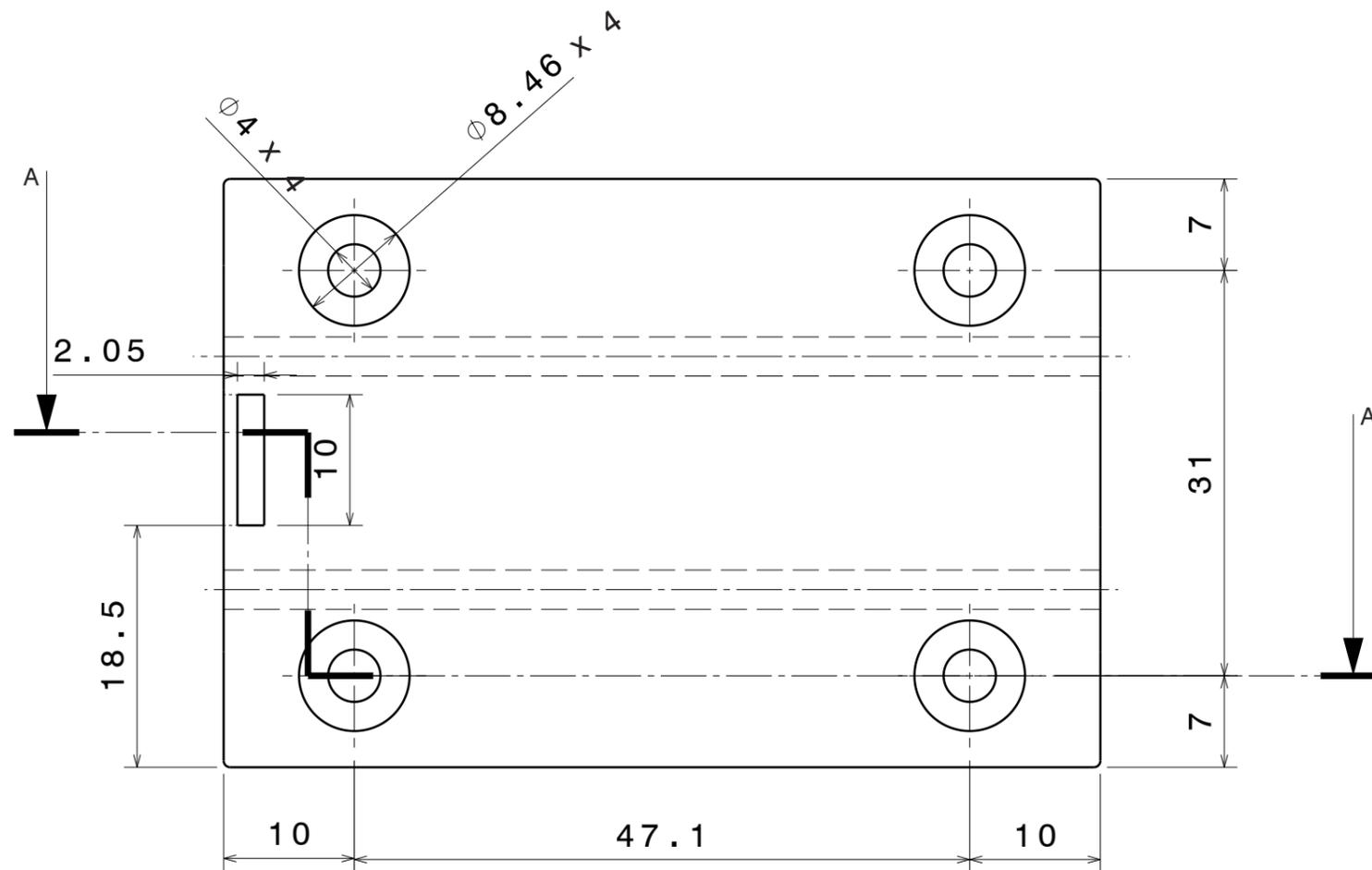


Corte A-A

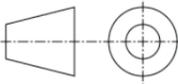


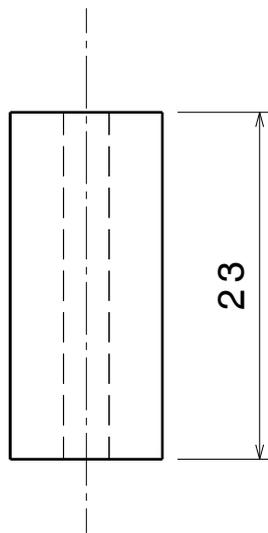
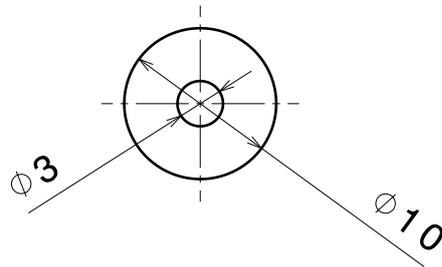
RADIOS DE REDONDEO DE 1 MM

TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO: ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL: N 10	MATERIAL: Acero inoxidable
	PLANO: Chapa superior de la plataforma	AUTOR Y FIRMA: Beatriz Isabel López García	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA: 1:2	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO: 16

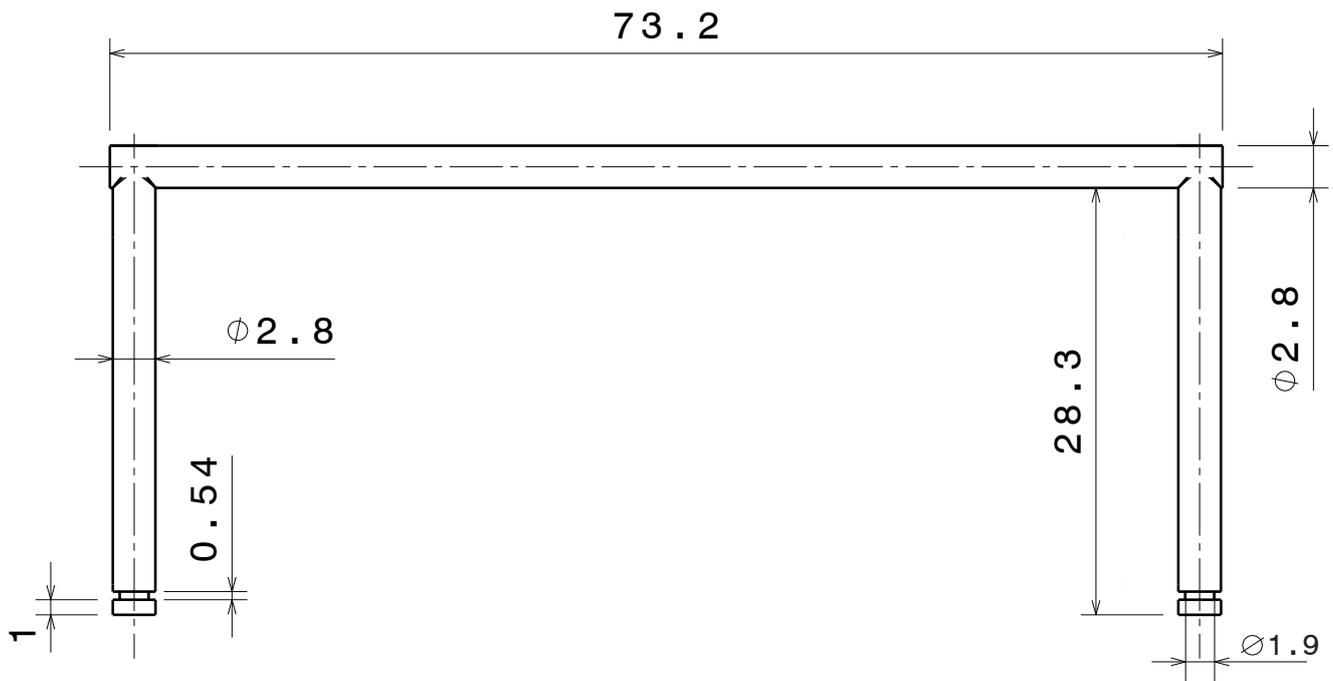


RADIOS DE REDONDEO DE 0,5 MM

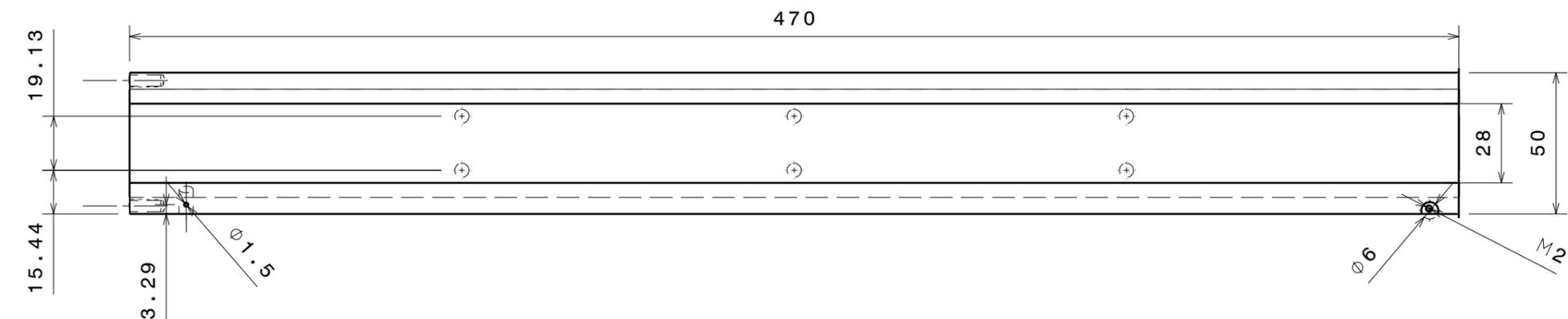
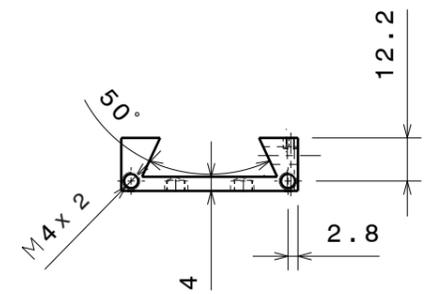
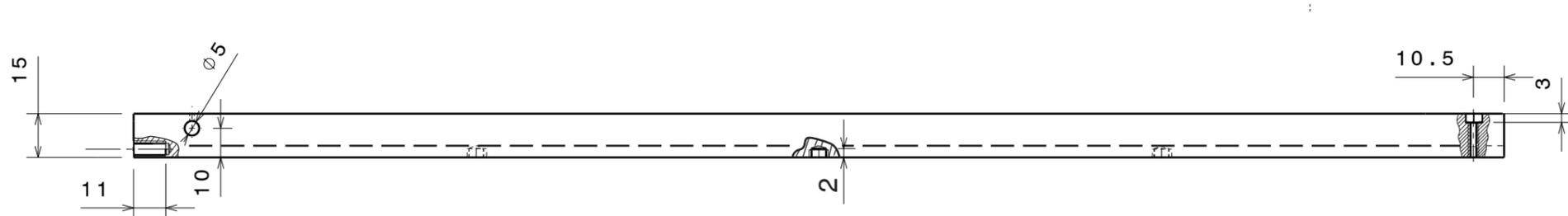
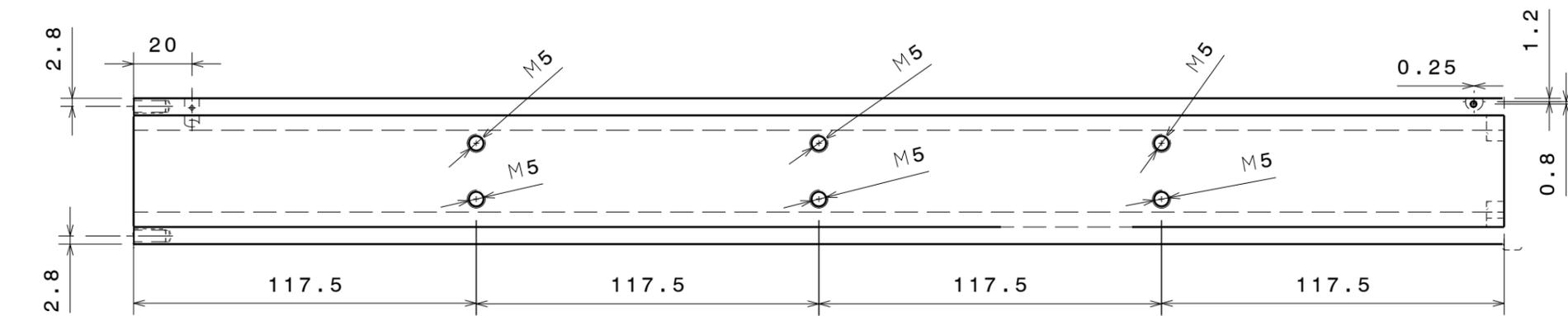
TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO: ISO 2768-fh		CALIDAD SUPERFICIAL: $\nabla N 8$	MATERIAL: Acero inoxidable
	PLANO: Plataforma de rodillos	AUTOR Y FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA: <b>2:1</b>	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO: <b>17</b>



TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO:		CALIDAD SUPERFICIAL:	MATERIAL:  Poliuretano
	PLANO: Rodillos	AUTORY FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA:  2:1	PROMOTOR:  UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO:  18

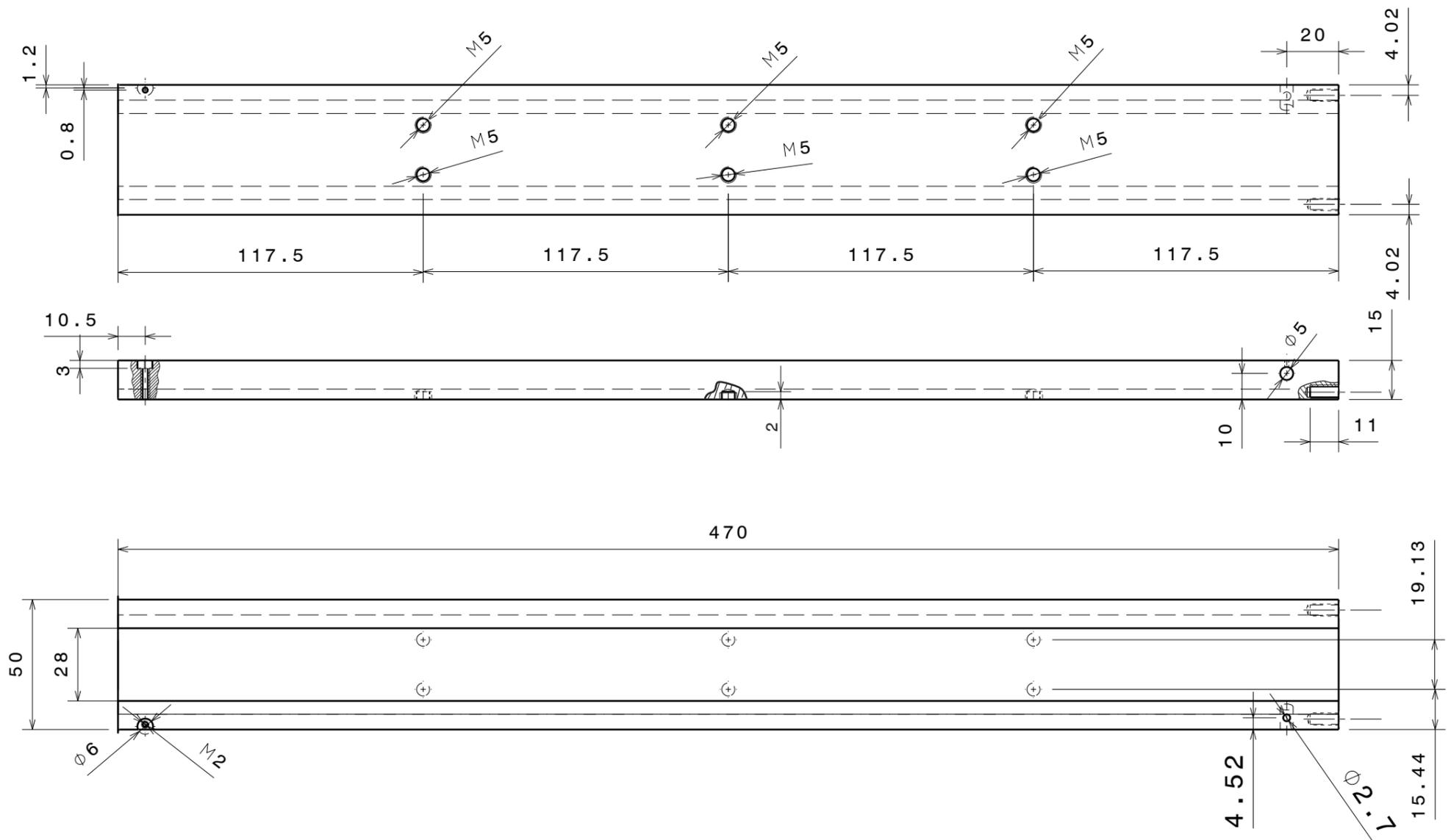
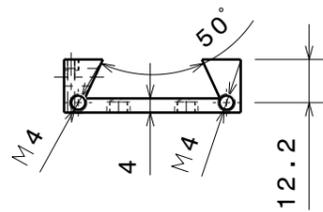


TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO: ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL: N 10 	MATERIAL: Aceros
	PLANO: Eje de los rodillos	AUTOR Y FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA: 2:1	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO: 19



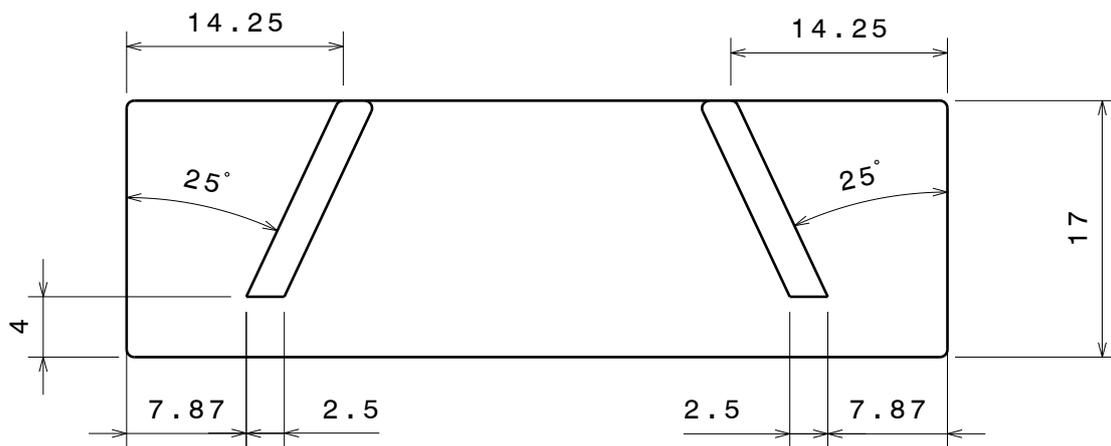
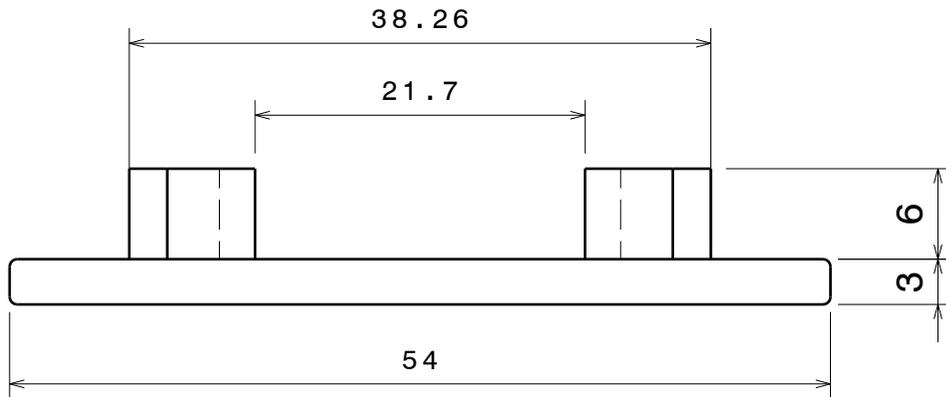
RADIOS DE REDONDEO DE 1 MM

TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO: ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL: N 10	MATERIAL: Fundición gris EN-GJL-250
	PLANO: Guía izquierda	AUTOR Y FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA: 1:2	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO: 20



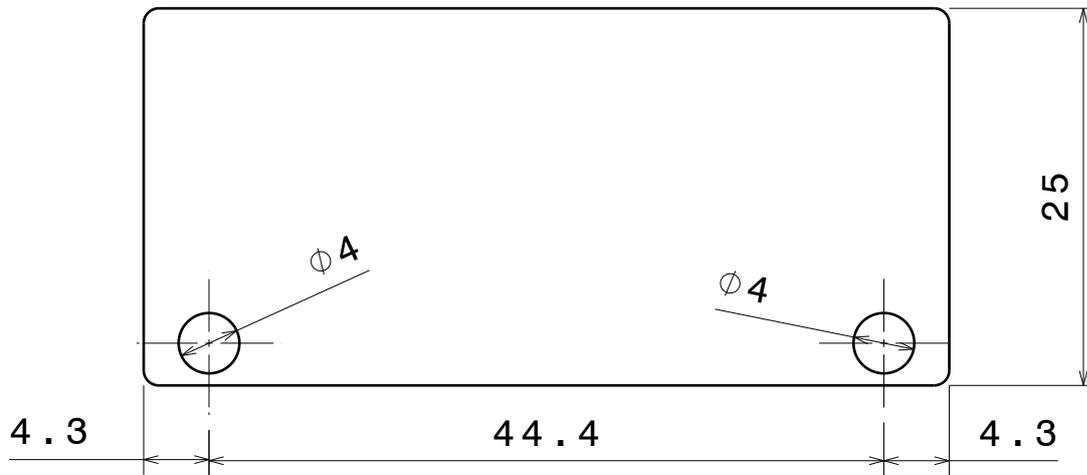
RADIOS DE REDONDEO DE 1 MM

TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO: ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL: N 10	MATERIAL: Fundición gris EN-GJL-250
	PLANO: Guía derecha	AUTOR Y FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA: 1:2	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO: 21



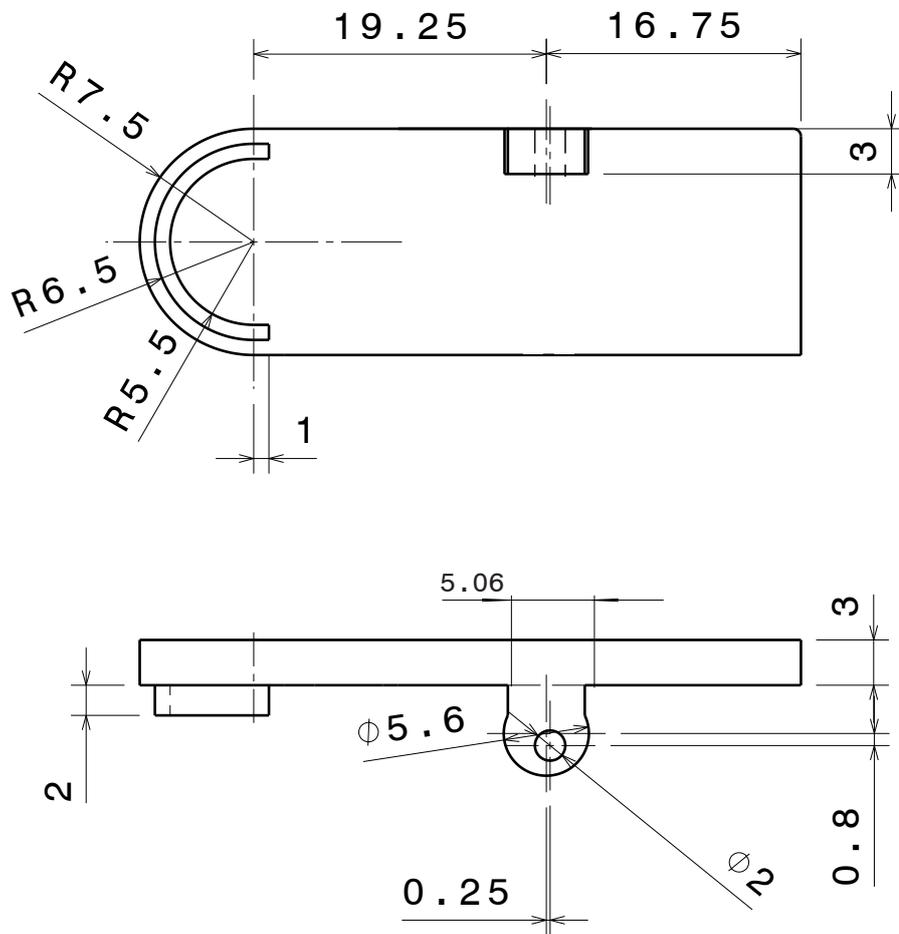
RADIOS DE REDONDEO DE 0,5 MM

TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO:  ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL:	MATERIAL:  PVC
	PLANO: Topes traseros guías	AUTORY FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA:  2:1	PROMOTOR:  UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO:  22



RADIOS DE REDONDEO DE 1 MM

TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO: ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL: Pulido 	MATERIAL: Fundición gris EN-GJL-250
	PLANO: Topes delanteros guías	AUTORY FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA: <b>2 : 1</b>	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO: <b>23</b>



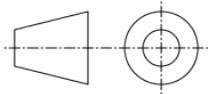
RADIOS DE REDONDEO DE 0,5 MM

TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO:

CALIDAD SUPERFICIAL:

MATERIAL:

PVC



PLANO: Sistema de sujeción izquierdo

AUTOR Y FIRMA:

*Beatriz*

FECHA:

PROYECTO: Plataforma intermedia

Beatriz Isabel  
López García

JULIO 2021

ESCALA:

2:1

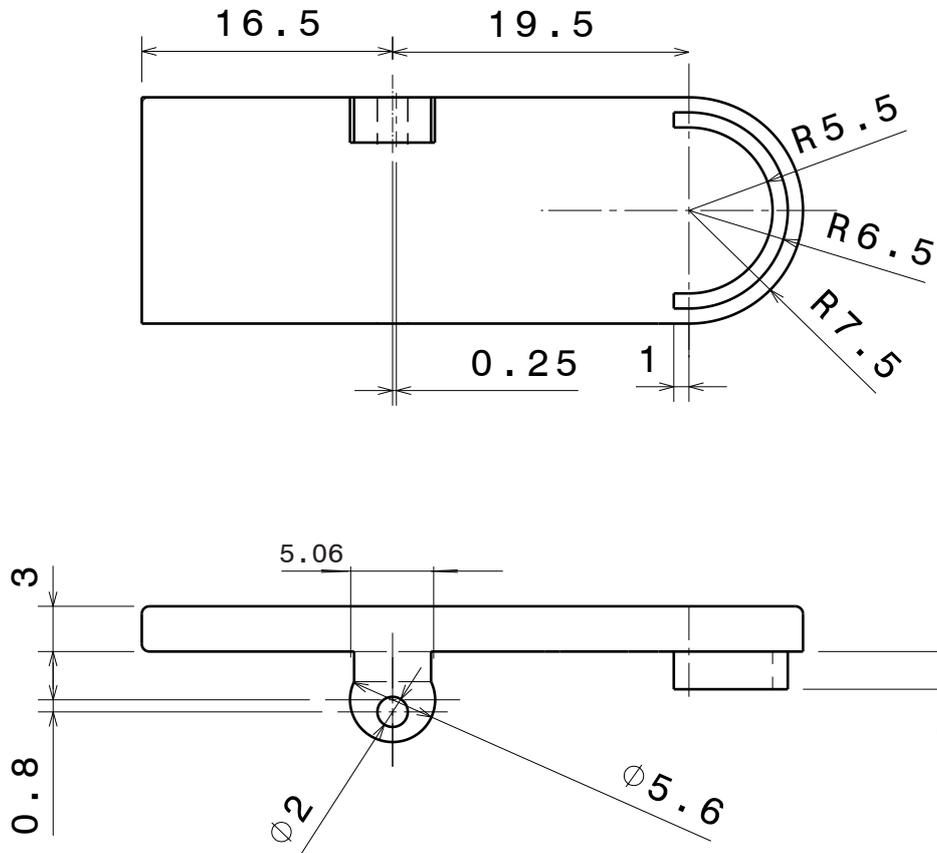
PROMOTOR:

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID  
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO DE FIN DE GRADO  
EN INGENIERÍA DE DISEÑO  
INDUSTRIAL Y DESARROLLO  
DE PRODUCTO

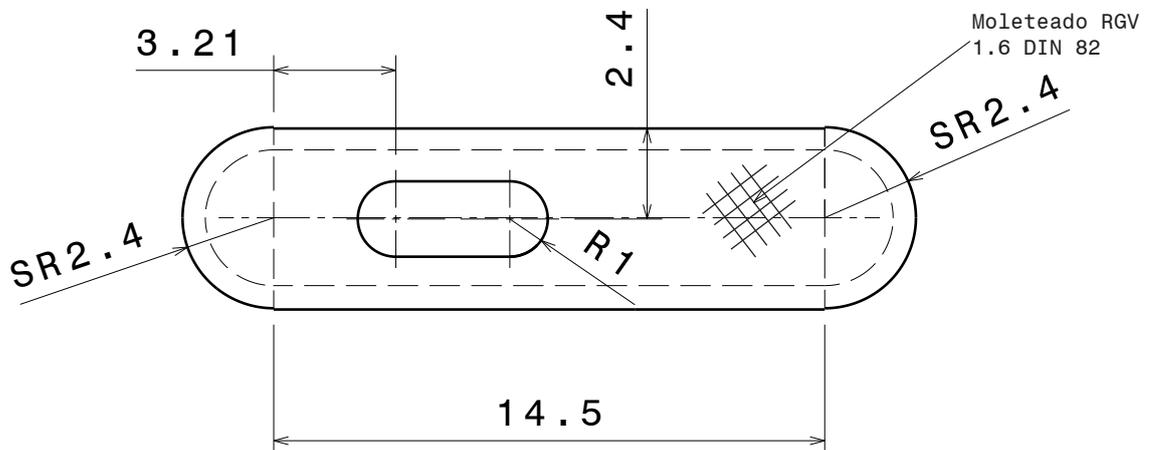
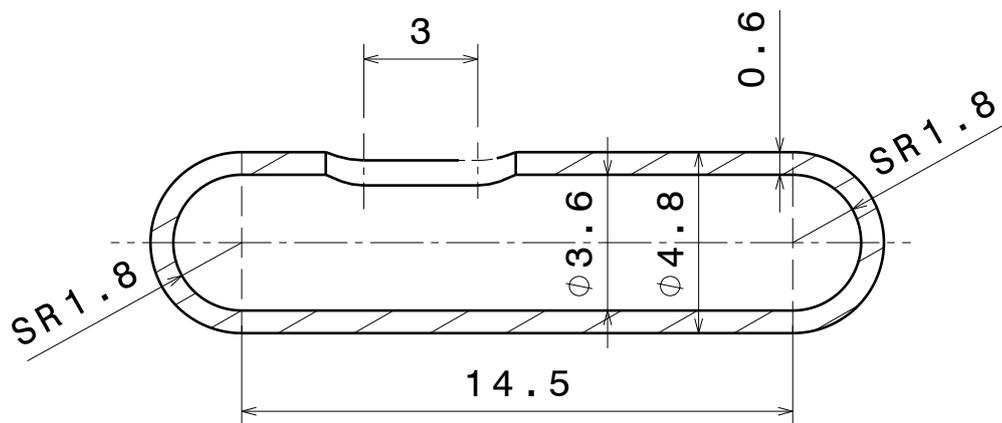
Nº PLANO:

24

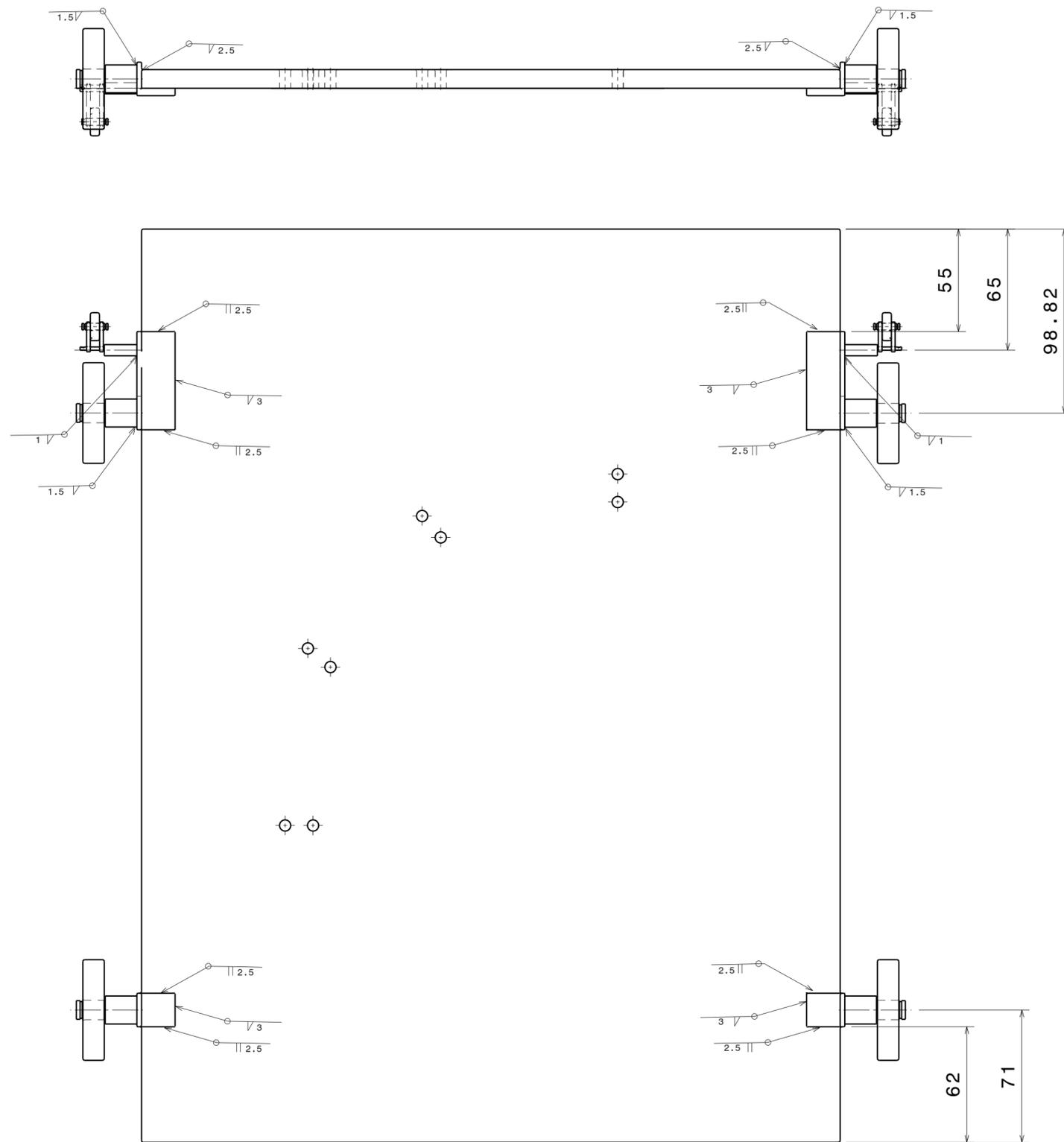


RADIOS DE REDONDEO DE 0,5 MM

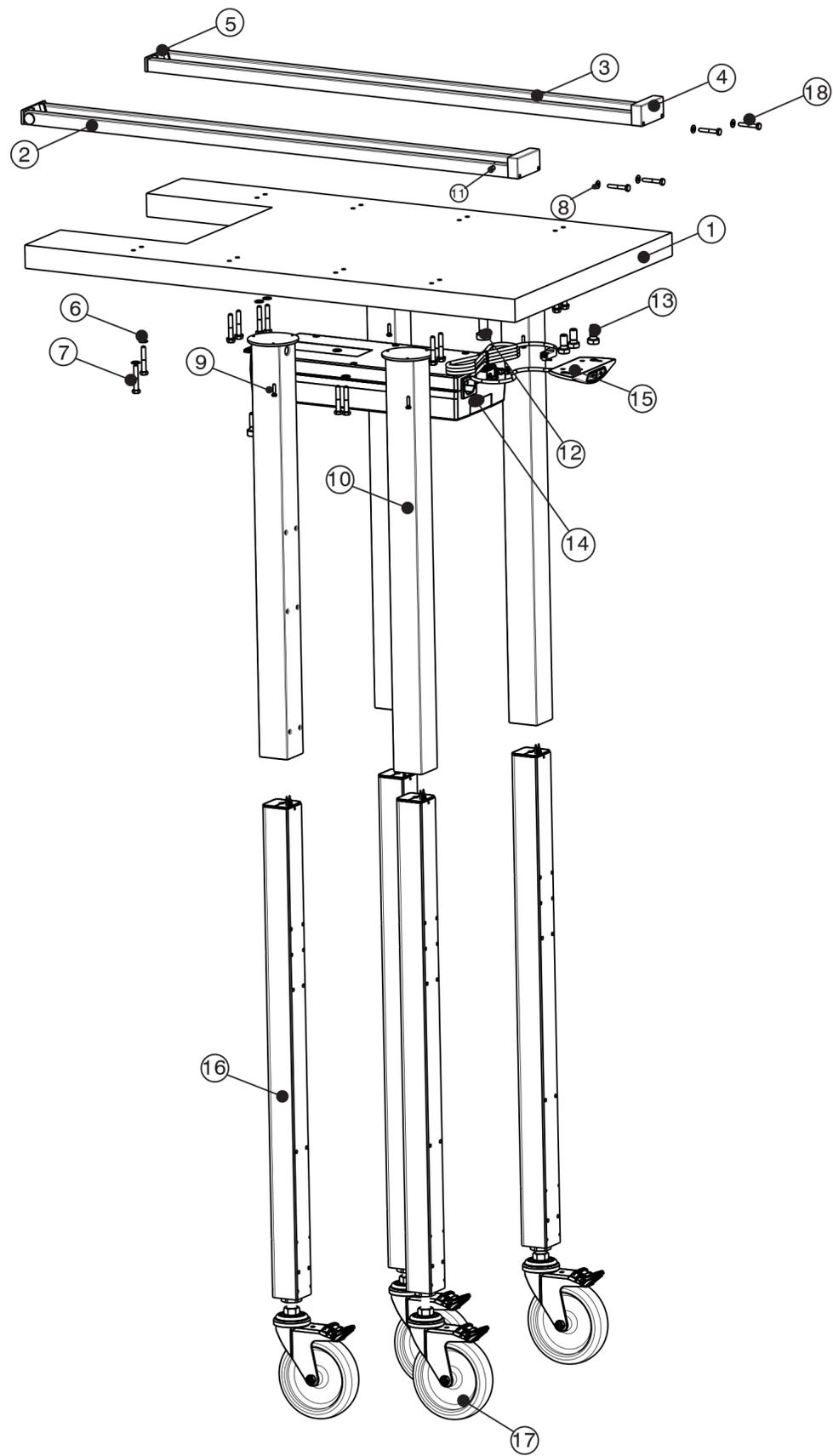
TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO:		CALIDAD SUPERFICIAL:	MATERIAL:  PVC
	PLANO: Sistema de sujeción derecho	AUTORY FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA:  2:1	PROMOTOR:  UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO:  25



TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO:  ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL:  N 10 	MATERIAL:  Acero
	PLANO: Pistón de sujeción del asiento	AUTOR Y FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA:  5 : 1	PROMOTOR:  UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO:  26



TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO:		CALIDAD SUPERFICIAL:	MATERIAL:
	PLANO: Plano de soldadura base inferior	AUTOR Y FIRMA:	
	PROYECTO: Plataforma intermedia	FECHA: JULIO 2021	
ESCALA: <b>1:2</b>	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO:

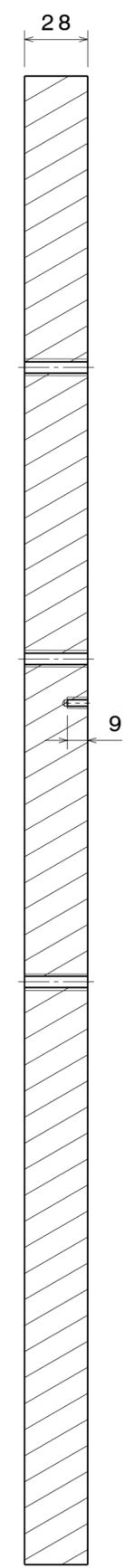
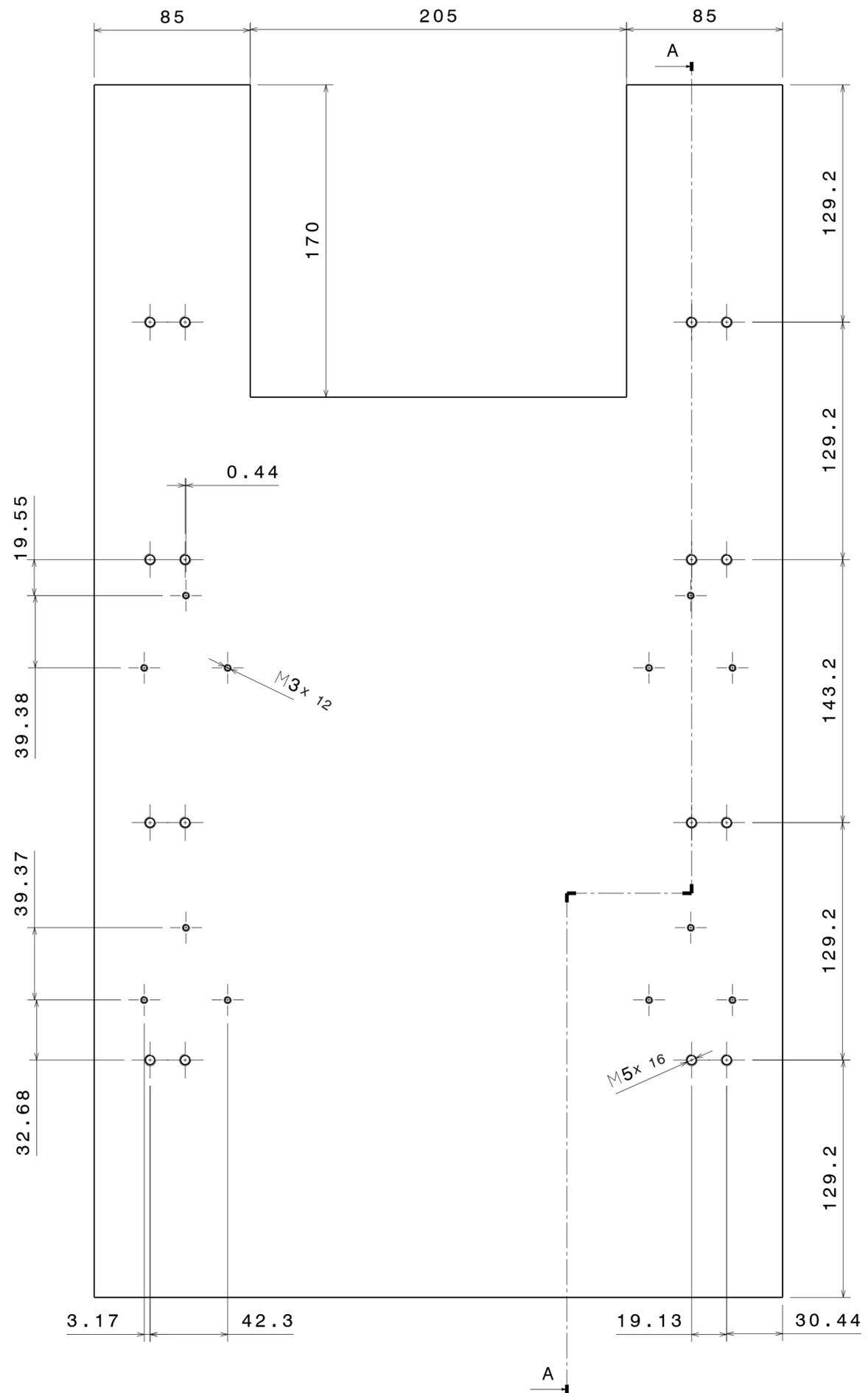


18	Tornillo de cab. hexagonal ISO 4014 - M4 x 25 - 8.8	4	-	Acero
17	Ruedas con sistema de freno Empresa ERGOSWISS	4	-	-
16	Unidades lineales SLA a medida Empresa ERGOSWISS	4	-	-
15	Control remoto de altura Empresa ERGOSWISS	1	-	-
14	Caja de control Empresa ERGOSWISS	1	-	-
13	Tornillo de cab. hexagonal ISO 4017 - M8 x 16 - 8.8	3	-	Acero
12	Tornillo de cab. hexagonal ISO 4017 - M10 x 20 - 5.6	3	-	Acero
11	Pistón de sujección del asiento	2	7	Acero
10	Chapas del recubrimiento	4	6	Aluminio 6061
9	Tornillo de cab. hexagonal ISO 4017 - M3 x 12 - 8.8	12	-	Acero
8	Arandelas ISO 7089-4-200 Hv	4	-	Acero
7	Tornillo de cab. hexagonal ISO 4014 - M5 x 30 - 8.8	16	-	Acero
6	Arandelas ISO 7089-5-200 Hv	16	-	Acero
5	Topes delanteros guías	2	5	PVC
4	Topes finales guías	2	4	Fundición gris EN-GJL-250
3	Guía derecha	1	3	Fundición gris EN-GJL-250
2	Guía izquierda	1	2	Fundición gris EN-GJL-250
1	Tablero de la mesa de apoyo	1	1	Madera plástica
Marca	Denominación	Cantidad	Nº Plano	Material

TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO:	CALIDAD SUPERFICIAL:	MATERIAL:
---	----------------------	-----------

	PLANO: Plano de conjunto de la mesa auxiliar	AUTORY FIRMA: Beatriz Isabel López García	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		

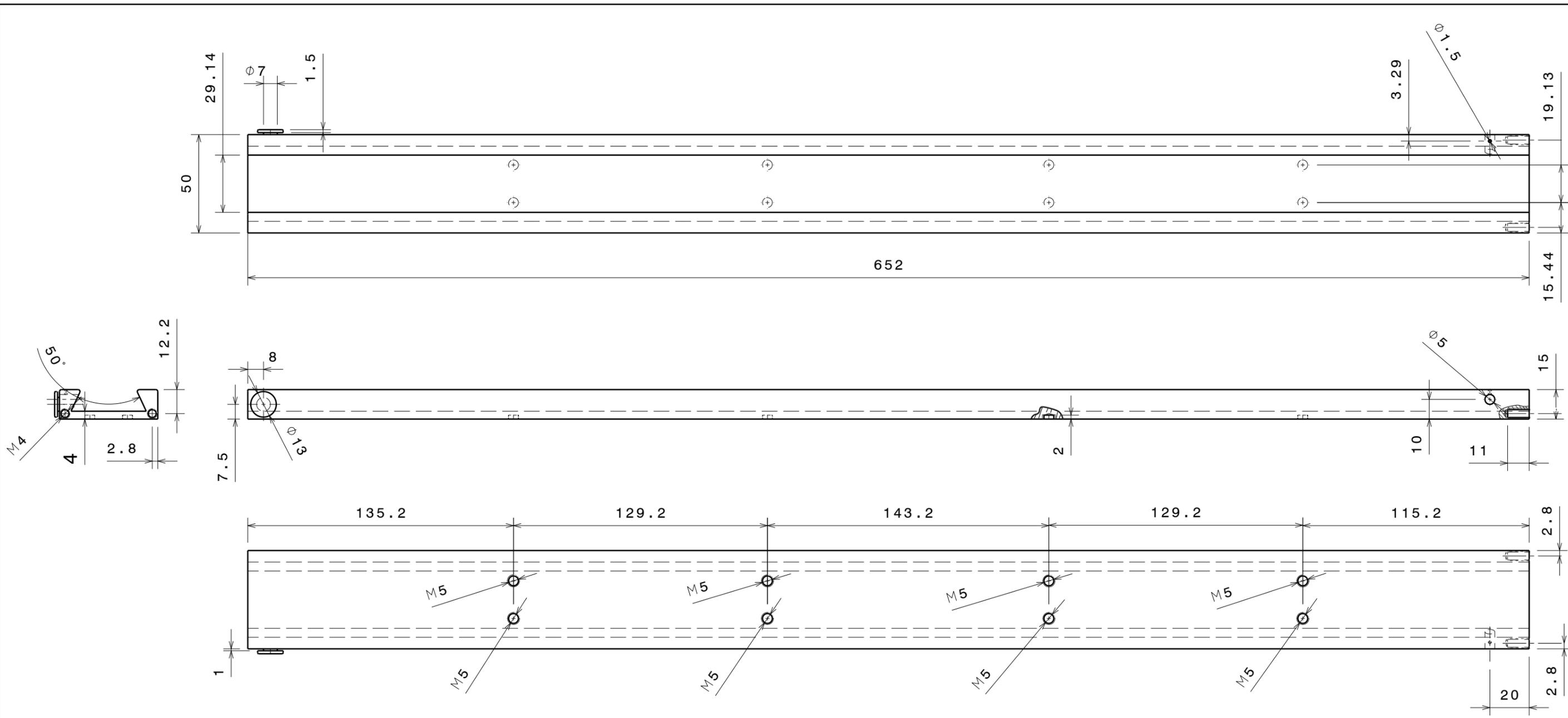
ESCALA: <b>1:5</b>	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO:
-----------------------	---	---	-----------



Corte A-A

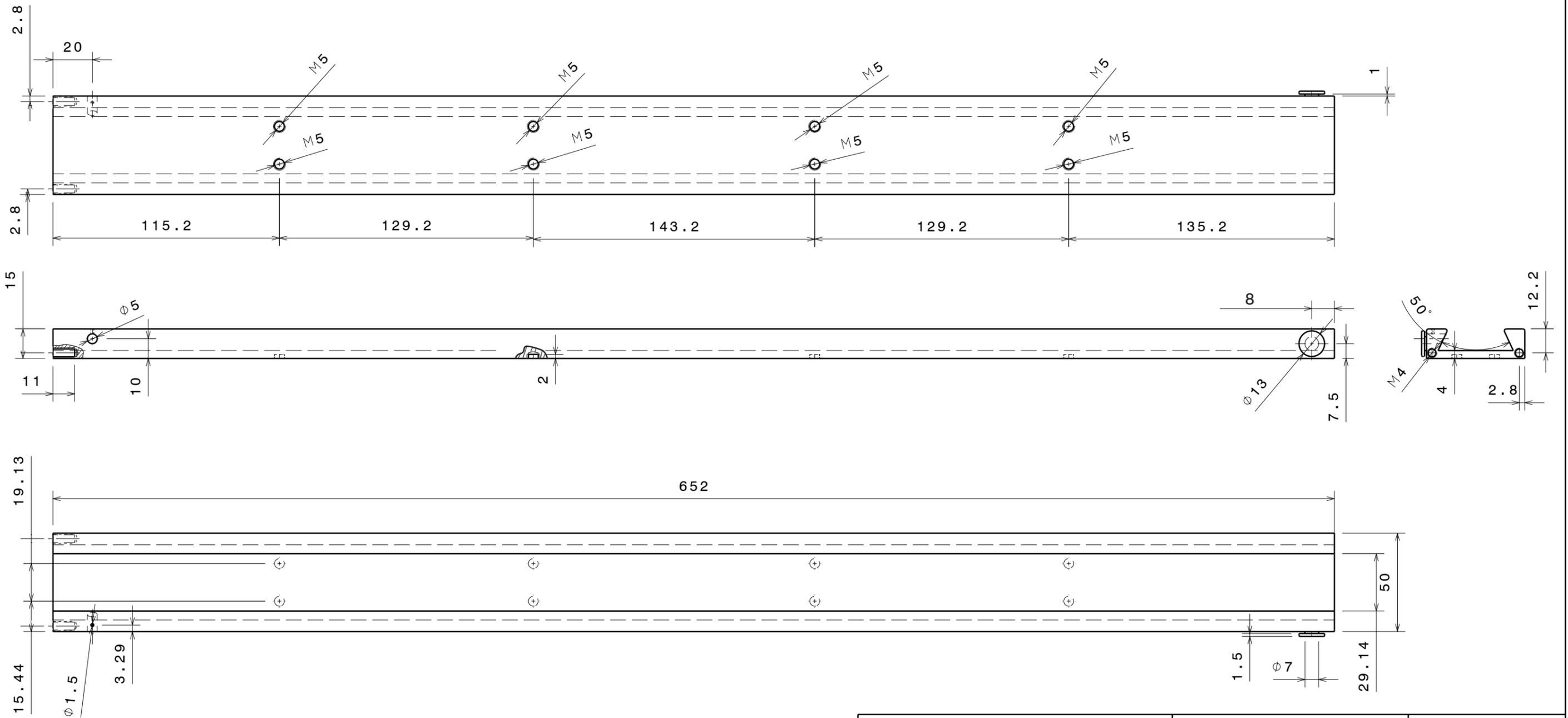
RADIOS DE REDONDEO DE 3 MM

TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO: ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL:	MATERIAL: Madera plástica
	PLANO: Tablero de la mesa de apoyo	AUTOR Y FIRMA: Beatriz Isabel López García <i>Bebe</i>	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA: 1:2	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO: 1



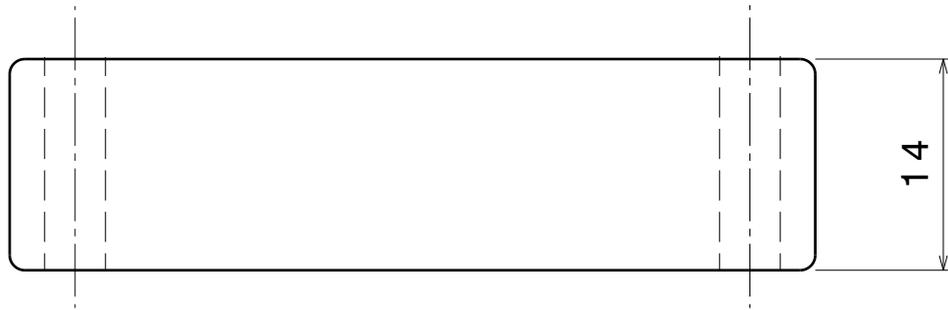
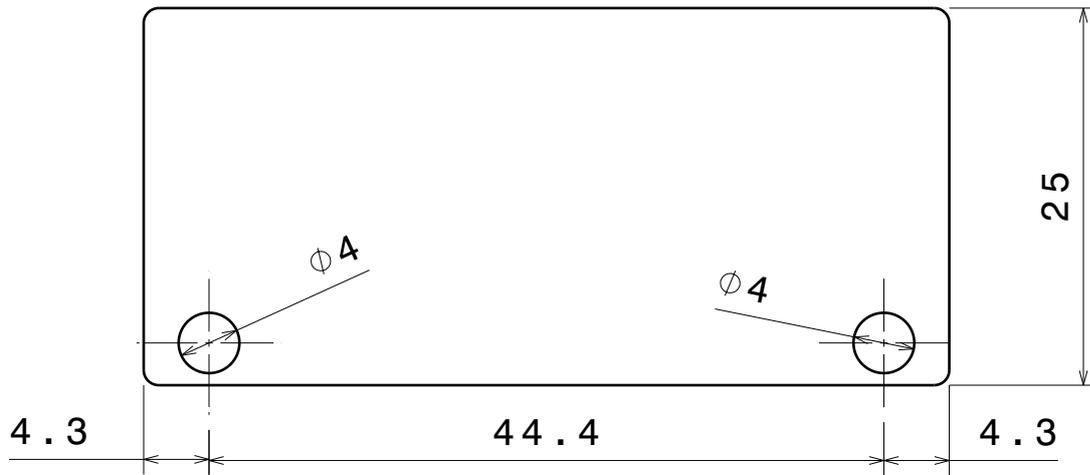
RADIOS DE REDONDEO DE 1 MM

TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO: ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL: N 10	MATERIAL: Fundición gris EN-GJL-250
	PLANO: Guía izquierda	AUTOR Y FIRMA: Beatriz Isabel López García <i>Beatriz</i>	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA: 1:2	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO: 2



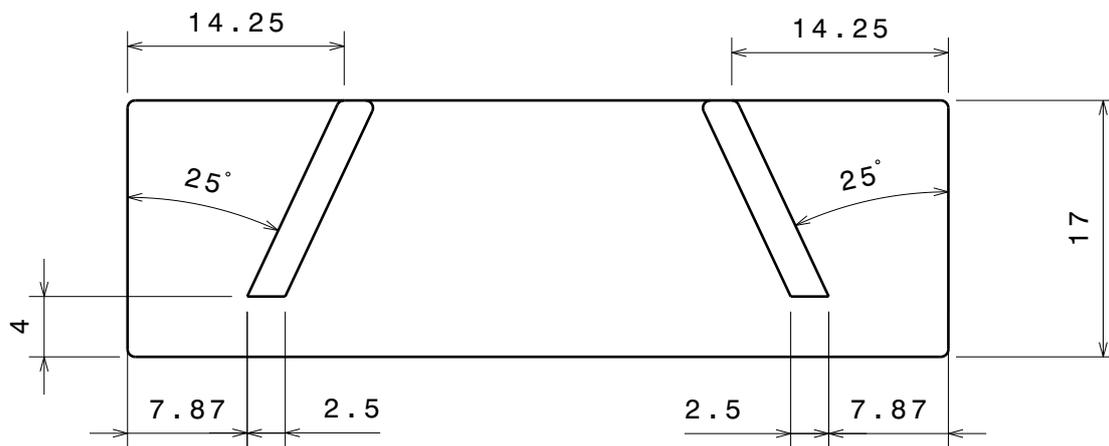
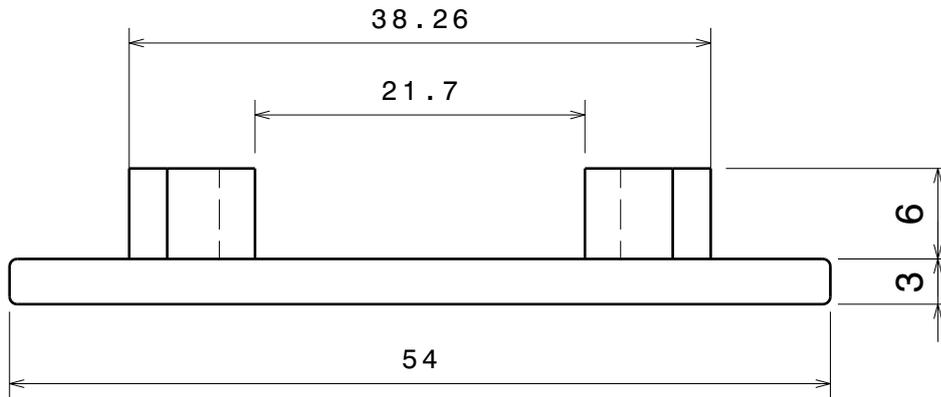
RADIOS DE REDONDEO DE 1 MM

TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO: ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL: N 10	MATERIAL: Fundición gris EN-GJL-250
	PLANO: Guía derecha	AUTOR Y FIRMA: Beatriz Isabel López García	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA: 1:2	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO: 3



RADIOS DE REDONDEO DE 1 MM

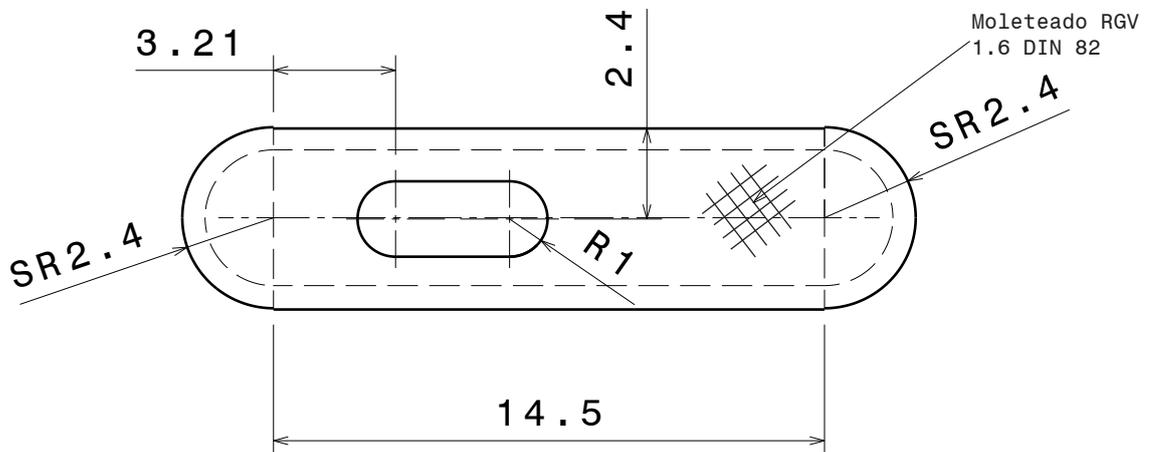
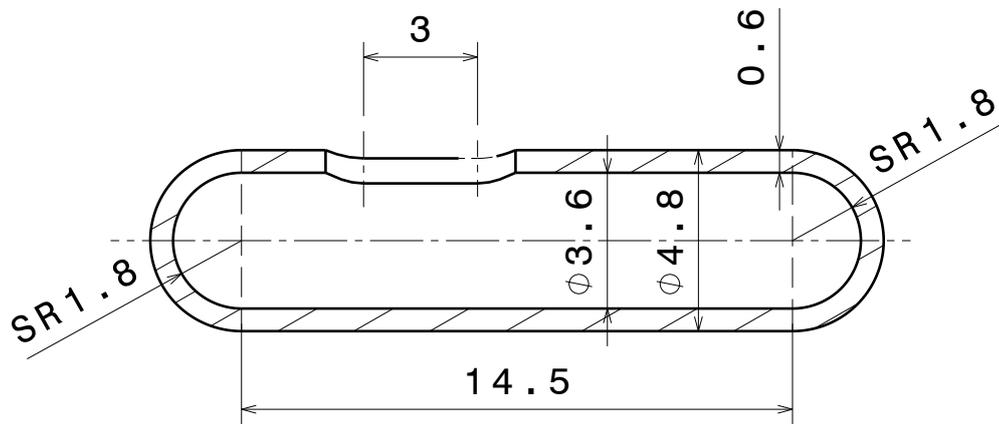
TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO: ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL: 	MATERIAL: Fundición gris EN-GJL-250
	PLANO: Topes final guías	AUTORY FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA: <b>2:1</b>	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO: <b>4</b>



RADIOS DE REDONDEO DE 0,5 MM

TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO:  ISO 2768-mk		CALIDAD SUPERFICIAL:	MATERIAL:  PVC
	PLANO: Topes delanteros guías	AUTORY FIRMA: Beatriz Isabel López García 	FECHA: JULIO 2021
	PROYECTO: Plataforma intermedia		
ESCALA:  2:1	PROMOTOR:  UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO	Nº PLANO:  5





TOLERANCIAS GENERALES PARA LAS DIMENSIONES  
SIN ESPECIFICAR EN EL DIBUJO:

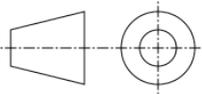
ISO 2768-mk

CALIDAD SUPERFICIAL:



MATERIAL:

Acero



PLANO: Pistón de sujeción del asiento

PROYECTO: Plataforma intermedia

AUTORY FIRMA:

Beatriz Isabel  
López García

FECHA:

JULIO 2021

ESCALA:

5:1

PROMOTOR:

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID  
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO DE FIN DE GRADO  
EN INGENIERÍA EN DISEÑO  
INDUSTRIAL Y DESARROLLO  
DE PRODUCTO

Nº PLANO:

7