

Diseño, desarrollo y prototipado de un mecanismo de tres grados de libertad para la construcción de una mesa abatible y desmontable en una silla de ruedas para personas con parálisis cerebral

Mario Martín Martín
Valladolid, marzo 2024

Tutelado por: Alberto Mansilla Gallo
Departamento: CMeIM, área de Ingeniería Mecánica



Índice

Índice.....	2
1. Resumen.....	5
2. Introducción del proyecto	7
2.1. Justificación	8
2.2. Objetivos.....	9
2.3. Consideraciones generales	9
2.3.1. Consideraciones ergonómicas.....	9
2.3.2. Consideraciones estéticas.....	11
2.3.3. Consideraciones sobre sostenibilidad	11
3. Estado del arte.....	12
3.1. Análisis de las sillas de ruedas.....	12
3.2. Análisis de mesas	17
3.3. Productos auxiliares	23
3.4. Mecanismos de elevación	25
3.5. Mecanismos de inclinación.....	27
4. Diseño, desarrollo y prototipado.....	29
4.1. Requisitos de diseño.	29
4.2. Diseño conceptual.....	31

4.3.	Prototipo funcional.....	39
4.4.	Optimización de diseño.....	46
5.	Evaluación de la viabilidad de las propuestas.....	52
5.1.	Planos técnicos.....	52
5.2.	Flujogramas de trabajo.....	52
5.3.	Gama de fabricación	56
5.4.	ANFEC	58
5.5.	Gama de control.....	59
5.6.	Análisis económico	62
5.6.1.	Coste de fabricación.....	63
5.6.2.	Presupuesto industrial	68
5.6.3.	Precio venta al publico.....	70
6.	Conclusiones.....	72
7.	Anexo.....	78
	Anexo 1 – Entrevista Belén directora del centro ASPACE Valladolid	78
	Anexo 2 – Tablas antropométricas INSHT	81
	Anexo 3 – Tablas antropométricas Estrucplan.....	84
	Anexo 4 – Bocetos mecanismos de corredera.....	85
	Anexo 5 – Planos V2.....	86
	Anexo 6 – Criterios ANFEC	104

8.	Bibliografía	106
9.	Bibliografía grafica	108

1. Resumen

El diseño y prototipado de una mesa para silla de ruedas se llevará a cabo con el objetivo de cubrir necesidades concretas de personas con parálisis cerebral, identificadas a través de los trabajadores de ASPACE (Asociaciones de Atención a las Personas con Parálisis Cerebral) Valladolid.

Entre las principales características requeridas destacan que sea regulable en inclinación y altura, así como que sea adaptable a todas las sillas de ruedas del mercado.

Un aspecto fundamental del proyecto es el uso de la impresión 3D, más concretamente la FDM para plásticos. Esta opción se eligió por su capacidad para satisfacer las necesidades de producción de las piezas y por su contribución a una fabricación sostenible, al permitir el uso de plástico reciclado.

El trabajo se desarrollará en 3 grandes bloques. En un principio se analizará el estado del arte de las sillas de ruedas, productos auxiliares y distintos mecanismos potencialmente adaptables a la solución requerida. Por su parte, en el segundo bloque se abordarán las fases de diseño, desarrollo y prototipado de la solución. Finalmente, se evaluará la viabilidad técnica del proyecto, como la generación de documentos técnicos correspondientes.

Palabras clave

Diseño y prototipado, Mesa para silla de ruedas, Parálisis cerebral, Impresión 3D

Abstract

The design and prototyping of a wheelchair table will be carried out with the aim of meeting the specific needs of people with cerebral palsy, identified through the workers of ASPACE (Associations for the Care of People with Cerebral Palsy) in Valladolid.

Among the main required features, it should be adjustable in both tilt and height, as well as adaptable to all wheelchairs on the market.

A key aspect of the project is the use of 3D printing, specifically FDM for plastics. This option was chosen for its ability to meet the production needs of the components and its contribution to sustainable manufacturing by allowing the use of recycled plastic.

The work will be developed in three main stages. Initially, the state of the art of wheelchairs, auxiliary products, and various mechanisms potentially adaptable to the required solution will be analyzed. In the second stage, the design, development, and prototyping phases of the solution will be addressed. Finally, the technical feasibility of the project will be evaluated, along with the generation of the corresponding technical documents.

Key Words

Design and prototyping, Wheelchair table, Cerebral palsy, 3D printing

2. Introducción del proyecto

El trabajo pertenece al ámbito médico-sanitario, más concretamente a la rama de ayudas técnicas. Por lo tanto, se centrará en el estudio de productos sanitarios que brindan unas ayudas técnicas a aquellas personas, que de nacimiento o por un accidente, se ven obligados a depender de ellas. El objetivo principal se centrará en mejorar la vida de estos usuarios mediante la creación de una mesa de trabajo ergonómica y regulable, capaz de ofrecer distintas posiciones de trabajo en función de la necesidad.

La memoria expondrá las distintas fases del proyecto para comprender las conclusiones del diseño.

Primero se expondrá la justificación del proyecto, los objetivos generales del mismo y de la situación de las personas con parálisis cerebral, para dar un contexto sólido sobre el que se trabaja.

A continuación, se analizarán los diferentes requisitos que deberá cumplir la mesa a diseñar, mediante el estudio de productos existentes en el mercado, como sillas de ruedas, accesorios auxiliares, otras mesas y diversos mecanismos. Evaluando el contexto y los requerimientos del producto, se iniciaría una fase de diseño en la que se propondrán y descartarán ideas para refinarlo. Una vez escogida propuesta, se ira depurando el producto mediante la fabricación y prueba de prototipos a distintas escalas, con el objetivo final de proporcionar un prototipo a escala funcional a la fundación de ASPACE.

2.1. Justificación

La idea surge de una necesidad existente en el centro de ASPACE de Valladolid. Es necesario un nuevo dispositivo para las sillas de ruedas que debe poder modificar su altura e inclinación. Estos requisitos se deben a la falta de movilidad de algunos pacientes, que para acciones como comer, escribir, o leer de forma independiente, necesitan planos de apoyo. Actualmente, el mobiliario disponible en el mercado presenta limitaciones importantes, ya que las mesas no suelen estar adaptadas a las necesidades de un usuario de silla de ruedas, y si lo están, son de un coste muy elevado. Esto genera dificultades, tanto en el ámbito doméstico como en entornos educativos y terapéuticos, donde lo fundamental es contar con superficies de trabajo ergonómicas y seguras.

2.2. Objetivos

El objetivo principal del proyecto es el de diseñar una mesa para silla de ruedas que por su versatilidad en su uso, gracias a su capacidad de poder variar la altura e inclinación.

Otros objetivos:

1. Que la mesa se pueda montar en todas las sillas de ruedas
2. Trabajar con una mentalidad de diseño sostenible, para ello el uso de las tecnologías de impresión 3D será fundamental.
3. Elaborar la documentación técnica suficiente para validar la viabilidad de la propuesta.

2.3. Consideraciones generales

2.3.1. Consideraciones ergonómicas

Se buscará dar las dimensiones que hay que tener en cuenta para el desarrollo de una mesa funcional y fácil de usar. Aunque el producto es una ayuda técnica de uso general, hay que considerar que para usos como el de los pacientes de ASpace las tablas antropométricas no se ajustan adecuadamente, debido a que los discapacitados de parálisis cerebral presentan deformaciones en postura, extremidades y manos. Los datos antropométricos se han sacado de las tablas de (Carmona Benjumea, A. (2001)) y (Estrucplan, s.f.) adjuntas en el Anexo 2 y 3 respectivamente. Las 3 medidas a considerar a la hora de mirar las tablas antropométricas son las siguientes:

- **Altura de la mesa**, debe poder ajustarse a la altura de los hombros de los pacientes, por su baja movilidad de personas con parálisis cerebral, que deben tener el plato lo más cerca posible de la boca.

La información proviene de la entrevista realizada a la directora del centro de ASPACE que se haya resumida en el anexo primero.

Las tablas antropométricas dicen que el P50 de la altura de los hombros sentado está a 579 mm, por lo que la altura debería poder ser regulable en el tramo final alrededor de esa altura, para ajustarse al mayor número de personas, o personalizar la altura para los usuarios.

- **Espacio abdominal sentado**, es crucial tener en cuenta esta medida al diseñar la mesa, ya que representa el espacio mínimo necesario entre el respaldo de la silla y el borde de la mesa para permitir el acceso de una persona. Por ello, se utilizará el percentil 50 (P50), que corresponde a una medida de 238 mm.
- **Diámetro de agarre de la mano**, para dimensionar las zonas por las que se va a sujetar la mesa. A través de (Estrucplan, s.f.) podemos ver que el diámetro de agarre máximo de la mano es de 15cm; por lo tanto, las piezas no deberían de superar ese grosor para poder cogerse bien. No obstante, para un uso cómodo de la mesa se debería hacer a través de diámetros entre los 30 y 50 mm, como se recomienda en (Fundación Laboral de la Construcción, 2018).

2.3.2. Consideraciones estéticas

Cada vez más, todo diseño innovador que se desee introducir en el mercado no basta con que sea funcional, además, debe cumplir requisitos que den un mayor valor al producto como lo es apariencia, sencillez compositiva y atracción visual, entre otros.

Es importante resaltar que los criterios que regirán de forma prioritaria el producto seguirán siendo los funcionales, la razón principal es que es un producto dedicado a personas que se ven obligado a usarlo. No obstante, cualquier persona que se viera obligada a usar un producto como este, esta preferiría usar un producto que le pareciese agradable a la vista y que tenga ganas de ponerse sobre el mismo.

2.3.3. Consideraciones sobre sostenibilidad

El principal motivo para adoptar esta metodología de pensamiento es el incipiente cambio en la industria. Promovido por las distintas organizaciones gubernamentales, mediante difusión de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). En nuestro caso los ODS relacionas al proyecto son los siguientes: el 3 (Salud y bienestar), el 10 (Reducción de las desigualdades) y el 12 (Producción y consumo responsables).

Para cumplir con estos objetivos se ha decidido el uso de tecnología de impresión 3D, más concretamente la FDM de plásticos. Esta tecnología no sólo tiene una alta compatibilidad de fabricación con el tipo de piezas que se planea producir, sino que se amolda muy bien al estilo de fabricación en taller que se pretende adoptar. Además, por el estilo de proceso facilita mucho el uso de material reciclado y el desperdicio de este.

Si a un diseño funcional y estético se le añade el valor añadido de la sostenibilidad, esto les dará una ventaja competitiva respecto a otros productos del mercado.

3. Estado del arte

Se desarrollará principalmente el estudio del mercado de la manera más completa posible, cuya razón principal es la de observar y encontrar tendencia o carencias presentes dentro del mismo. Los productos que se analizarán a continuación serán: sillas de ruedas, con el fin de analizar su estructura para encontrar un tipo de agarre común a todas ellas; mesas auxiliares para sillas de ruedas, porque son el producto más similar al que buscamos producir y nos dará una visión general del mercado; productos auxiliares, para conocer las necesidades de los usuarios con el fin de dotar de funcionalidades extras a la mesa y mecanismo de elevación e inclinación, porque son funciones necesarias para la mesa.

3.1. Análisis de las sillas de ruedas

Antes de analizar la estructura que las distintas sillas del mercado, se desarrolla como son sus características generales y los distintos tipos que hay.

Se buscará las partes comunes de las sillas de ruedas, con el fin de que en la fase de desarrollo se podrá plantear un diseño que sea adaptable al mayor número de ellas, con el fin de alcanzar una mayor universalidad en el diseño.

Tipos de sillas de ruedas.

Son dispositivos individuales de asistencia, diseñados para permitir el desplazamiento de personas que han perdido su capacidad locomotriz de forma permanente, total o parcialmente. Son un instrumento fundamental para proporcionar autonomía, independencia y calidad de vida de quienes tienen dificultades para moverse.

Las sillas han sido parte de nuestra historia desde la invención de la rueda, aunque las primeras sillas de ruedas eran muy diferentes a las actuales. Podemos considerar como antecesor común, y base para el diseño de todas las sillas de ruedas posteriores, el modelo desarrollado por Herbert Everest y Henry Jennings en la década de 1930. Esta silla marcó los patrones de diseño para las siguientes generaciones, con una estructura simple de tubos de acero, un par de ruedas grandes traseras y otro par de ruedas pequeñas delanteras. Esto está más desarrollado en (BLAKEMORE, 2023).

En rangos generales se pueden clasificar de la siguiente forma:

Manuales: Son las que la fuerza de propulsión principal en estas es la humana. Esto se puede conseguir de 2 formas, asistidas o autopropulsadas. El primer caso una persona es la que empuja desde la parte de atrás, y en el segundo es la propia persona la que da movimiento a las ruedas mediante sus manos.

Eléctricas: Son las que la fuerza de propulsión principal es un motor eléctrico. Por lo general suelen ser mucho más pesadas y caras que las anteriores, pero son idóneas para aquellas personas que les sea imposible la autopropulsión.

Los manuales se pueden a su vez separar en 2 tipos en función del tipo de chasis:

Fijas o rígidas: Son aquellas que tienen una estructura sólida. Son difíciles de transportar y ocupan mucho espacio si no están siendo utilizadas.

Plegables: Son aquellas que tienen un sistema para reducir su tamaño significativamente. Suelen ser fáciles de transportar, pero en contra son menos rígidas, pesadas y el impulso es menor debido a las articulaciones.

Estructura de las sillas de ruedas

Como mencione anteriormente, la estructura básica de tubos de acero de la gran mayoría las sillas de ruedas se basan en el diseño de Everest y Jennings. Ahora bien, las sillas y las necesidades que cubren han ido evolucionando con los años dando pasado a variaciones en la forma de esta estructura. Es por ello por lo que aquí se mostrara un conjunto de 7 sillas, véase figuras 1,3,5,7,9,11,13, para analizar en conjunto con un diagrama de su estructura simplificada, véase figuras 2,4,6,8,10,12,14.

Silla de ruedas Breezy 90



Figura 1- Breezy 90

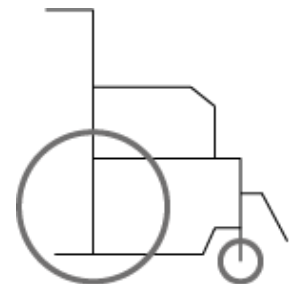


Figura 2 – Perfil Breezy 90

Silla de ruedas Breezy Style 12



Figura 3 - Breezy Style 12

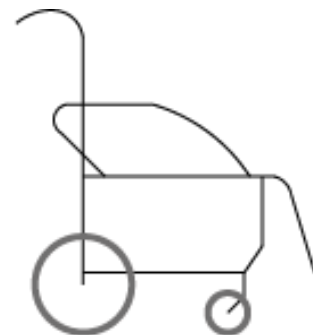


Figura 4 - Perfil Breezy Style 12

Silla De Ruedas Eléctrica Mobiclinic Troya



Figura 5 - Mobiclinic Troya



Figura 6 - Perfil Mobiclinic Troya

Silla de ruedas Alu lite



Figura 7 - Alu lite

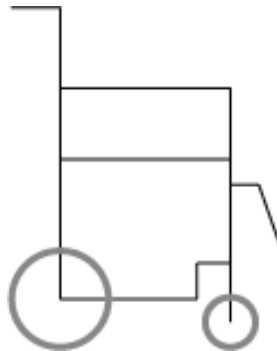


Figura 8 - Perfil Alu Lite

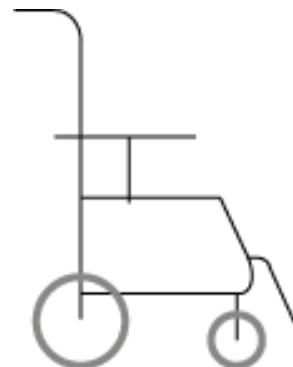
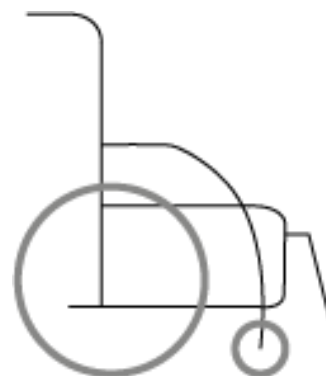
Silla de ruedas Eléctrica SITGO CARBON



Figura 9 - Sitgo Carbon



Figura 10 - Perfil Sitgo Carbon

Silla de ruedas Line300*Figura 11 - Line 300**Figura 12 - Perfil line 300***SILLA RUEDAS KARMA S-ERGO 125***Figura 13 - Karma S-Ergo 125**Figura 14 - Perfil Karma S-Ergo 125*

Como se puede observar en la figura 15, todas las sillas presentan tres barras comunes: las del respaldo, las de los reposabrazos y las del asiento. Que estos tres pares de barras sean comunes a todas las sillas de ruedas tiene sentido, ya que responden a criterios ergonómicos esenciales para su uso.

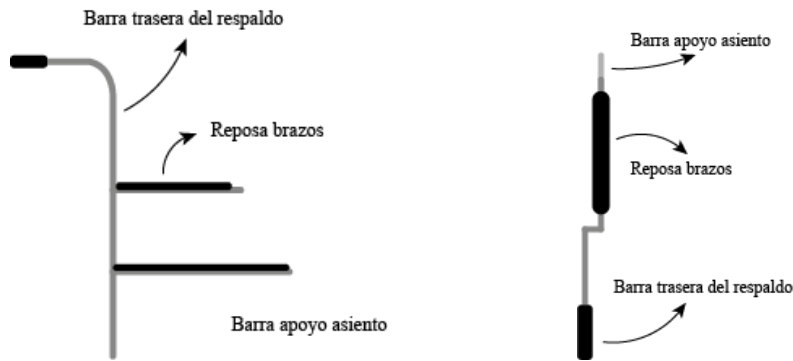


Figura 15 - Croquis apoyos comunes

Ahora bien, para el producto no son válidas los 3 pares de barras. Las barras que hacen de respaldo serían un mal punto de apoyo para la mesa, debido a que se encuentran detrás del usuario e implicaría hacer un mecanismo muy complejo en el desplegado o una estructura de compleja que crearía una especie de jaula para el usuario. Las barras de los asientos tienen el problema de que enganchar cosas a esas barras pueden provocar colisiones con las ruedas traseras de las sillas de ruedas. Por lo tanto, las barras de los reposabrazos es la mejor opción para instalar la mesa, principalmente por la falta de posibles colisiones que puede presentar.

3.2. Análisis de mesas

Una mesa para silla de ruedas es un dispositivo diseñado para proporcionar una superficie accesible y elevada, que permite a las personas usuarias de silla de ruedas realizar diversas actividades mientras permanecen sentadas. Estas mesas están especialmente concebidas para ofrecer funcionalidad y comodidad a los usuarios de sillas de ruedas, cumpliendo con requisitos técnicos y normativas de accesibilidad. Entre las características más comunes de este tipo de mesas se incluyen: altura ajustable, superficie amplia y estable, materiales duraderos y fáciles de limpiar, y bordes diseñados para evitar la caída de objetos.


Clasificación:


Mesas auxiliares: Suelen ser mesas con una estructura sencilla y plegables y tener un vuelo muy alto para permitir que la silla entre de forma cómoda

Mesas integrables: Son aquellas que mediante distintos sistemas mecánicos de fijación se unen a la estructura de la silla.

El siguiente análisis se centrará en el segundo tipo.

Se hará una comparativa de las distintas mesas del mercado, figuras 16 - 25, dando una descripción de ellas y de los posibles problemas que presentan. Por último, se hará una comparativa mediante una matriz para identificar las características más comunes.

Mesa-bandeja auxiliar de trabajo Mobiclinic Multifunción 61€	
Es una mesa auxiliar extremadamente simple. Su sistema de sujeción son dos correas que se agarran a los reposabrazos de cualquier silla. Este sistema de montaje es simple. El material es un aglomerado que la hace más pesada (2,4kg) y difícil de limpiar que otras mesas, pero le aporta calidad y un tacto más agradable. Cuenta con un diseño sencillo y una superficie de 60 x 51cm (3060cm ²). No se puede regular la altura.	 <p><i>Figura 16 – Mesa Mobilitic Multifunción</i></p>

Mesa De Madera Para Silla De Ruedas JFJL 50€	
 <p><i>Figura 17 - Mesa JFJL</i></p>	Es una mesa auxiliar simple, pero con un sistema de agarre mecánico más complejo. El sistema de agarre son 2 abrazaderas que une la estructura de la silla a la de la mesa. Está hecha de un material compuesto para facilitar la limpieza, aunque la empresa ofrece distintas tablas para montar. La mesa cuenta con un resalto en el borde para evitar que se caigan cosas. Cuenta con una superficie de 30 x 57 cm (1710cm ²)

Mesa Silla de Ruedas Sku JL505 30€

Es como la mesa anterior solo que solo cambia el material de la mesa, que es un plástico de alta resistencia, y el diseño de algunas geometrías. En su versión más básica cuenta con 2 posavasos, pero en otras tiene también cavidades para cubiertos y otros utensilios, el reborde exterior es más ancho que en otras. El sistema de fijación es mediante abrazaderas a la estructura de la silla. Cuenta con una superficie de 33 x 55 cm (1815cm²).



Figura 18 - Mesa Sku JL505

Mesa plástico TEYDER 89€

Figura 19 - Mesa Teyder

Esta mesa es más pequeña que las anteriores, con una superficie de 25 x 30 cm (750cm²), es de plástico y cuenta con un resalto en los bordes. Esta mesa añade un posavasos en la estructura. Soporta 5kg de carga. El sistema de agarre de esta mesa es una abrazadera que aprieta con tornillos en vez de forma manual. Está hecha de aluminio y plástico lo que la hace ligera.

Mesa plexiglás B15

Es una mesa de plástico transparente con poca adherencia lo que facilita su limpieza. Es abatible hacia un lado. El sistema de abatimiento esta unido a la silla de forma permanente a uno de sus reposabrazos. Tiene una superficie aproximada de 60 x 60cm (3600cm²). Tope al final para evitar que se caigan objetos



Figura 20 - Mesa Plexiglás B15

Mesa transparente universal - Ayudas dinámicas 98€*Figura 21 - Mesa Ayudas Dinámicas*


Mesa de plástico transparente sencilla. Hay distintos modelos en donde el ancho de la mesa varia para ajustarse a la silla. Solo vale para sillas con reposabrazos planos y largos por su sistema de agarre por mordazas. Es fácil de limpiar. Tiene un tope al final que evita que caigan objetos

Mesa extraíble para Rea Clematis Pro-140€

Es una mesa de plástico transparente similar a la B15. El sistema de sujeción tiene un problema y es que es específico para una silla en concreto. El sistema va montado sobre una barra de la estructura y luego se apoya en los reposabrazos para mayor estabilidad. La geometría tiene un reborde para evitar que se caigan los objetos y en los extremos cuenta con superficies acolchadas para apoyar los brazos. Tiene una superficie aproximada de 50 x 60cm (3000cm²)

*Figura 22 - Mesa Rea Clematis Pro***ROLTIN Bandeja para Regazo para Silla de Ruedas***Figura 23 - Mesa Generic*

Esta mesa cuenta con un mecanismo complejo que permite ser apartada cuando no se usa, además de permitir modificar su inclinación. El sistema de sujeción son 2 abrazaderas a la estructura de la silla, pero al estar apoyada en un único punto de apoyo no la hace muy rígida. Cuenta con una superficie de 45 x 20cm (900cm²)

Sammons Preston - Bandeja para silla de ruedas	
<p>Mesa sencilla imitando las sillas de formación. Esta acolchada en la parte superior y cuenta con un posavasos para la bebida. Cuenta con un par rotativo que permite abatir la mesa. El sistema de sujeción de la mesa son 2 planchas de metal que con ayuda de unas mordazas aprisionan el reposabrazos. Tiene una superficie de 24 x 19cm (456cm²)</p>	 <p><i>Figura 24 - Mesa Sammons Preston</i></p>

Patterson Medical – Bandeja para parte izquierda	
 <p><i>Figura 25 - Mesa Patterson Medical</i></p>	<p>Esta silla es muy parecida a la anterior solo que cambia el fin para el que está pensada, mientras que la anterior está pensada para escuchar y tomar algún apunte, esta está más pensada para trabajar es por eso por lo que la superficie pasa a ser rígida y pone un reborde para que no se caigan bolígrafos. El sistema de fijación es el mismo que la anterior. Tiene una superficie de 24 x 19cm (456cm²)</p>

Matriz de análisis

Tras realizar un análisis preliminar individual de cada una de las mesas, elaboramos una matriz con una lista de características a comparar, con el fin de identificar tendencias y carencias en el mercado de sillas de ruedas. Véase tabla 1.

Tabla 1 – tabla análisis de mesas

Mesas Características	Mesa Mobielmic	Mesa JFJL	Mesa Sku JL	Mesa Teyder	Mesa Plexiglas B15	Mesa Ayudads dinámicas	Mesa Rea Clematis	Mesa Sammons Preston	Mesa Paterson Medical	Representación del porcentaje	%
<50€		X	X						X	xxx	33
50€ > X > 100€	X			X	X	X		X		xxxxx	55
100€ >							X			x	11
<1000cm²				X				X	X	xxx	33
1000cm² > X > 3000cm²		X	X							xx	22
3000cm² >	X				X	X	X			xxxx	44
Madera	X	X								xx	22
Plastico		X	X	X	X	X	X	X	X	xxxxxxx	77
Acolchado								X		x	11
Transparente					X	X	X			xxx	33
Fija					X			X	X	xxx	33
Desmontable	X	X	X	X		X	X			xxxxxx	66
Abatible				X	X			X	X	xxxx	44
Regulable											0
Superficie sencilla	X	X	X	X	X	X	X			xxxxxxx	77
Superficie con alojamientos			X					X	X	xxx	33
Rebordes			X	X	X	X	X		X	xxxxxxx	77
Varios modelos		X	X							xx	22
Sujección estructura		X	X	X	X		X	X	X	xxxxxxx	77
Sujección reposabrazos	X					X	X			xxx	33

Como observamos en la tabla 1 las tendencias en el mercado salen representadas por un 66% o 77%.

- Se sujeta a la estructura
- Cuenta con rebordes
- Es desmontable
- Son de plástico
- Precio máximo de 100€

También observamos que la característica de que se pueda regular la mesa no está presente en ninguna de ellas.

3.3. Productos auxiliares

El objetivo será observar los distintos complementos que se venden actualmente para los usuarios con parálisis cerebral, para poder agregar un valor añadido al producto en las fases finales de su diseño.

Actualmente los complementos que existen para estos sistemas de movilidad personal se pueden clasificar en 3 grandes grupos: Almacenamiento, médicos y sujetadores.

Almacenamiento

En el mercado de las sillas de ruedas, la dificultad para transportar objetos es una problemática común, lo que ha dado lugar a una gran variedad de bolsas fácilmente acoplables que satisfacen esta necesidad según el uso específico. En las figuras 26,27 y 28 se pueden ver unas cuantas de distinto formato, la primera la más grande permitiendo llevar más cosas y siendo utilizada para un viaje largo y las otras dos de formato más pequeño pensadas más para el día a día, funcionando como bolsos.

Observamos también, como para otro producto que debe adaptarse a un gran número de sillas, la elección del reposabrazos, como elemento de unión, es bastante común.



Figura 26 - Almacenaje 1



Figura 27 - Almacenaje 2



Figura 28 - Almacenaje 3

Médicos

Estos complementos están diseñados para satisfacer las necesidades médicas y de salud del usuario, y pueden incluir desde soportes para sueros o máquinas de oxígeno, hasta acolchados adicionales o específicos según la situación del paciente. En las figuras 29 y 30 se pueden ver dos ejemplos.



Figura 29 - Accesorio acolchado



Figura 30 - Accesorio gotero

Sujetadores

Estos complementos están diseñados para sostener o apoyar objetos durante largos periodos de tiempo. Esta tarea puede resultar difícil si el usuario debe impulsarse manualmente o si no dispone de superficies de apoyo adecuadas a sus necesidades como usuario de estas sillas. Por lo general estos sujetadores suelen ser brazos articulados o mordazas que se montan en distintos sitios de la estructura. Véanse las figuras 31 y 32 como ejemplos.



Figura 31 - Sujeta paraguas



Figura 32 - Sujeta vasos

3.4. Mecanismos de elevación

El objetivo de este análisis de mercado es evaluar diferentes mecanismos de elevación, con el fin de contar con ejemplos funcionales utilizados por la industria durante el desarrollo de una idea. En este análisis, se explorarán diversas opciones de mecanismos empleados en distintos sectores. En lugar de restringir la búsqueda a un mercado específico, se considerarán todos los mecanismos de elevación disponibles que sean compatibles y coherentes con el propósito final del producto.

Mecanismo de tijera

El mecanismo de elevación de tijera, también conocido como elevador de tijera, consiste en un sistema de brazos entrelazados en forma de "X" que se despliegan y pliegan para elevar o descender una plataforma.

Este tipo utiliza la acción de los brazos articulados para proporcionar una elevación vertical estable y precisa. Si su fin es estar destinados a soportar grandes cargas, el mecanismo de accionamiento suele ser un sistema hidráulico, neumático o mecánico, como lo puede ser en mesas, como la figura 33, o en plataformas elevadoras, como la figura 34.



Figura 33 - Mesa Elevadora



Figura 34 - Elevadora de tijera

Sin embargo, si no es necesario soportar grandes cargas, el accionamiento puede realizarse de forma manual. En este caso, el límite de apertura está determinado por diversos tipos de bloqueos mecánicos, como el final del recorrido de la corredera o el tensado de cuerdas, tal como se muestra en las figuras 35, 36 y 37.



Figura 35 - Mesa plegable



Figura 36 - Mesa de jardín



Figura 37 - Silla de jardín

Mecanismo de muelle

Es un mecanismo sencillo, compuesto únicamente por dos barras y un muelle, lo que permite un rápido plegado. Sin embargo, presenta problemas de estabilidad, ya que se desplaza desde su punto inicial al desplegarse, lo que limita su capacidad para soportar peso. Además, el desplazamiento horizontal del mecanismo representa un inconveniente en nuestro caso, ya que podría hacer que la mesa quede demasiado lejos o demasiado cerca del usuario. El mecanismo al que me refiero se puede observar en las figuras 38 y 39.



Figura 38 Mecanismo elevación muelle 1



Figura 39 - Mecanismo elevación muelle 2

Mecanismo correderas

Este último mecanismo resulta interesante como solución de elevación debido a su simplicidad. Se basa en el uso de barras guiadas que se bloquean con topes para evitar que descendan por la fuerza de la gravedad. Este sistema se muestra aplicado en una mesa en la figura 40.



Figura 40 - Mecanismo elevación correderas

3.5. Mecanismos de inclinación.

Al igual que en el análisis de mercado anterior, el objetivo de este radica en ver distintas soluciones de mecanismos aplicados en distintos contextos, esto con el fin de desarrollar entorno a esto las soluciones viables para un producto final.

Trinquete lineal

Esto funciona gracias a un mecanismo de bloqueo lineal y dos articulaciones, como se ve en las figuras 41 y 42. Este sistema permite que en un extremo gire y se mantenga fijo gracias a la barra del punto medio, que queda bloqueada en distintas posiciones.



Figura 41 - Mecanismo atril 1



Figura 42 - Mecanismo atril 2

Apriete de la articulación

Este otro sistema sencillo se utiliza principalmente en atriles de pie, ya que no necesitan soportar un gran par, dado que solo se les colocan folios. El mecanismo se basa en apretar y aflojar la unión para modificar el ángulo. Este mecanismo se muestra en las figuras 43 y 44.



Figura 43 - Mecanismo atril 3



Figura 44 - Mecanismo atril 4

Ruedas dentadas

El sistema se basa en la implementación de engranajes con dientes de altura considerable, lo que permite controlar la inclinación mediante la rotación de uno de ellos. Ver figura 45

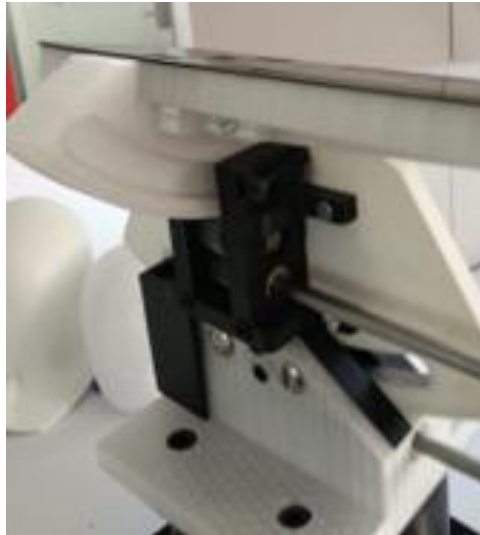


Figura 45 - Mecanismo dentado

4. Diseño, desarrollo y prototipado

Desde la concepción de la idea hasta sus versiones finales, el procedimiento de fabricación de los distintos prototipos desarrollados durante esta fase se detalla de manera más extensa en un apartado posterior.

4.1. Requisitos de diseño.

Primero se expondrá un listado de requerimientos básicos de producto, que agrupen las necesidades mínimas que debe cumplir. Estas necesidades, sacadas de la fase de análisis de mercado y de análisis de usuarios, realizado a través de la entrevista a Belén expuesta en el anexo 1.

Se agrupará en tres grupos principales: que sea funcional, que mejore la calidad de vida de los usuarios y que sea posible de fabricar. Véase tabla 2

En cuanto a los funcionales son aquellos derivados de especificaciones de producto concretas obtenidas en la fase de estudio del mercado. Requisitos funcionales extraídos de la entrevista desarrollada en el anexo 2 serían: que sea amplia, que pase por las puertas montada, que aguante un peso mínimo de 10kg, que se pueda regular a la altura de los hombros y que se pueda modificar su inclinación. Los otros requisitos funcionales se obtuvieron del análisis del mercado y son: que evite que se caigan los objetos (Rebordes) y que se monte sobre la estructura.

Los que se centran en mejorar la calidad de vida son más ambiguos y de menor importancia por ello, pero características deseables a buscar en el producto final. Que se pueda montar en casi cualquier silla de ruedas es uno de los objetivos básicos del proyecto y por tanto un requisito que debe estar aquí. El resto de los requisitos son los más comunes de mesas ya presentes en el mercado: que fácil de transportar, que sea desmontable, que tenga una vida útil larga y que no sea cara.

Los aspectos relacionados con la fabricación son clave para este proyecto. Uno de los objetivos principales del diseño es lograr una producción sostenible, motivo por el cual se ha optado por la tecnología de impresión 3D. Gracias a la colaboración con Orthomedical3D, se dispone de impresoras 3D para validar prototipos del producto y evaluar la viabilidad de las piezas. Además, para reforzar la sostenibilidad del diseño, se priorizará el uso de mecanismos simples con la menor cantidad de componentes posible, reduciendo así el consumo de recursos.

Tabla 2 - Coste elementos normalizados

Que sea funcional	Que evite que se puedan caer objetos
	Que sea amplia
	Que pase por las puertas montada
	Que pueda aguantar como minimo 10kg
	Que se monte sobre la estructura
	Que se le pueda regular a la altura de los hombros
	Que se pueda modificar la inclinación
Que mejore la calidad de vida de los usuarios	Que se pueda montar en el mayor numero de silla de ruedas
	Que sea fácil de transportar
	Que sea facil de montar
	Que tenga una vida útil larga
	Que no sea cara
Que sea posible de fabricar	Que se pueda fabricar con tecnología aditiva
	Que cumpla su funcionamiento el menor uso de recursos
	Que sus componentes y funcionamiento no sean complejos

4.2. Diseño conceptual

El primer aspecto a definir, antes de concretar la idea, es la ubicación de la mesa, de manera que sea adaptable al mayor número posible de sillas de ruedas. Este tema ya se abordó previamente en el apartado de análisis de sillas de ruedas. Como se explicó allí, la parte común de muchas sillas de ruedas que presenta menos dificultades es el reposabrazos. La solución que he encontrado consiste en preparar un montaje previo entre la estructura de la mesa y el reposabrazos de la silla, lo que permite acoplar y desacoplar fácilmente el resto del mecanismo, a la vez que proporciona gran rigidez al conjunto. Ver figura 46.

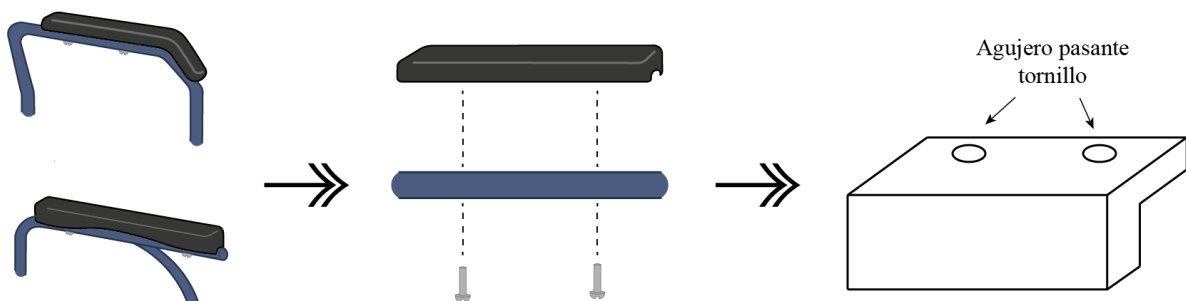


Figura 46 - Croquis unión silla

Idea 1

Esta idea se basa en un mecanismo de tijera para elevar la mesa. Las patas serían de acero tubular y, en los extremos, se montarían bulones retirables. Las ventajas de este diseño son su sencillez y estabilidad. Sin embargo, presenta algunos problemas, como la falta de un mecanismo para regular la inclinación, la imposibilidad de fabricar un prototipo para su prueba, y el limitado uso de impresión 3D. Ver figura 47.

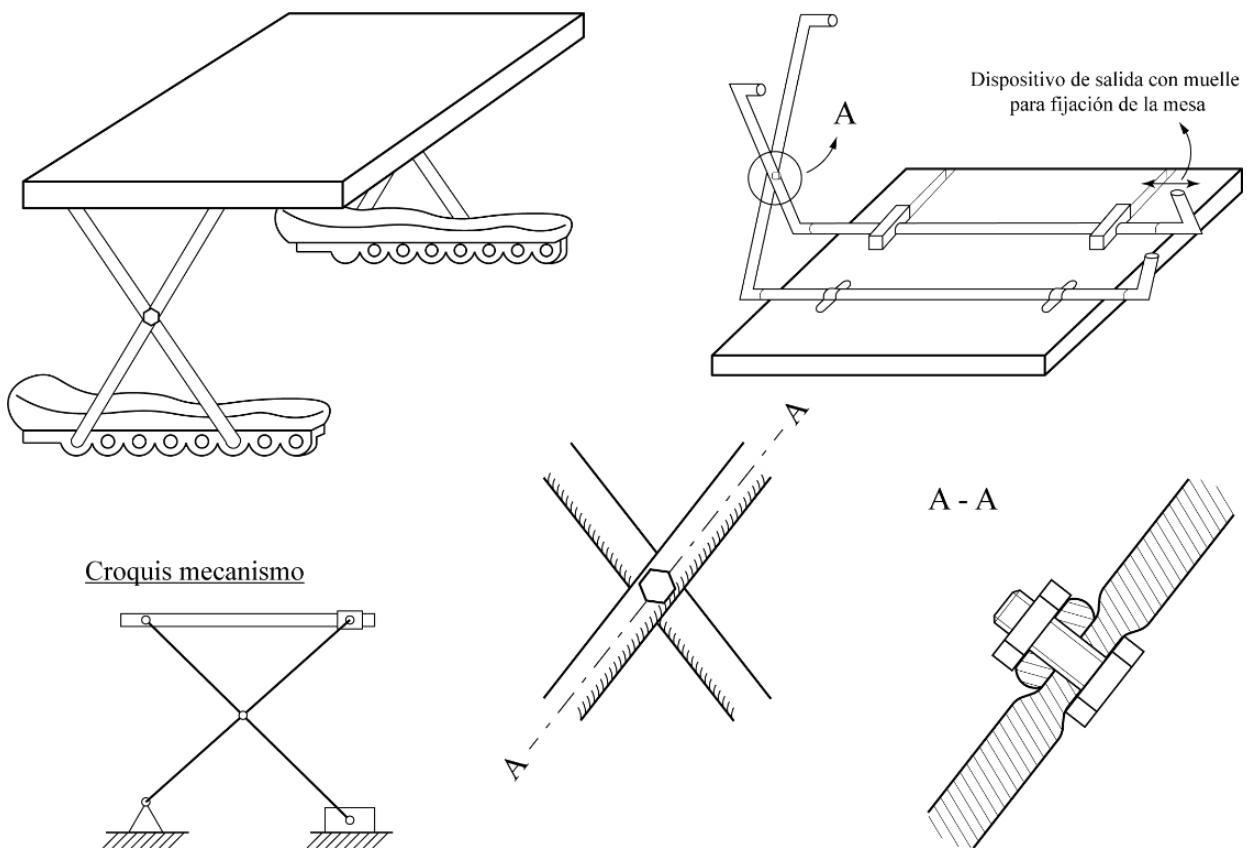


Figura 47 - Boceto idea 1

Idea 2

Este diseño se basa en un mecanismo similar al de las sillas plegables para elevar la mesa. La unión de las patas a la mesa incluiría un par R que permitiría modificar su inclinación. Este mecanismo es sencillo y, además, puede ser impreso en su totalidad en 3D. Sin embargo, presenta algunas desventajas, como el hecho de que, al plegarse, la mesa cambia su posición en el eje horizontal. Esto significa que, para una posición final adecuada, al plegarse podría chocar con el usuario o quedar demasiado lejos, lo que haría que la mesa dejara de ser útil. Ver figura 48.

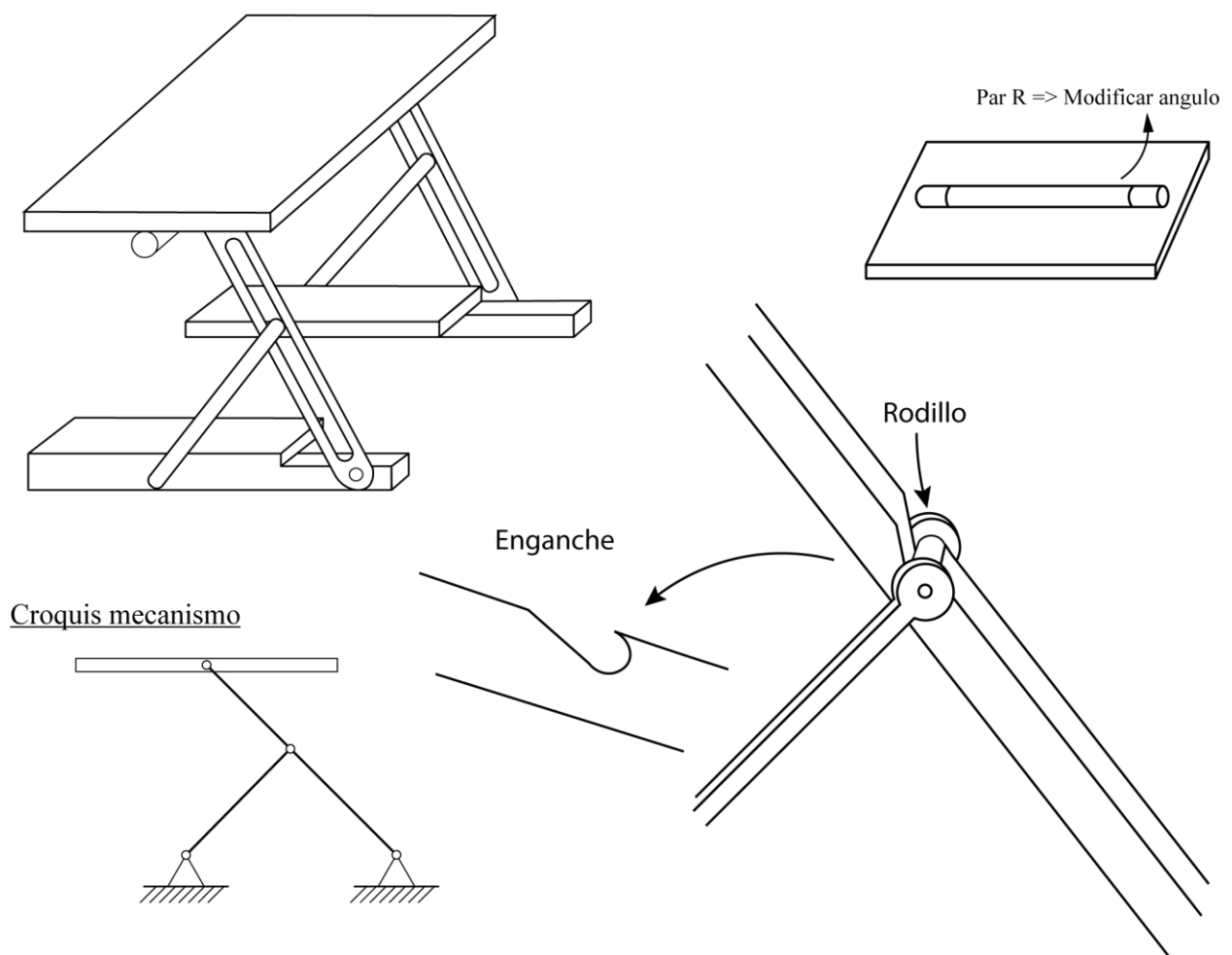


Figura 48 - Boceto idea 2

Idea 3

Esta tercera idea surge de la necesidad de cumplir con el requisito de situar la mesa a la altura de los hombros de la forma más directa posible, mediante la fijación de una estructura a las patas que la eleve hasta dicha altura. Trabajando sobre esta idea se hace la mesa regulable en inclinación y altura, la ventaja que tiene es la gran variedad de posiciones que ofrece y la desventaja es la gran cantidad de partes necesarias para cumplir la función, por lo tanto, aumento en costos de fabricación y más componentes que pueden fallar. Ver figura 49.

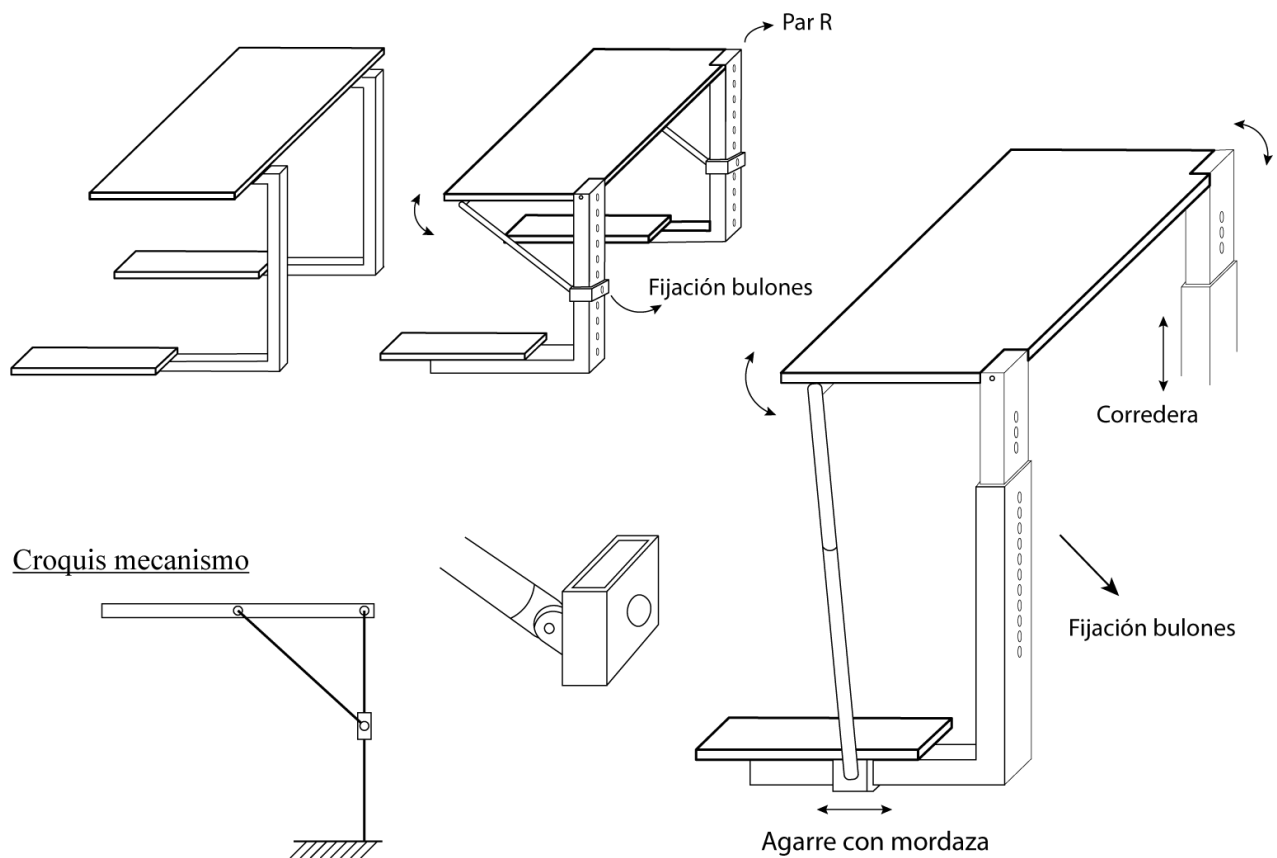


Figura 49 - Boceto idea 3

Una vez expuesta las distintas ideas de productos se eligió una y se descartaron las otras. principalmente por la falta de planteamiento para una fabricación completa mediante impresión 3D.

La primera idea en ser descartada fue la numero 3, principalmente debido a que en su versión más compleja necesitaba de muchas piezas para funcionar, además de la posible falta de estabilidad de las patas móviles. La segunda idea no solo fue rechazada por la propia cinemática del mecanismo, sino que también al estar la mesa sujeta por una única barra central, si se pone un peso desequilibrado puede oscilar y caer los objetos apoyados en ella.

La primera idea se presenta como la opción más válida, aunque aún es necesario resolver algunos problemas de diseño. El primero y más importante es desarrollar un nuevo sistema para fijar el mecanismo de corredera en distintos puntos. El segundo desafío es la falta de un sistema para modificar la inclinación de la mesa. Por último, es necesario replantear su fabricación utilizando tecnología aditiva.

En este nuevo diseño, la tabla de la mesa se monta sobre dos nuevas piezas que funcionan como guías para las correderas superiores, las cuales están huecas. Estas piezas permiten dejar espacio en el apoyo de la tabla para insertar barras transversales que aumenten la rigidez. Al contar con dimensiones estándar, la tabla podría fabricarse industrialmente, incluso permitiendo la producción de diferentes modelos para distintas funciones.

En cuanto a las patas, se ha optado por un diseño más orgánico, con dos modelos diferentes. Una de las patas se mantendrá fija en la corredera superior, y en su extremo tendrá un eje que se podrá fijar a la corredera. En el otro extremo de esta pata, se incluirá un posicionador con muelle, que permitirá bloquear la pata en diferentes posiciones. La otra pata, por su parte, contará con un eje en un extremo que encajará en un pseudo mosquetón de la corredera inferior. En el otro extremo, se instalará una corredera móvil con ruedas. Esta pata tendrá un mecanismo

con rueda dentada en el extremo, lo que permitirá alargarla y modificar la inclinación de la mesa.

Sin embargo, este diseño presenta una gran complejidad en su mecanismo, lo que lo hace poco deseable. Se deberá buscar una solución alternativa, especialmente centrada en mejorar el sistema de posicionamiento del mecanismo de tijera, además de explorar otras formas de modificar la inclinación de la mesa. Ver figura 50.

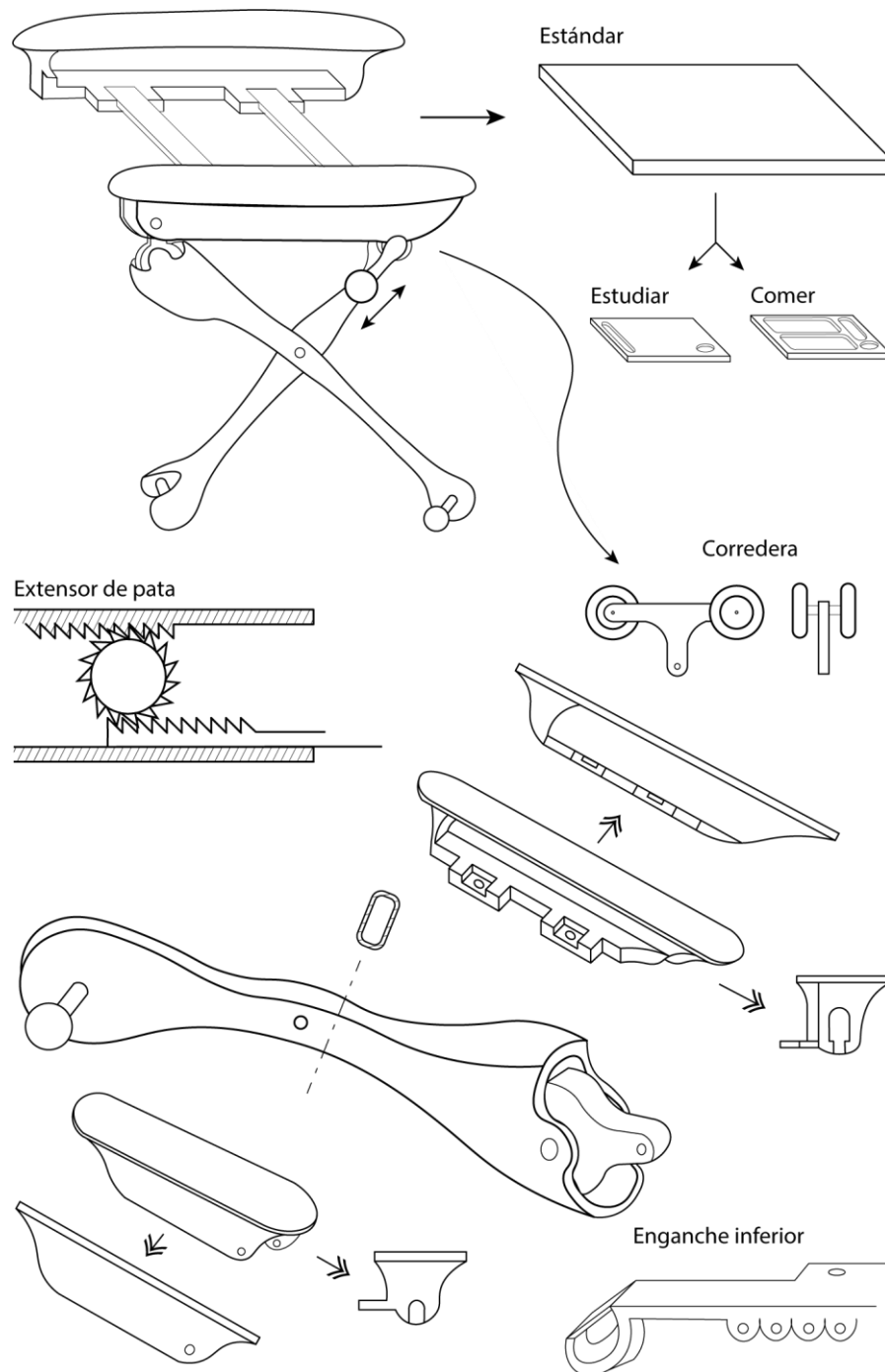


Figura 50 - Boceto desarrollo idea



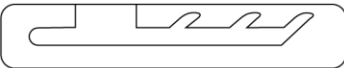

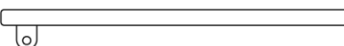

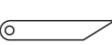


En la búsqueda de soluciones para el sistema de fijación de las correderas se estudiaron muchos mecánicos, todos los bocetos se pueden ver en el anexo 4, donde se resumirá detalladamente el estudio.

En los primeros diseños, el objetivo principal era evitar el uso de elementos normalizados y lograr una fabricación completamente mediante impresión 3D. En esta línea, la primera idea consistió en desplazar la corredera mediante el uso de ruedas dentadas. Sin embargo, esta idea fue descartada debido a lo tedioso y pesado que resultaría para el paciente cambiar la posición de la mesa. A continuación, se exploró la opción de dejar la corredera más libre, permitiendo que esta se expandiera para fijarse a las paredes. No obstante, los mecanismos resultaron ser demasiado complejos y la fijación no era lo suficientemente segura. La siguiente propuesta consistió en utilizar distintos trinquetes para fijar la corredera, pero también se descartó debido a que generaban zonas de alta tensión en piezas pequeñas. Finalmente, la solución adoptada fue regresar a un sistema previamente analizado en el estudio de mercado o en la idea conceptual 2, consistente en crear huecos donde la corredera pudiera alojarse al desplazarse, bloqueándose así en la posición deseada.

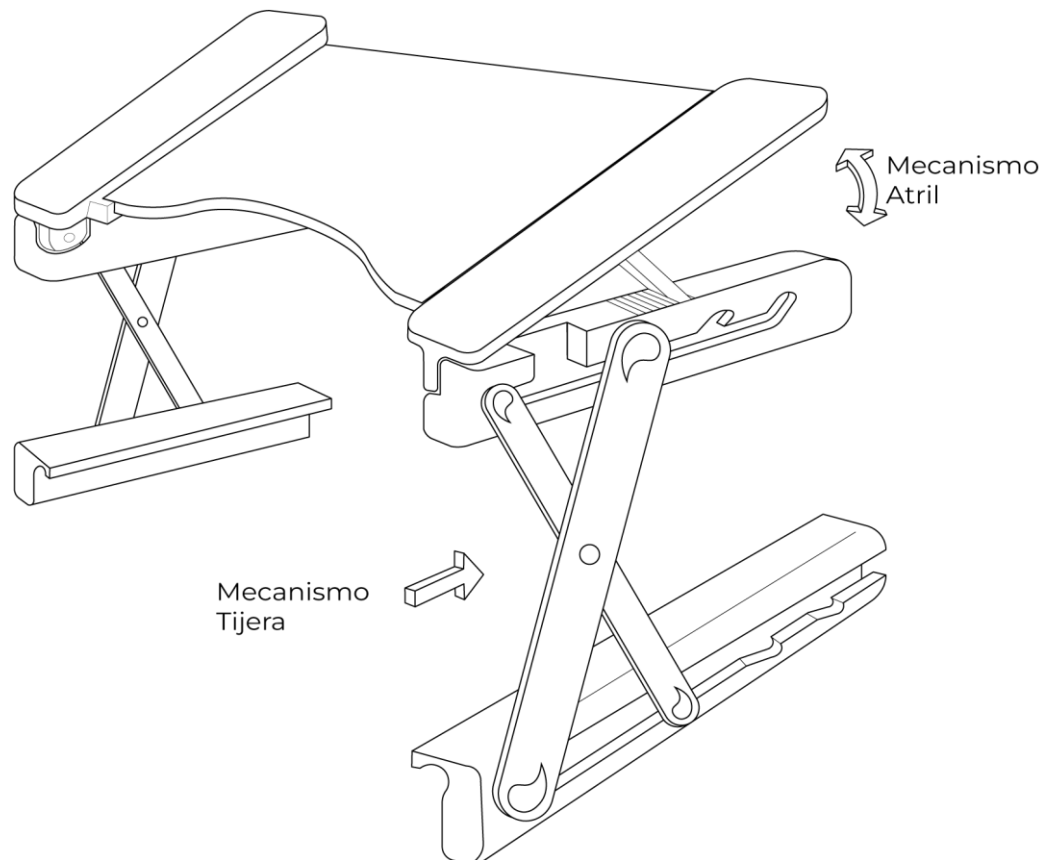
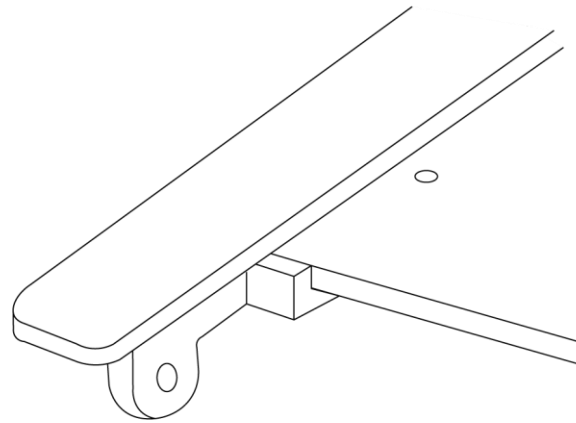
Para decidir con el sistema de inclinación fue más fácil. Esto debido a que al hacer bocetos previos de como tenían que ser las correderas daban mucho hueco para cualquiera. El mecanismo que se decidió usar fue el clásico que tienen los atriles de mesa mostrados en el análisis de mercado.

La idea se muestra en el croquis de la figura 51.

Lista de piezas fabricar

- X2 
- X2 
- X2 
- X2 
- X2 
- X8  X2 
- X4  X4 

Montaje tabla



Montaje de patas

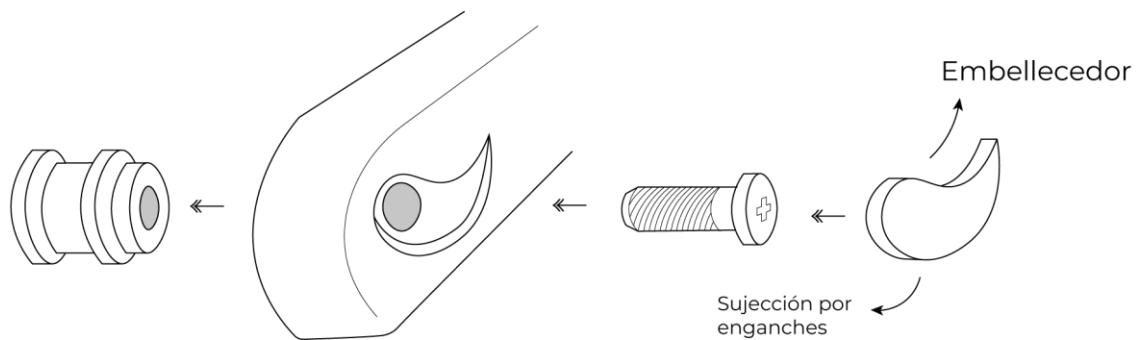


Figura 51 - Boceto prototipo

4.3. Prototipo funcional

Una vez decidido el diseño del producto a fabricar, se debe realizar algún tipo de prototipo funcional para verificar su funcionabilidad y viabilidad. Se decidió que antes de realizar un prototipo a escala 1:1 del producto, es recomendable la fabricación de uno a escala reducida para comprobar que todo funcionase correctamente.

Para la realización del modelo 3D se optó por el programa de modelado paramétrico de sólidos en 3D producido por la empresa de software autoDesk, por su uso extendido en la industria, además, de que su transformación de archivos a STL es bastante exacta ahorrando errores. El programa decidido para transformar los archivos STL en Gcode que pueda entender la impresora fue el programa Cura, por ser de código abierto y su facilidad en el uso.

El primer desafío al comenzar con el modelado fue definir algunos parámetros clave para asegurar un montaje correcto de la mesa en nuestra silla modelo. Como se mencionó previamente, la mesa se montará en la estructura de la silla, debajo de los reposabrazos. Por ello, es crucial conocer la rosca de los tornillos y la distancia entre ellos. Los tornillos tienen una rosca métrica 5 y están separados por una distancia de 83 mm. Otro parámetro importante es el diámetro del tubo de la estructura de la silla, ya que la pieza debe envolver correctamente el tubo para asegurar un buen ajuste y fijación. El diámetro del tubo es de 18 mm. Además, es esencial conocer la distancia entre los reposabrazos, ya que determinará la distancia entre las patas de la mesa; en este caso, es de 50 cm. Como se adelantó en las consideraciones ergonómicas, la altura promedio de los hombros de la persona sentada es un factor clave en el diseño. Esta medida, junto con la altura del reposabrazos de la silla (230 mm), nos permitirá calcular correctamente la longitud de las patas y las correderas.

Para el cálculo de la longitud de las patas se supuso que el mecanismo se debía poder elevar 255mm desde el reposabrazos. Esta altura se obtiene de la P50 de la altura de los hombros

sentado es 580mm, restarle los 325 de la altura los reposabrazos. Si consideramos que en la apertura final los brazos deben formar un ángulo de 60 grados obtenemos que el brazo debe medir unos 295mm. Aunque el mecanismo nunca se vaya a encontrar completamente extendido, la longitud máxima útil del mecanismo también será la longitud del brazo, 295mm.

Una vez definidos los parámetros de diseño se empezó a modelar el prototipo. En esta fase todavía no se va a optimizar el diseño en cuanto a la parte de uso de materiales, por lo que las piezas estarán sobredimensionadas para así poder centrarse más en el funcionamiento de la mesa. Una vez realizado el modelo, se empezaron a realizar las distintas pruebas de impresión. Las pruebas se pueden clasificar en 4 tipos y todos ellos con un fin específico de análisis.

Pruebas de impresión.

Estas pruebas son básicamente imprimir las piezas con la geometría más complicada para la tecnología de impresión 3D, con el fin de verificar que se pueden imprimir. Estas piezas incluyen, por ejemplo, los dos canales de las correderas, que, debido a los espacios interiores y a la necesidad de ser impresas en una dirección específica para asegurar mayor resistencia, podrían presentar problemas durante la fabricación.

Pruebas de tolerancia.

Fueron pensadas principalmente para analizar como ajustaban ciertas piezas. Aunque puedan parecer inútiles porque se puede controlar bastante el tamaño de las piezas en el modelo 3D y la tolerancia de impresión, esta última no es constante siempre y podrían dar problemas de holgura o apriete excesivos en las piezas. Las piezas que se imprimieron con mayor frecuencia para verificar esto fueron la corredera y su canal correspondiente.

Ensayos de montajes.

Estos ensayos se realizaron principalmente en las distintas articulaciones del mecanismo, con el fin de garantizar que no hubiera interferencias no contempladas previamente.

Pruebas de funcionamiento.

Esto es unas pruebas específicas que se hicieron con el fin de aprovechar características de la impresión, como lo es la elasticidad del material para poner topes que sujetasen la corredera al final de la carrera.

Las pruebas de impresión y el prototipo a escala se pueden ver en la figura 52.

Una vez echas todas las pruebas pertinentes, se realizó un prototipo a escala para analizar el funcionamiento en conjunto. Se validó como el funcionamiento de los distintos mecanismos. Antes de seguir con la impresión de la mesa a escala 1:1, se les llevo el prototipo a los miembros de ASPACE para que pudiesen opinar sobre el mecanismo. Les pareció prometedor y que les podría facilitar el día a día, solamente pidieron una función extra que era si se pudiera abatir la mesa. Es una función útil que pensara en su aplicación en una futura versión, después de que se allá validado la funcionalidad del producto actual a escala 1:1.

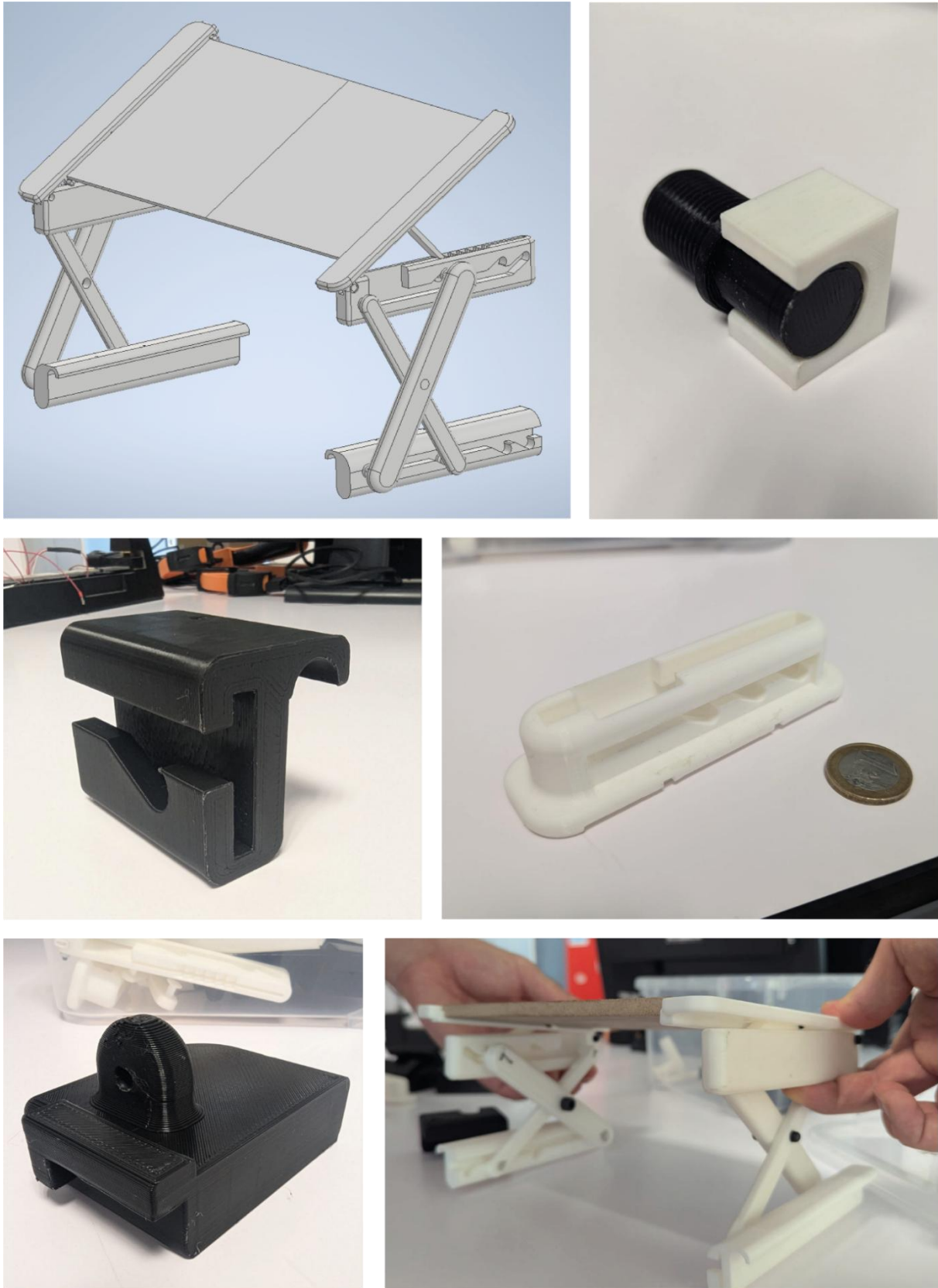


Figura 52 – Imágenes del prototipo y ensayos a escala

El primer paso que se dio fue el de decidir de forma más concretamente los elementos normalizados que iba a estar en las articulaciones y puntos críticos de la pieza, principalmente porque este prototipo 1:1 se les iba a dejar robar un tiempo a los usuarios del centro de ASpace. Para la unión de las patas con las correderas se decidió utilizar un tornillo Allen M5x30. Para el eje central de las patas se usó un tornillo Allen M8x38 y una Tuercas hexagonales con elemento de sujeción de poliamida M8, para asegurar que nunca se afloje. Este es el tornillo más gordo del conjunto porque es la zona con los mayores esfuerzos. Para la articulación del atril se decidió que con un tornillo Allen de M6x34 y una Tuercas hexagonales con elemento de sujeción de poliamida baja M6. Y para el eje de la pata de la mesa se decidió usar un pasador cilíndrico de 3x50.

Posteriormente se comenzó con el proceso de impresión de las piezas, para ello se convirtieron en archivo STL y se pasaron a una slider en este caso Cura. Para el relleno de la pieza se decidió que debería tener una densidad del 20% y un patrón cubico, principalmente debido a que va a estar sometido a esfuerzos y esta configuración es bastante eficiente en cuanto a uso de material y prestaciones. Para que la impresión fuese más rápida la salida de filamento de la boquilla era de 0,5mm. Aun así, con toda esta configuración la impresión completa de todas las piezas llevo unas 18h. A esas horas hay que sumarles otras 5h de tratamiento superficial posterior de las piezas, con actividades como eliminación de soportes y lijado de superficies, que es lo que más tiempo lleva.

Una vez montada la mesa se vio que no contaba con una rigidez aceptable para su uso y mucho menos para soportar un peso considerable. Analizando el conjunto se llegó a la conclusión de que las uniones que causaban inestabilidad eran las siguientes: el montaje de la mesa con la silla, ya que los tornillos no apretaban lo suficiente; el montaje de las correderas en las patas, tampoco apretaban lo suficiente permitiendo flectar. Para solucionar el error de la unión con la estructura se optó por integrar el reposabrazos en el diseño de la corredera, para así poder poner

un hueco con una tuerca que permita apretar más el conjunto. Y el problema de las correderas se solucionó usando inserto que se meterían en las correderas antes de montar el tornillo.

Otro error del conjunto que había que corregir era que al abrir y cerrar varias veces el mecanismo el eje de las patas se aflojaba. Se optó por el uso de un casquillo y una tuerca autoblocante para evitar que esto siguiese sucediendo.

Con los nuevos cambios la mesa consiguió una buena rigidez, lo que permitió ser llevada a ASpace para que la pusiera a prueba allí, ver figura 53 - 55. Lo primero que dijeron fue que, si se podía hacer otra versión en la que la tabla de la mesa se pudiese quitar y poner, ya que lo necesitan para poder mover a los pacientes. Es una de las funciones que se buscara integrar en el siguiente diseño.



Figura 53 - imágenes de prototipo



Figura 54- Paciente ASPACE Con mesa 1



Figura 55- Paciente ASPACE Con mesa 2

4.4. Optimización de diseño

La mesa fue diseñada originalmente para ser retirada por completo cuando no estuviera en uso. Sin embargo, como mencioné anteriormente, las cuidadoras del centro han expresado su preocupación por no poder quitar solo la tabla. Según explican, en ocasiones necesitan levantar al paciente para realizar cuidados, pero prefieren que la estructura de la mesa permanezca en su lugar para utilizarla de nuevo al terminar.

Esta nueva necesidad plantea la oportunidad de desarrollar una versión mejorada de la mesa. En esta versión, se considerará la fabricación de la tabla mediante impresión 3D, lo que reduciría la cantidad de materiales y máquinas necesarias. Además, se aprovechará el rediseño para explorar la incorporación de nuevas funcionalidades que optimicen el uso de la mesa y mejoren la experiencia del usuario.

Para abordar el problema, se siguió la misma metodología utilizada en el desarrollo del modelo anterior: generar propuestas de ideas, escoger la más viable y desarrollarla siguiendo un proceso iterativo de generación de prototipos. Se plantearon dos ideas principales:

La primera idea es usar un sistema de montaje de la carpintería clásica usando salientes o colas de milano en los extremos, lo que permitiría montar y desmontar la tabla rápidamente. Ver figura 56.

La otra idea es que la mesa se montase mediante un sistema de montaje de ranuras. Con este sistema la mesa siempre contaría con un grado de libertad en uno de los ejes, lo que le permitiría ser desmontada fácilmente. Ver figura 57.

Se optó por la primera idea porque ser más fácil fabricar un prototipo con los medios disponibles, la impresión 3D, es más rápido y cómodo de montar una tabla en una ranura que tener que encajar 8 salientes, además de que se puede dar más juego para un diseño atractivo el diseño de la ranura.

Idea Encaje

Modelo 1



Modelo 2

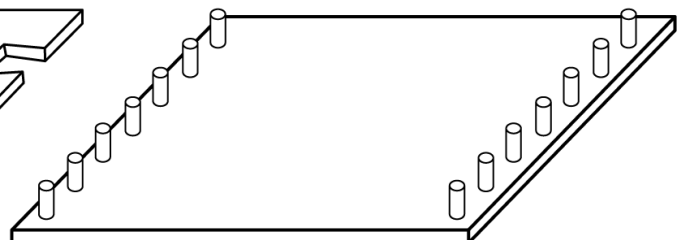
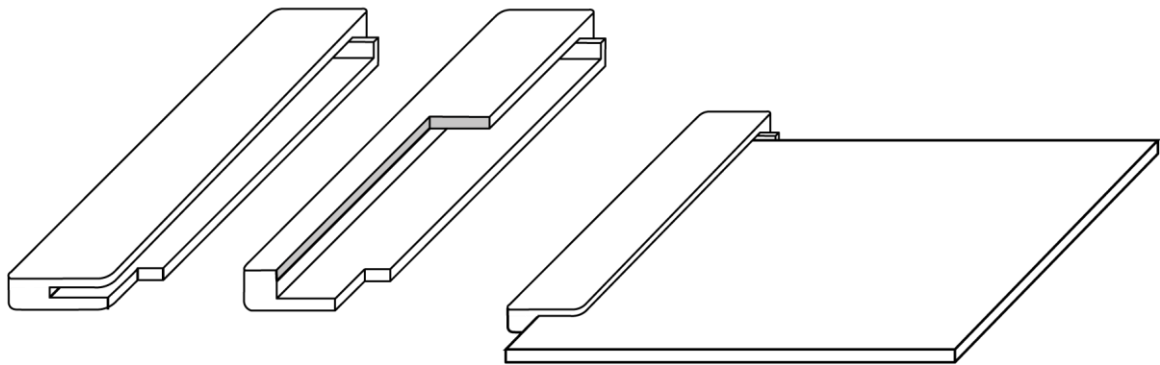


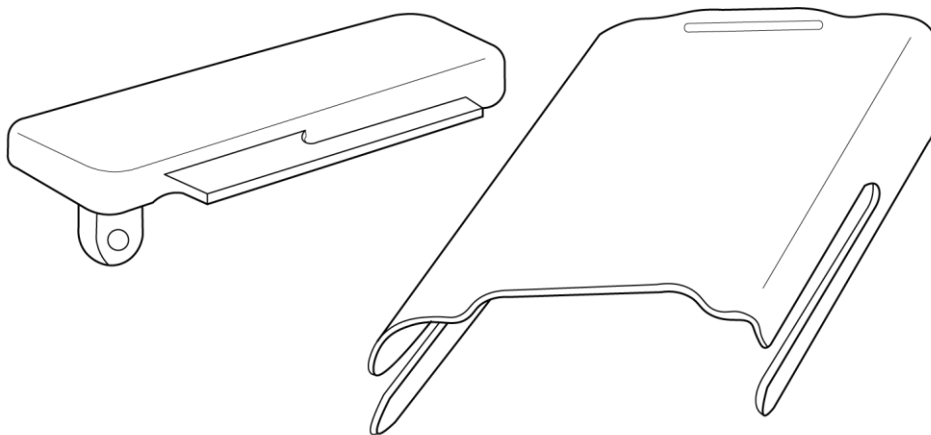
Figura 56 - Ideas de encaje mesa 1

Idea Ranura

Modelo 1



Modelo 2



Modelo 3

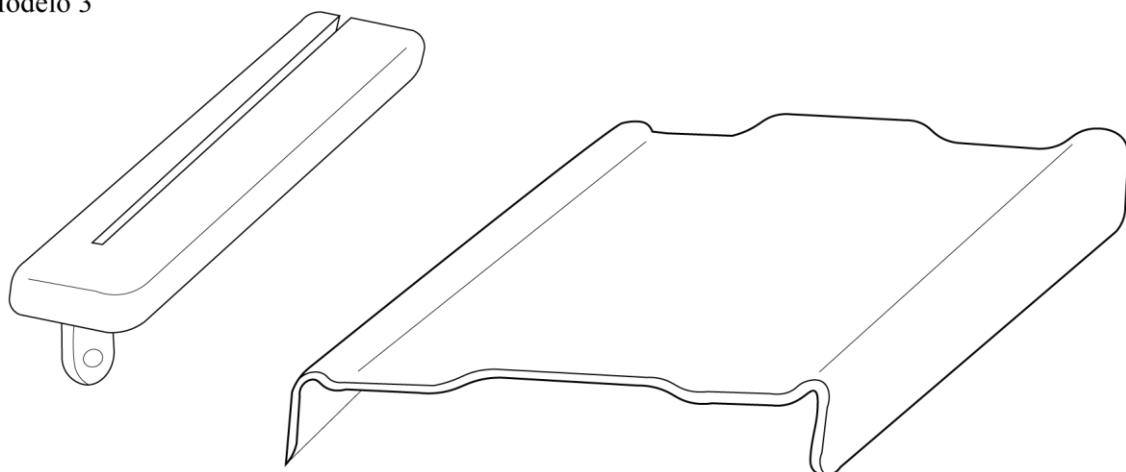


Figura 57 - Ideas de encaje mesa 2

La segunda parte de desarrollo de esta nueva versión es la de buscar funciones extras para añadir a la mesa. Se realizó una investigación de mercado enfocada en los productos auxiliares que suelen necesitar las personas con movilidad reducida. Los resultados de este análisis se encuentran en el apartado 3.3 del trabajo. Las principales conclusiones a las que llegaron en el estudio fueron que los accesorios para gente en silla de ruedas se agrupan en 3 grandes grupos: médicos, almacenamiento y sujetadores. Para aprovechar la geometría existente de la mesa se eligió incorporar en los atriles existentes, pequeños almacenamientos destinados a objetos de oficina en el lado izquierdo y cubiertos y vasos en el lado derecho.

Para el lado izquierdo las dimensiones de los huecos de se escogieron tomando tamaños medio de los distintos productos.

Para el atril para el móvil se decidieron las siguientes dimensiones. Un ancho de 15mm que permite entrar de manera justa a casi todos los móviles con funda. La profundidad es de aproximadamente 15 mm, lo que garantiza una sujeción segura sin cubrir excesivamente la pantalla. Aunque la profundidad ideal sería de 25 mm, no se ajustaba a la geometría de las piezas. El largo de los móviles en vertical actualmente ronda los 80-100mm, por lo que, aunque este abierto en un extremo el largo que queda completamente apoyado es de 85mm. La inclinación del atril del móvil se optó por unos 60°.

Para los bolígrafos, lapiceros, y gomas se decidió proporcionar 2 tipos de huecos distintos, uno alargado y otro más cuadrado. La profundidad para estos objetos es de 7,5mm porque no es necesaria más por sus dimensiones. Los agujeros alargados están pensados para bolígrafos y lapiceros. Las dimensiones medias de estos son de 160x8mm, por lo que los agujeros se diseñaron para que entraran varios por cada uno. El agujero cuadrado de propósito general se dio unas dimensiones amplias de 50x50mm.

En el lado derecho solo hay 2 espacios de almacenaje. El primero pensado para vasos de tamaño pequeño y el segundo para cubiertos. Las dimensiones del sujeta vasos son $\varnothing 75 \times 17,5 \text{ mm}$. El hueco de los cubiertos, para que entren varios, se decidió que fuera de unos $190 \times 30 \text{ mm}$. Todas las medidas se decidieron en función del tamaño medio que suelen tener los objetos para los que están pensados.

La nueva tabla de la mesa impresa en 3D se le ha dotado de reborde en los extremos, lo que evitara que se caigan objetos cuando se incline, además de ser más ligera que la del prototipo funcional que era de madera. Se ha buscado garantizar que cumplir con el criterio ergonómico de espesor abdominal, es por ellos que se le ha dotado de cierta curvatura en el extremo más cercano. Otra característica de diseño de la tabla es la de los nervios inferiores para garantizar su rigidez pese a su espesor.

Al final la nueva versión de la mesa solo va a diferir en el diseño de 3 tres piezas del conjunto, por ser las únicas del conjunto original que se prestan más a funciones estéticas. Ver figura 58.

Para validar de forma preliminar características de funcionalidad y forma de las piezas, se volvió a desarrollar un prototipo a escala. En su desarrollo no hubo más complicación que la de verificar cual era la forma más optima de impresión para la tabla, si vertical u horizontalmente. Se decidió que horizontalmente presenta más ventajas, aunque por motivos de producción a lo mejor verticalmente resultaba óptimo. El prototipo se puede ver en la figura 59.

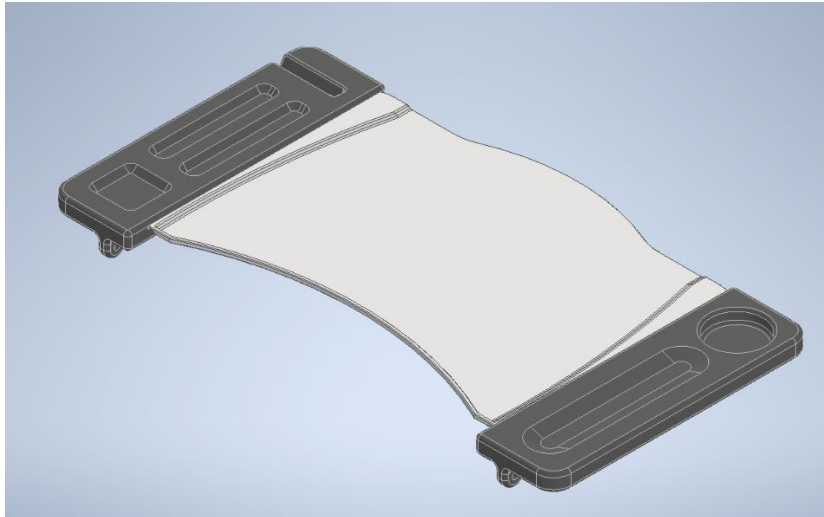


Figura 58 - Desarrollo mesa parte superior



Figura 59 - Prototipo escala v2

5. Evaluación de la viabilidad de las propuestas

En este apartado se evaluarán el modelo final desde el punto de vista económico. Para ello se planteará un flujo de trabajo para la fabricación de una mesa. Luego se estimarán los tiempos ciclos y el material necesario. Finalmente se calcularán los costes.

5.1. Planos técnicos

Los planos no son fundamentales para el siguiente análisis de viabilidad y económico que se realizara a continuación. Sin embargo, la elaboración de documentos técnicos básicos de cualquier proyecto era un objetivo del proyecto.

Solo he realizado los planos del último modelo por ser el que más refinado tiene su diseño.

El conjunto de planos que se muestra en el anexo 5 estará formado por: 1 plano de conjunto tamaño A2, un listado de piezas A4, once planos de despiece A4, tres planos de despiece A3 y un plano de montaje A3.

5.2. Flujogramas de trabajo

El flujograma de un proceso de producción es una representación gráfica que detalla las etapas, actividades y decisiones clave desde el inicio hasta el final del proceso productivo. Incluye la secuencia lógica de tareas, los puntos de control y las decisiones tomadas durante la producción.

En este apartado se presentará un posible flujograma del proceso de producción de la mesa. Este flujograma refleja la optimización en la elaboración de los distintos prototipos. Más adelante se desarrollarán dos apartados dedicados a la gama de fabricación y control; sin embargo, en este apartado se explicarán brevemente los puntos clave del flujograma y las razones detrás de ellos.

Los puntos de control del flujograma provienen del análisis ANFEC, que se detallará más adelante, aunque se ha optado por mostrar directamente el flujograma final.

La primera operación es la realización de modificaciones del modelo de parámetros de la mesa como lo es su ajuste con los reposabrazos, la altura máxima de la mesa y el ancho de esta.

El siguiente paso es la impresión de las piezas. Para optimizar este proceso con los recursos disponibles en Orthomedical3D, se decidió distribuir las piezas entre tres de las impresoras disponibles en la empresa. En la primera impresora, Wasp 4070 ZX, se imprimirán las correderas superiores, las correderas inferiores y la tabla de la mesa, con un tiempo estimado de impresión de 31:19 horas. En la segunda impresora, Tumaker BIGFoot 350, se imprimirán los atriles y las patas, lo que tomará aproximadamente 22:38 horas. Por último, en la tercera impresora, Creality CR 10s, se imprimirán las correderas, las patas del atril y los casquillos, con un tiempo estimado de 6 horas.

Antes y después de cada operación de impresión, se realizarán tareas comunes. Antes de iniciar la impresión, es necesario verificar que el rollo de filamento tenga suficiente material para completar la impresión del conjunto. Una vez finalizada la impresión, se llevará a cabo un control de calidad para asegurar que las piezas se hayan impreso correctamente. Después, se procederá a un tratamiento manual para retirar los soportes y las rebabas de las piezas.

Una vez con todas las piezas fabricadas, se juntarán con los elementos normalizados para verificar que todo monta bien. Si en el control del montaje se verifica un error en el mismo se deberán reimprimir las piezas que este mal y volver a montarlas para verificarlas. Esto supondrá un retraso en el proceso de producción

Por último, se desmontará todo para su embalaje y expedición, antes de esto último se realizará un control para verificar que esta todo.

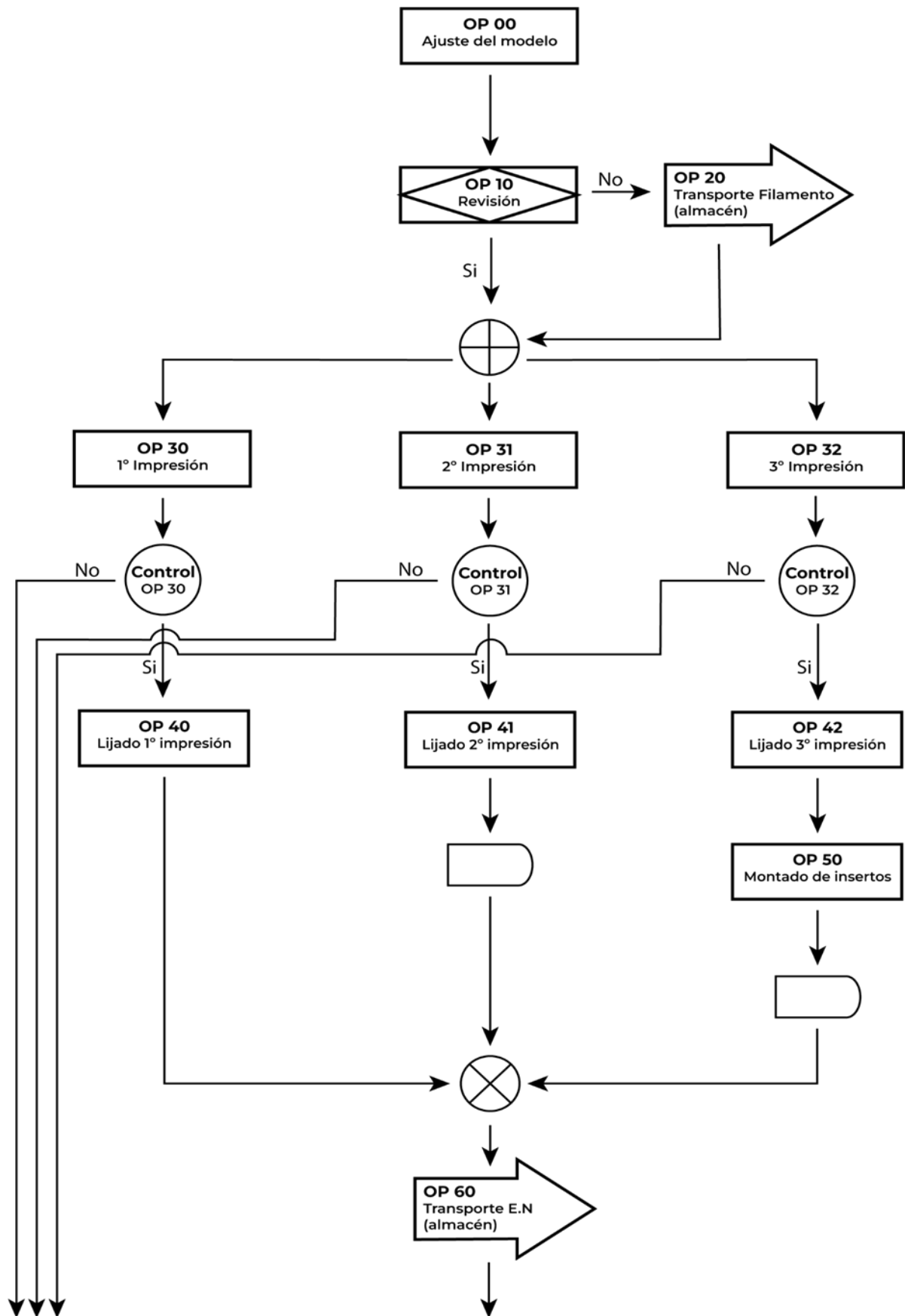


Ilustración 57 - Flujograma 1

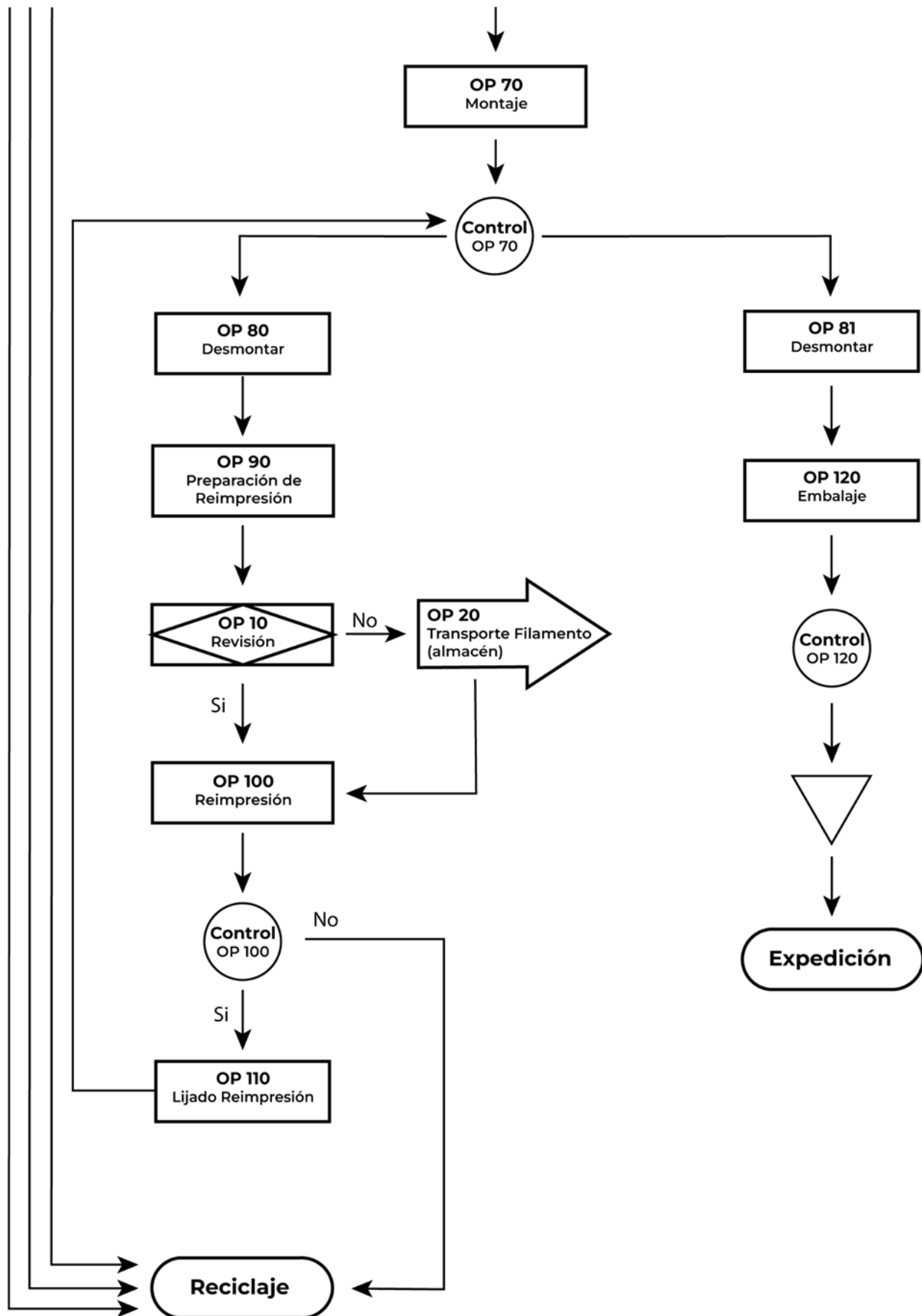

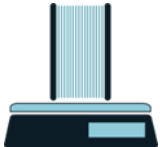

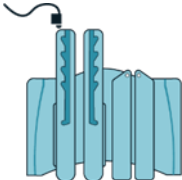


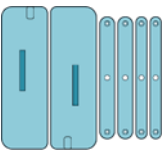
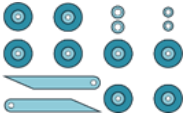
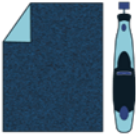


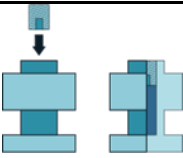

Ilustración 58 - Flujograma 2


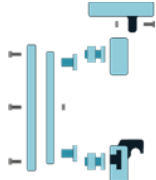
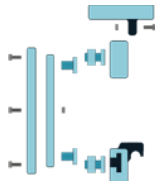

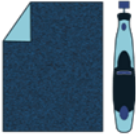
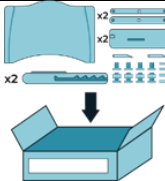
5.3. Gama de fabricación

Este documento técnico tiene como objetivo detallar de manera estructurada las distintas operaciones que se llevan a cabo durante el proceso productivo, con el fin de analizar posteriormente la viabilidad económica del proyecto, utilizando los tiempos de ciclo aproximados que se exponen a continuación. Para esta gama de fabricación, se elaborará una tabla que constará de seis columnas: operación, descripción, máquina, utillaje, diagrama y tiempo ciclo. Véase tabla 3.

Tabla 3- Gama de Fabricación

Operación	Descripción	Maquina	Utillaje	Diagrama	Tiempo ciclo
OP 00	Recibir el pedido. Cambiar parámetros del modelo para un mejor ajuste a la silla y preparación de los archivos de impresión.	Ordenador (Inventor)	-		2h 30min
OP 10	Revisión del filamento para la impresión completa de las piezas	-	Bacula		10 min
OP 20	Transporte de nuevos rollos de filamento desde el almacén y montaje en las impresoras.	-	-		5 min
OP 30	Poner a imprimir en las piezas: Mesa, Corredera superiores e inferiores (Dcha. e Izq.).	Wasp 4070 ZX	-		31h 19min

OP 31	Poner a imprimir en las piezas: Atril DCH, Atril Izq., 2xPata Int. y 2xPata Ext.	Tumaker BigFoot 350	-		22h 37min
OP 32	Poner a imprimir en las piezas: 4x Correderas Ext, 4x Corredera Int, 2x Pata atril, 2x Casquillo eje y 2x Casquillo arriba.	Creality 10s	-		8h 52 min
OP 40	Eliminación de soporte de impresión y lijado de superficies.	-	Dremel, alicate, papel de lija, guantes de protección		1h 30min
OP 41	Eliminación de soporte de impresión y lijado de superficies.	-	Dremel, alicate, papel de lija, guantes de protección		1h
OP 42	Eliminación de soporte de impresión y lijado de superficies.	-	Dremel, alicate, papel de lija, guantes de protección		45 min
OP 50	Montar insertos dentro de las correderas.	-	Llave Allen, tornillo		15 min
OP 60	Transporte de elementos normalizados necesarios para el montaje desde el almacén.	-	-		5 min

OP 70	Montaje de prueba para la verificación del correcto funcionamiento de la mesa.	-	-		25 min
OP 80	Desmontaje de piezas defectuosas para su sustitución.	-	-		15 min
OP 81	Desmontaje total de producto para su embalaje.	-	-		15 min
OP 90	Preparación de las piezas defectuosas para su reimpresión.	Ordenador (Inventor)	-		15 min
OP 100	Reimpresión de las piezas defectuosas.	Indet	-		Indet
OP 110	Eliminación de soporte de impresión y lijado de superficies.	Indet	-		Indet
OP120	Embalaje de las piezas para su envío.	-	-		30 min

5.4. ANFEC

En este documento se busca analizar todo el proceso productivo para buscar posibles errores de producción y su gravedad, con el fin de establecer métodos de solución o de control para evitar costes de producción mayores.

Los criterios para evaluar la ocurrencia, la severidad y detección de los fallos potenciales se mostrarán en el Anexo 6. Solo se considerarán fallos graves aquellos que superen los unos niveles de impacto (NI) superior a 100 puntos. Véase tabla 4

Tabla 4 - ANFEC

Análisis de las causas de fallos y sus efectos														
Fallo potencial	Efectos potenciales de fallo	Causas potenciales de fallo	Condiciones resultantes					Acciones recomendadas	Condiciones resultantes					Responsable
			Controles	O	S	D	NI riesgo		Controles	O	S	D	NI riesgo	
Fallo impresion impresora	Pieza descartada del proceso	Mala adhesión de la pieza	Visual	6	8	3	144	Calibración periódica de la impresora	Visual	4	8	2	64	Operario de producción
Fallo impresion operario	Pieza descartada del proceso	Mal ajuste de los parametros de impreaión	Visual	5	8	2	80							
Fallo en el preparado de la pieza	Retraso de la producción	Querer acelerar demasiado los TC	Visual	5	4	3	60							
Deterioro de piezas en premontaje	Pieza descartada de la producción	Poco cuidado al trabajar	Visual	4	1	4	8							
Embalaje defectuoso	Numero de piezas incorrectas en el envío	Realizacion rapida de la operación	Visual	6	5	5	150	Revision del envío mediante tabla de contenido	Visual	4	8	1	32	Operario de producción

5.5. Gama de control

La gama de control es un documento en el que se describen las operaciones de control internas que se realizan durante el proceso productivo.

En esta gama de control los controles de operaciones se reflejarán en tablas, en las que se pondrán las características a controlar, el responsable de ellas, la frecuencia de control, el medio de control y el cómo actuar en caso de esta fuera de tolerancia. Véanse tablas 5 - 10.

Tabla 5 - Control de operación 30

Control de operación 30				
Características por controlar	Responsable	Frecuencia de control	Medio de control	Como actuar en caso de fuera de tolerancia
Dimensiones generales de las piezas	Operador de producción	100%	Visual	Descartar pieza y repetir operación parcial
Defectos superficiales graves	Operador de producción	100%	Visual	Descartar pieza y repetir operación parcial

Tabla 6 - Control de operación 31

Control de operación 31				
Características por controlar	Responsable	Frecuencia de control	Medio de control	Como actuar en caso de fuera de tolerancia
Dimensiones generales de las piezas	Operador de producción	100%	Visual	Descartar pieza y repetir operación parcial
Defectos superficiales graves	Operador de producción	100%	Visual	Descartar pieza y repetir operación parcial

Tabla 7 - Control de operación 32

Control de operación 32				
Características por controlar	Responsable	Frecuencia de control	Medio de control	Como actuar en caso de fuera de tolerancia
Dimensiones generales de las piezas	Operador de producción	100%	Visual	Descartar pieza y repetir operación parcial
Defectos superficiales graves	Operador de producción	100%	Visual	Descartar pieza y repetir operación parcial

Tabla 8 - Control de operación 70

Control de operación 70				
Características por controlar	Responsable	Frecuencia de control	Medio de control	Como actuar en caso de fuera de tolerancia
Verificar movimientos del mecanismo	Operador de producción	100%	Visual	Identificar el error y descartar pieza defectuosa
Verificar estabilidad del mecanismo	Operador de producción	100%	Visual	Identificar el error y descartar pieza defectuosa

Tabla 9 - Control de operación 100

Control de operación 100				
Características por controlar	Responsable	Frecuencia de control	Medio de control	Como actuar en caso de fuera de tolerancia
Dimensiones generales de las piezas	Operador de producción	100%	Visual	Descartar pieza y repetir operación parcial
Defectos superficiales graves	Operador de producción	100%	Visual	Descartar pieza y repetir operación parcial

Tabla 10 - Control de operación 120

Control de operación 120				
Características por controlar	Responsable	Frecuencia de control	Medio de control	Como actuar en caso de fuera de tolerancia
Verificar que están todas las piezas del producto	Operador de producción	100%	Visual	Meter las piezas faltantes

5.6. Análisis económico

En este apartado se procederá a establecer una estimación del PVP del producto. Para ello, se asumirán ciertos precios genéricos en aquellos productos cuyo valor varía, con el fin de obtener una aproximación más realista.

El primer paso para realizar un análisis económico adecuado es definir la estrategia de producción. En este caso, el método productivo elegido (impresión 3D) y el funcionamiento de la empresa nos llevan a optar por un enfoque centrado en el proceso. Con este enfoque claro, podemos establecer otros valores relevantes. No se asignará un empleado o máquina de forma exclusiva a la producción, por lo que solo se considerarán como coste las horas dedicadas a la misma, las cuales influirán directamente en el precio final.

5.6.1. Coste de fabricación

El coste de fabricación este compuesto por la suma de costes directos en la fabricación del producto. Estos costes están separados en 3 grandes bloques: materiales, mano de obra directa y puesto de trabajo.

Coste de los materiales.

Para la producción de este producto se necesitan principalmente 2 materiales. El PLA para la impresión y lo elementos normalizados para montar las uniones de las piezas.

El filamento de PLA se encuentra en un rango de precios de entre 15-20€, por lo que para el cálculo se usar un precio medio de 17,5€. Para la impresión de las 14 piezas del modelo 2 se utilizan 2,92kg de PLA, contando desperdicios como soportes, esto implica que el costo del plástico seria de 51,1€.

Para los elementos normalizados se tomaron como referencia los precios de la página de uno de los proveedores habituales de Orthomedical3D, Norelem. Véase tabla

Tabla 11- Coste elementos normalizados

Elemento Normalizado	Ud	P.V.P (€)	Total (€)
Tornillo cabeza hexagonal cilíndrica con hueco hexagonal ISO 4762 – M5 x 20	4	0,16	0,64
Tornillo cabeza hexagonal cilíndrica con hueco hexagonal ISO 4762 – M5 x 30	4	0,22	0,88
Tornillo cabeza hexagonal cilíndrica con hueco hexagonal ISO 4762 – M6 x 55	2	0,31	0,62
Tornillo cabeza hexagonal cilíndrica con hueco hexagonal ISO 4762 – M8 x 40	2	0,38	0,76
Arandela ISO 7089 – 6 – 200HV	2	0,13	0,26
Arandela ISO 7089 – 8 – 200HV	2	0,13	0,26
Tuerca hexagonal baja autoblocante ISO 10511 – M6	2	0,30	0,60
Tuerca hexagonal baja autoblocante ISO 10511 – M8	2	0,54	1,08
Inserto atornillado M5 x 10 DIN7965	8	0,43	3,44
Pasador cilíndrico ISO 2338 – h8 x 45 – A1	2	0,55	1,10
Total			9,64

Coste operativo.

El cálculo de este coste, en producciones centradas más en el producto, generalmente requiere de cálculos más complejos para asignar el coste del tiempo del trabajador a cada producto. Sin embargo, en este caso, al tratarse de una producción por tiempo de taller, sabemos el tiempo aproximado que dedica el trabajador a cada producto.

Según datos de El Norte de Castilla (2024), el salario promedio de los trabajadores en Castilla y León es de 11,5 €/h, mientras que el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2022) lo sitúa en 14,5 €/h. No obstante, dado que se requiere una cualificación específica para llevar a cabo este

tipo de trabajos y la fabricación de otros productos en el taller, se ha decidido asignar un sueldo de 34 €/h al operario.

El operario dedicará un tiempo de 7 horas y 15 minutos. Por lo tanto, el coste asociado a este apartado sería de aproximadamente 246,5 €.

Puesto de trabajo

Este coste comprende la suma de gastos relacionados con la maquinaria necesaria y las instalaciones durante su funcionamiento.

El factor a través del cual se analiza el coste del puesto de trabajo es el capital invertido, C, que comprende el importe de la adquisición de equipo necesaria para la fabricación. En la siguiente tabla se muestran los importes de material. Véase tabla 12.

Tabla 12- Tabla de bienes de capital

Maquinaria	Precio de adquisición (€)
Wasp 4070 ZX	13.700
Tumaker BIGFoot 350	12.000
Creality CR 10s	400
Útiles y herramientas	2.000
Total	28.100

El periodo de amortización, p, es el tiempo que se tarda en recuperar el valor de la maquinaria utilizada en el puesto de trabajo. Según (Agencia Tributaria, s. f.) para las impresoras 3D se le establece un tiempo mínimo de amortización de 8 años y un máximo de 18 años y para los útiles y herramientas un tiempo mínimo de 3 años y máximo de 8 años. Para las impresoras 3D voy a usar 10 años y para los útiles 3 años.

El cálculo de las horas de funcionamiento es complicado debido a que no responden a un turno de trabajo completo y, al trabajar bajo demanda en el taller, su utilización varía. Además, a veces las máquinas permanecen en funcionamiento durante los festivos y fines de semana.

Para este apartado, se asumirá que las máquinas se usarán de manera óptima, funcionando las 24 horas durante los días laborables. Así, las horas que no se usen durante la semana se compensarán con las horas de uso durante el fin de semana. En Castilla y León, hay 251 días laborables al año, lo que nos da un total de 6024 horas de funcionamiento anuales.

La vida útil prevista de las máquinas es de 10 años, lo que equivale a 60240 horas de operación (H_t). No obstante, las herramientas solo podrán usarse durante las 8 horas diarias en que el taller permanece abierto, lo que suma un total de 2008 horas anuales. Ahora hay que calcular el coste de oportunidad que supone no invertir este dinero en otra cosa. Para ello se va a considerar un rédito del 6%. Los resultados se pueden ver en la tabla 13.

El interés por hora anual está determinado por $I_h = (C \times r) / h_f$.

Tabla 13 - Tabla coste oportunidad por hora

	C	r	H_f	I_h
Wasp 4070 ZX	13.700	0.06	4820	0.13
Tumaker BIGFoot 350	12.000	0.06	4820	0.15
Creality CR 10s	400	0.06	4820	0.005
Útiles y herramientas	2.000	0.06	2008	0.060

La amortización representa el costo anual para recuperar de la inversión. Su costo por horario A_h se determina mediante la siguiente fórmula. Los resultados se pueden ver en la tabla 14.

$$A_h = (C/p) \times H_f$$

Tabla 14 - Tabla coste de amortizaciones por hora

	C	p	Hf	Ah
Wasp 4070 ZX	13.700	10	4820	0.28
Tumaker BIGFoot 350	12.000	10	4820	0.25
Creality CR 10s	400	10	4820	0.008
Útiles y herramientas	2.000	3	2008	0.1

El coste de mantenimiento asociado a normalmente es el del 4% de la h de funcionamiento.

Los resultados se pueden ver en la tabla 15.

Para calcular su coste por hora será $Mh = (C \times r) / Hf$

Tabla 15 - Tabla de coste de mantenimiento

	C	r	Hf	Ih
Wasp 4070 ZX	13.700	0.04	4820	1.13
Tumaker BIGFoot 350	12.000	0.04	4820	0.99
Creality CR 10s	400	0.04	4820	0.033
Útiles y herramientas	2.000	0.04	2008	0.16

Ahora que sabemos el coste de mantenimiento, amortizaciones y coste de oportunidad por hora podemos saber lo que cuesta producir la mesa. Solo nos falta saber el consumo por hora. Las impresoras grandes consumen 0,6kw/h y la pequeña 0,25kw/h. Esto lo multiplicamos por el precio medio de la luz en 2024, que fue de 0,24€/kw. Nos sale 0,15€/h para las grandes y 0,06€/h para la pequeña.

Gracias a estimaciones de cura sabemos que la Wasp se usar unas 31 horas, la tumaker 22,5 horas y la creality 6h. El precio final máquina del puesto de trabajo se puede ver en la tabla 16

Tabla 16- Tabla de coste de puesto de trabajo

Coste de puesto de trabajo						
Maquinaria	H	Ih	Ah	Mh	Eh	Puesto de trabajo
Wasp 4070 ZX	31	0.17	0.28	1.113	0.15	53.1
Tumaker BigFoot 350	22.5	0.15	0.25	0.99	0.15	34,88
Creality CR 10s	6	0.005	0.008	0.033	0.06	0,636
Útiles y herramientas	5.45	0.06	0.1	0.16	-	1,76
					Total	90,38

Coste de fabricación

Para sacar el coste de fabricación final solo queda sumar todos los costes anteriores.

$$\mathbf{C.F} = \mathbf{M.o.d} + \mathbf{P.t} + \mathbf{Mat.} + \mathbf{E.N} = 246,5 + 90,38 + 51,1 + 9,64 = 397,62\text{€}$$

5.6.2. Presupuesto industrial

El presupuesto industrial representa el cálculo del precio de venta en fábrica del producto que se diseña. El presupuesto industrial está compuesto por los siguientes aspectos: costo de fabricación (obtenido anteriormente), mano de obra indirecta (m.o.i.), cargas sociales (C.S.), gastos generales (G.G.) y beneficio industrial (B.I.); elementos que respetan la siguiente ecuación:

$$[\mathbf{P.I.} = \text{costo de fabricación} + \text{m.o.i.} + \text{C.S.} + \text{GG} + \text{B.I.}]$$

La mano de obra indirecta (m.o.i) sería toda aquella relacionada con la producción, pero sin responsabilidad durante el proceso productivo. Como en nuestro caso el 90% de la producción está a cargo del operario, el m.o.i va a ser bajo (15%) y corresponderá al servicio de limpieza,

servicio técnico, seguridad y diseño del producto, este último es el que más impacta en el porcentaje del m.o.i.

$$\mathbf{m.o.i} = 246,5 \times 0,15 = 36,98\text{€}$$

Las cargas sociales (C.S) representan el conjunto de aportaciones de la empresa a diversos Departamentos y Organismos Oficiales, para cubrir las prestaciones del personal en materia de Seguridad Social y Accidentes de Trabajo, así como otras previsiones de carácter general o coyuntural: Formación Profesional, Seguro de desempleo, Fondo de Garantía Social, etc. En este caso se ha determinado aplicar un 15% del coste de mano de obra.

$$\mathbf{C.S} = 15\% \times (\mathbf{m.o.d.} + \mathbf{m.o.i.}) = 0,15 \times (246,5 + 36,98) = 42,52\text{€}$$

Se define como Gastos Generales el costo total necesario para el funcionamiento de la empresa. Dependiendo de las características y magnitud de la empresa, aparecerán en gastos generales determinadas partidas que quizá no integren las de otras industrias. Normalmente, la nómina de empleados se incluye en este concepto, así como pluses, incentivos, gastos de administración, elementos de seguridad, licencia fiscal, consumo de energía y amortización de edificios. En las empresas se determina anualmente y de forma global el porcentaje que representan los Gastos Generales. En este caso, al no ser una empresa grande, el porcentaje será del 10%.

$$\mathbf{G.G} = \mathbf{m.o.d} \times 0,10 = 24,65\text{€}$$

El costo total en fábrica Ct es la suma de los cuatro conceptos anteriores: costo de fabricación Cf, mano de obra indirecta m.o.i., cargas sociales CS y gastos generales GG:

$$\mathbf{Ct} = [\mathbf{Cf} + \mathbf{m.o.i.} + \mathbf{CS} + \mathbf{CG}] = 397,62 + 36,98 + 42,52 + 24,65 = 501,77\text{€}$$

El beneficio industrial (B.I) es un margen de beneficio que se reserva la empresa para rentabilizar el dinero invertido. En este se decidió usar un 15%

$$\mathbf{B.I} = C.t \times 0,15 = 74,26\text{€}$$

EL precio de venta en fabrica es la suma del costo total en fábrica, Ct, y del beneficio industrial, BI, que representa el precio de venta en fabrica Pv.

$$\mathbf{Pv} = [Ct + BI] = 576.03\text{€}$$

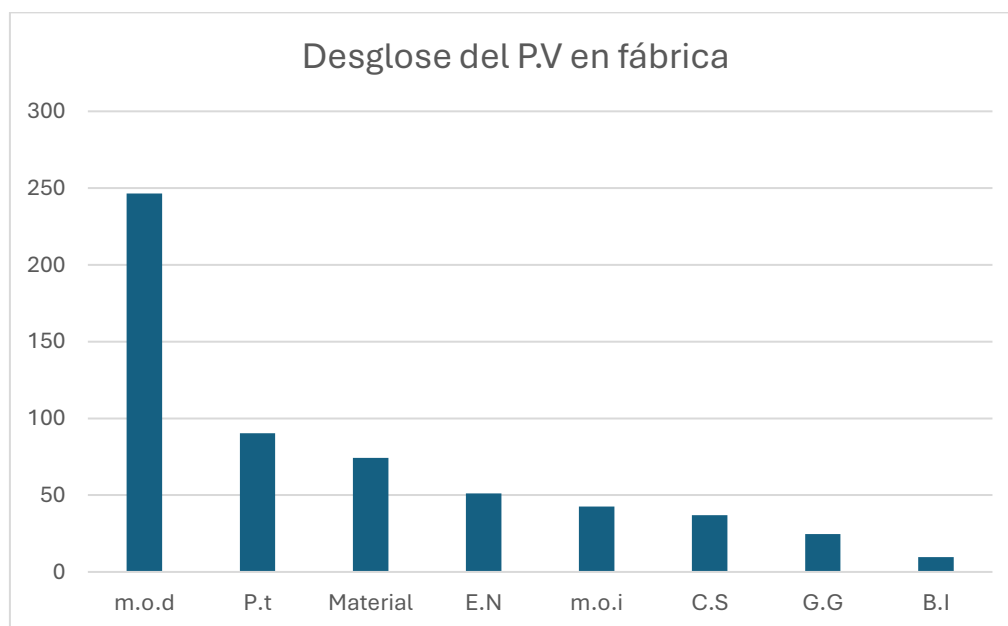
5.6.3. Precio venta al público

Para calcular el P.V.P lo único que queda por hacer es aplicar el IVA correspondiente. En nuestro caso, pese a ser un objeto para el uso exclusivo de personas en sillas de ruedas, el IVA será del 21% por no cumplir los requisitos de la **Ley 37/1992** (España, 1992) para el reducido. Para ver el desglose de PVP ver la tabla 17

$$\mathbf{P.V.P} = 576.03\text{€} \times 1,21 = 696,99\text{€}$$

Tabla 17- Tabla de PVP

Presupuesto industrial				
Concepto	Descripción		Importe (€)	%
Costo de fabricación	m.o. d	246,5	397,62	57
	Material	51,1		
	E. N	9,64		
	P.t	90,38		
Mano de obra indirecta	m.o.i. = 15% m.o.d.		36,98	5
Cargas sociales	CS = %CS x (m.o.d. + m.o.i.)		42,52	6
Gastos generales	G.G = m.o.d x 0,10		24,65	4
Beneficio industrial	BI = %BI x Ct		74,26	11
IVA	IVA = (Ct + BI) x %IVA		120,76	17
Precio de venta al publico	PVP = Ct + BI + IVA		696,99	



6. Conclusiones

Al finalizar cualquier proyecto, es fundamental revisar los objetivos establecidos para verificar si se han cumplido o si es necesario retroceder y realizar nuevos ajustes o desarrollos. Al inicio de este trabajo, se plantearon cuatro objetivos principales, los cuales serán evaluados a continuación.

Primero, el objetivo de diseñar una mesa para silla de ruedas que fuera capaz de regularse en altura e inclinación, con el fin de cubrir una necesidad no atendida por el mercado.

Considero que este primer objetivo se ha logrado de manera razonable en cuanto a su utilidad y viabilidad de fabricación. Es cierto que se podrían haber considerado mecanismos más complejos que ofrecieran un ajuste más suave y preciso. Sin embargo, dichos mecanismos involucraban soluciones más complejas o eléctricas, las cuales se decidieron evitar para no incrementar innecesariamente el costo final del producto.

Otro objetivo fue garantizar que la mesa pudiera ser montada en todas las sillas de ruedas. Este objetivo se cumple bajo la condición de que el producto se mantenga en una producción tipo taller. Gracias a la flexibilidad de este proceso productivo, es posible personalizar el producto según las necesidades del usuario. Sin embargo, esto no implica que se deba fabricar una mesa única para cada silla, ya que el diseño está pensado de tal manera que con solo ajustar dos parámetros, se puede adaptar a cualquier tipo de silla de ruedas.

El siguiente objetivo del proyecto fue el de aplicar una mentalidad de diseño sostenible. Si creo que se cumplió, principalmente por el uso de tecnología de fabricación aditiva que reduce el número de desperdicios. Aunque es verdad que se podía mejorar este aspecto usando materiales de impresión menos contaminantes y optimizando el diseño.

El último objetivo, relacionado con el desarrollo de la documentación técnica, se ha cumplido de manera razonable, ya que no se buscaba poner el producto en producción de inmediato, sino

evaluar su viabilidad tanto para la producción como para la comercialización. Como se mencionará más adelante, considero que, con la optimización del proceso, sería factible lanzar el producto al mercado.

Una vez revisada el cumplimiento de los objetivos generales del proyecto, ahora toca revisar los requisitos del producto establecidos en el apartado 4.1. Para ello se ponderarán de 1 a 5 como de bien se ha cumplido con el objetivo. Véase tabla 18

Tabla 18- Valoración de requisitos

Que sea funcional	Que evite que se puedan caer objetos	4/5
	Que sea amplia	5/5
	Que pase por las puertas montada	4/5
	Que pueda aguantar como minimo 10kg	5/5
	Que se monte sobre la estructura	5/5
	Que se le pueda regular a la altura de los hombros	5/5
	Que se pueda modificar la inclinación	5/5
Que mejore la calidad de vida de los usuarios	Que se pueda montar en el mayor numero de silla de ruedas	4/5
	Que sea fácil de transportar	5/5
	Que sea desmontable	5/5
	Que tenga una vida útil larga	4/5
	Que no sea cara	2/5
Que sea posible de fabricar	Que se pueda fabricar con tecnología aditiva	5/5
	Que use el menor número de recursos	3/5
	Que sus componentes y funcionamiento no sean complejos	4/5

Como se puede observar, considero que se han cumplido la mayoría de los requisitos de diseño establecidos al principio del desarrollo. Sin embargo, hay dos aspectos que creo que podrían haberse abordado de manera más eficiente y cuyos resultados no son óptimos.

En primer lugar, el aspecto menos grave es la utilización de la menor cantidad posible de recursos. Si bien el peso de la mesa, con un total de menos de 3 kg, no es excesivo teniendo en

cuenta su volumen y estabilidad, el diseño podría haberse optimizado. Esto se podría lograr mediante un redimensionamiento de las piezas, realizando un cálculo estructural y teniendo en cuenta que, al fabricarse por capas, las piezas presentan propiedades anisotrópicas. Esto implicaría un margen de seguridad mayor. También se podrían haber utilizado módulos de elementos finitos de programas como CATIA V5 o Inventor para simular la tensión máxima. A partir de esta simulación, se podrían haber calculado las secciones óptimas de las piezas. Sin embargo, lo que considero la mejor solución sería utilizar módulos de diseño generativo. Esta opción permitiría una optimización casi perfecta de las piezas en cuanto a la utilización de materiales y, además, tiende a ofrecer formas orgánicas que resultan visualmente atractivas.

En cuanto al requisito que se resolvió de manera menos satisfactoria, es el precio final de la mesa. Aunque la mesa ofrece una gran versatilidad con sus diversas posiciones de uso, lo que la hace muy funcional, creo que su precio no está completamente justificado. No solo porque no cubre una necesidad vital, como comer o dormir, sino porque está más centrada en facilitar el día a día. Además, en ese rango de precios, es posible encontrar otros productos más atractivos y con una mayor utilidad, como dispositivos móviles, lo que puede hacer que el valor percibido de la mesa no sea competitivo.

Para resolver este problema, creo que hay dos enfoques que podrían ayudar. El primero sería cambiar el modelo de producción, que actualmente es en tipo taller, como se ha utilizado en colaboración con la empresa Orthomedical3D durante todo el proyecto. Al revisar el desglose de los costos en el apartado 5.4.3, es evidente que una gran parte del precio final de la mesa se debe al coste de la mano de obra. Por lo tanto, cambiar el enfoque de producción podría reducir significativamente esos costos. El segundo enfoque sería reemplazar algunas de las piezas actuales por otras que requieran un menor trabajo manual, lo que también podría contribuir a reducir el precio de la mesa.

De los dos enfoques propuestos anteriormente, empezaré analizando la opción de sustituir piezas que no requieran impresión 3D. Lo primero es identificar aquellas piezas de la mesa que pueden ser reemplazadas fácilmente por elementos estandarizados, sin perder funcionalidad. En este caso, la tabla de la mesa y las patas cumplen con estos requisitos.

La tabla de la mesa, que actualmente pesa 0,8 kg, y el conjunto de patas, que pesa 0,6 kg, tienen un coste material de aproximadamente 19,6 € y 15 €, respectivamente. En cuanto a la tabla, si se prescinde de la función de desmontarla, se podría comprar un tablero de madera maciza como el de la figura 62 por 15€ que daría para 2 mesas. Esto resultaría en solo en la mesa un ahorro de 12€ en costes de fabricación o de 16€ en el precio final. Para las patas se podrían comprar perfiles de aluminio rectangulares por su bajo peso, ahora bien, si buscamos ahorrar los de acero son más baratos. Además, por sus propiedades físicas podemos recurrir a dimensiones más pequeñas de las que tenemos puestas. Como vemos en las figuras 61 podríamos comprar 2m por 6€. Sin embargo, habría que sumarles mínimamente 1h de trabajo de 1 operario por lo que se nos quedaría al mismo precio al final.

ACEROPANEL
a la medida de tu proyecto

0,00 €

Inicio / Perfiles Acero / Perfil Tubo / Tubo Rectangular / Tubo rectángulo TUREC 20x10 1.5 mm.

Tubo rectángulo TUREC 20x10 1.5 mm.

20x10x1.5 mm
Acero Negro

Ref: 1803-626 Categoría: Tubo Rectangular
Tipo de material: Acero negro
5,84 €
Impuestos incluidos

Largo A Medida

A Medida
Largo 6 m.

A Medida: metros
Selecione y ponga medida (min. 0.01 m)

Cantidad: ✓ En stock

Añadir al Carrito

Figura 61- perfil acero conclusiones

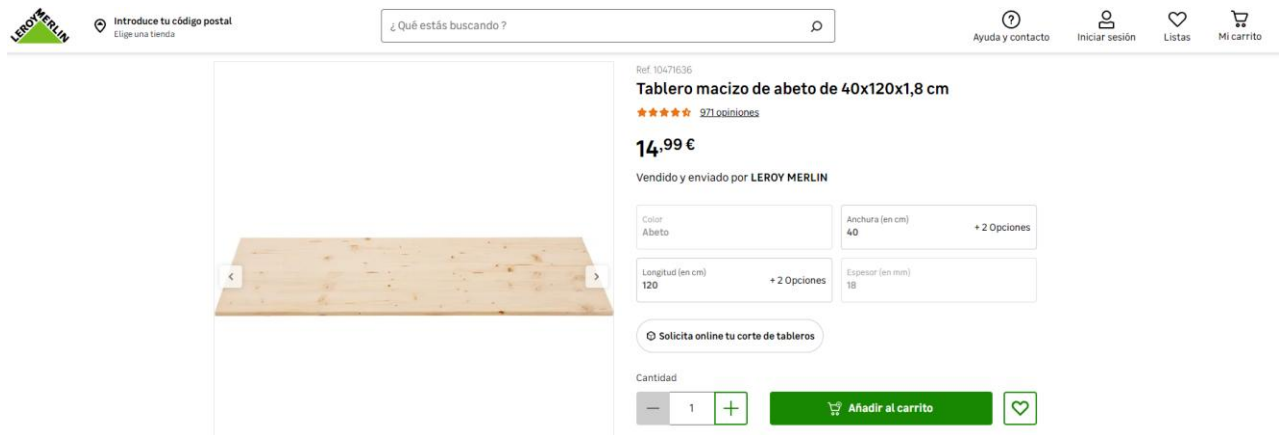


Figura 62- Tablero conclusiones

Como adelante anteriormente el reducir el precio por medio de recortar en materiales no es un buen enfoque. Para reducir de verdad el precio de la mesa hay que enfocar la producción en el producto y dejar de lado un poco la personalización de este. Hay que pensar en una forma de que el operario sea capaz de hacer más mesas por unidad de tiempo para así reducir costes. Para ello hay que renunciar a la impresión 3D y afrontar una inversión mayor para poder disponer de métodos de producción convencionales. Considero que el moldeo por inyección sería el más adecuado, ya que casi todas las piezas podrían ser fabricadas mediante este método. Las piezas que presentaría problemas serían las correderas por su espacio interno, pero si se separan en 2 piezas a parte se podrían fabricar.

Como reflexión final, quiero señalar que este proyecto me ha brindado una valiosa oportunidad para aprender de primera mano cómo se lleva a cabo el diseño y la producción de un producto en un entorno de fabricación tipo taller, un enfoque diferente al de las producciones en cadena que se suelen estudiar durante la carrera. Gracias a la colaboración con Orthomedical3D, no solo he podido adentrarme en el mundo de las ortoprótesis, sino también en los procesos de fabricación asociados a este sector, que tiene características y necesidades muy particulares.

Este proyecto me ha permitido comprender cómo, desde mi formación, puedo contribuir a cubrir las necesidades de las personas con discapacidad. Aunque este mercado es relativamente pequeño, a menudo se pasa por alto, y contar con soluciones que mejoren su calidad de vida es fundamental. He aprendido que las innovaciones en el diseño y la fabricación de productos adaptados pueden hacer una diferencia significativa en su día a día.

Por último, quiero resaltar la formación adquirida en el ámbito de la impresión 3D, tanto en el diseño de piezas como en el uso y manejo de las impresoras. Esta tecnología, que se encuentra en constante evolución, no solo me ha permitido desarrollar una comprensión técnica de su funcionamiento, sino también cómo aplicar sus ventajas en proyectos prácticos. La flexibilidad que ofrece la impresión 3D para prototipar y fabricar productos personalizados es, sin duda, un área clave en la que seguiré profundizando en mi carrera profesional.

7. Anexo

Anexo 1 – Entrevista Belén directora del centro ASPACE Valladolid

La entrevista que se muestra a continuación se ha elaborado y redactado según las anotaciones de las respuestas y la información proporcionada por la directora durante la entrevista.

¿Cuál es el principal problema de las mesas para los usuarios de sillas de ruedas en el centro?

El principal problema que presentan las mesas convencionales para los residentes radica en la falta de adaptabilidad para su uso. Los obstáculos más comunes que suelen presentar son que por su altura la mayoría de los reposabrazos de las sillas de ruedas chocan con la mesa a la hora de intentar ubicarse debajo de ella, esto también pasa con las piernas. Con el fin de abordar este desafío, la junta de Castilla y León nos proporcionó empalmes para las mesas, que buscaban solucionar estos problemas de accesibilidad. Sin embargo, aunque estos accesorios ofrecen ciertas mejoras, también presentan limitaciones significativas. Una de ellas es la dependencia adicional que implica el uso de estas mesas adaptadas, ya que los usuarios necesitan contar con una mesa adicional para su funcionamiento. Además, los empalmes carecen de adaptabilidad en altura, lo que dificulta la adaptación óptima a las necesidades individuales de cada usuario.

A continuación, presenté a la directora nueve mesas diseñadas para sillas de ruedas, para recabar su opinión al respecto.

El principal problema que veo es que aquellas que van fijadas en los reposabrazos resultaba incómodas en uso prolongado en tiempo por su baja altura. Después en esta mesa (referencia imagen), resaltó su inestabilidad ya que no ofrece una fijación necesaria para garantizar un uso seguro y conveniente. Me abstengo de opinar, ya que no he podido utilizarlas en la práctica y, por lo tanto, no puedo ofrecer una evaluación completa sobre su funcionalidad y eficacia en el contexto del centro.

¿Cuáles serían características deseables para ti en una mesa para silla de ruedas?

Para mí, algunas características deseables en una mesa para silla de ruedas incluirían, primero, que sea ajustable en altura e inclinación para adaptarse a las necesidades individuales de los pacientes del centro, especialmente al comer que por su baja movilidad se les debe poner a los hombros. Actualmente usamos el siguiente dispositivo.



Figura 63- Mesa ASPACE

Además, sería deseable que la mesa pudiese soportar el peso de la comida y vajillas holgadamente... unos 10 kilos. También valoro que la mesa sea lo suficiente rígida, dado que los pacientes pueden ejercer cierta fuerza sobre ella durante su uso. La superficie de uso deseable sería de ancho inferior a 92 cm, para que entrase por las puertas del centro, y de largo de entre 30 a 40 cm. Asimismo, prefiero que disponga de formas redondeadas para asegurar la seguridad de los pacientes. Que fuera fácil de montar porque hay muchos pacientes y así los que no son graves se la podrían montar ellos mismos.

- ¿Cómo suelen ser las sillas que dispones en el centro?

A lo largo de los años hemos ido consiguiendo todo tipo de sillas de ruedas, aunque en el centro lo que prima son las eléctricas ya que son las que brindan más autonomía a los pacientes, aunque hemos observado que en la mano del joystick acaban desarrollando artrosis.

Anexo 2 – Tablas antropométricas INSHT

Nº (Refer. ISO 7250:1996)	Designación	Tama · mue s t.	Media	Desv. típica	Erro r típico	Percentiles				
						P 1	P 5	P 50	P 95	P 99
1 Medidas tomadas con el sujeto de pie (mm)										
1 (4.1.1)	Masa corporal (peso, kg)	1711	70,46	12,70	0,307	46,9	51,0	70,0	92,7	102,8
2 (4.1.2)	Estatura (altura del cuerpo)	1723	1.663,23	83,89	2,021	1.479	1.525	1.665	1.803	1.855
3 (4.1.3)	Altura de los ojos	1722	1.557,96	82,31	1,985	1.382	1.423	1.558	1.699	1.747
4 (4.1.4)	Altura de los hombros	1722	1.382,12	76,28	1,838	1.217	1.256	1.384	1.508	1.558
5 (4.1.5)	Altura del codo	1721	1.027,24	58,03	1,399	900	932	1.027	1.122	1.165
6 (4.1.6)	Altura de la espina iliaca	1524	934,46	56,59	1,452	806	842	934	1.028	1.066
7 (4.1.8)	Altura de la tibia	1374	451,78	36,56	0,986	377	398	449	515	548
8 (4.1.9)	Espesor del pecho, de pie	1722	249,16	26,91	0,648	192	208	248	294	320
9 (4.1.10)	Espesor abdominal, de pie	1719	230,05	39,81	0,960	154	168	229	297	327
10 (4.1.11)	Anchura del pecho	1722	308,20	32,80	0,790	237	257	309	360	385
11 (4.1.12)	Anchura de caderas (de pie)	1723	343,30	24,31	0,586	288	306	342	385	404
2 Medidas tomadas con el sujeto sentado (mm)										
12 (4.2.1)	Altura sentado	1716	859,69	41,59	1,004	764	793	859	929	959
13 (4.2.2)	Altura de los ojos, sentado	1716	753,04	39,78	0,960	661	690	753	819	848
14 (4.2.3)	Altura del punto cervical, sentado	1716	631,26	35,23	0,850	552	574	631	688	714
15 (4.2.4)	Altura de los hombros, sentado	1719	578,66	33,70	0,813	500	524	579	635	660
16 (4.2.5)	Altura del codo, sentado	1711	224,98	26,44	0,639	169	182	224	269	294
17 (4.2.6)	Longitud hombro - codo	1721	354,75	25,48	0,614	291	312	356	395	410

18 (4.2.8)	Anchura de hombros, biacromial	1721	369,58	39,46	0,95 1	281	304	372	432	453
19 (4.2.10)	Anchura entre codos	1717	457,85	53,33	1,28 7	335	367	461	542	574
20 (4.2.11)	Anchura de caderas, sentado	1718	365,14	30,44	0,73 4	294	316	364	417	445
21 (4.2.12)	Longitud de la pierna (altura del poplíteo)	1721	418,17	29,17	0,70 3	350	368	419	464	487
22 (4.2.13)	Espesor del muslo, sentado	1710	144,78	18,89	0,45 7	100	112	145	174	188
23 (No incl.)	Altura del muslo, sentado	1712	558,21	35,14	0,84 9	473	498	558	615	632
24 (4.2.15)	Espesor abdominal, sentado	1719	240,12	44,11	1,06 4	156	173	238	314	349
3 Medidas de segmentos específicos del cuerpo (mm)										
25 (4.3.1)	Longitud de la mano	1719	182,94	11,88	0,28 7	155	163	183	202	209
26 (4.3.3)	Anchura de la palma de la mano (en metacarpianos)	1719	85,29	7,86	0,19 0	68	72	86	97	102
27 (4.3.4)	Longitud del dedo índice	1378	72,00	5,13	0,13 8	61	64	72	81	85
28 (4.3.5)	Anchura proximal dedo índice	1722	19,88	1,99	0,04 8	16	17	20	23	24
29 (4.3.6)	Anchura distal del dedo índice	1723	17,29	2,03	0,04 9	13	14	17	20	22
30 (4.3.7)	Longitud del pie	1721	251,55	17,80	0,42 9	210	221	253	279	290
31 (4.3.8)	Anchura del pie	1715	97,10	8,61	0,20 8	71	84	98	110	115
32 (4.3.9)	Longitud de la cabeza	1717	187,38	8,68	0,20 9	166	173	187	201	206
33 (4.3.10)	Anchura de la cabeza	1719	144,74	7,68	0,18 5	126	132	145	157	162
34 (4.3.11)	Longitud de la cara (nasion-mentón)	1570	124,97	11,48	0,29 0	104	110	124	142	159

35 (4.3.12)	Perímetro de la cabeza	1698	565,63	20,05	0,48 7	520	533	565	598	611
36 (4.3.13)	Arco sagital de la cabeza	1715	354,30	25,47	0,61 5	299	315	352	400	419
37 (4.3.14)	Arco bitragial	1718	359,51	19,80	0,47 8	312	326	360	391	402
38 (No incl.)	Distancia interpupilar	1717	62,76	4,39	0,10 6	52	56	63	70	73
4 Medidas funcionales (mm)										
39 (4.4.2)	Alcance máximo horizontal (puño cerrado)	1719	698,83	54,25	1,30 8	570	606	700	785	818
40 (4.4.3)	Longitud codo-puño	1715	335,93	25,58	0,61 8	275	292	337	376	393
41 (4.4.4)	Altura del tercer metacarpiano	1568	732,87	43,45	1,09 7	633	662	733	807	836
42 (4.4.5)	Longitud codo-punta de dedos	1717	447,32	30,23	0,73 0	381	396	448	495	514
43 (4.4.6)	Profundidad de asiento	1721	493,52	28,05	0,67 6	426	450	492	540	568
44 (4.4.7)	Longitud rodilla-trasero	1719	590,75	31,52	0,76 0	523	541	590	644	667
45 (4.4.8)	Perímetro del cuello	1718	368,31	37,21	0,89 8	292	308	373	425	448
46 (4.4.9)	Perímetro torácico, de pie	1707	968,86	91,01	,203	788	826	970	1.11 7	1.21 0
47 (4.4.10)	Perímetro de cintura, de pie	1721	871,72	118,9 3	2,86 7	642	680	872	1.05 6	1.14 7
48 (4.4.11) 1	Perímetro dula muñeca	1712	166,10	13,73	0,33 2 1	137	143	168	187	196

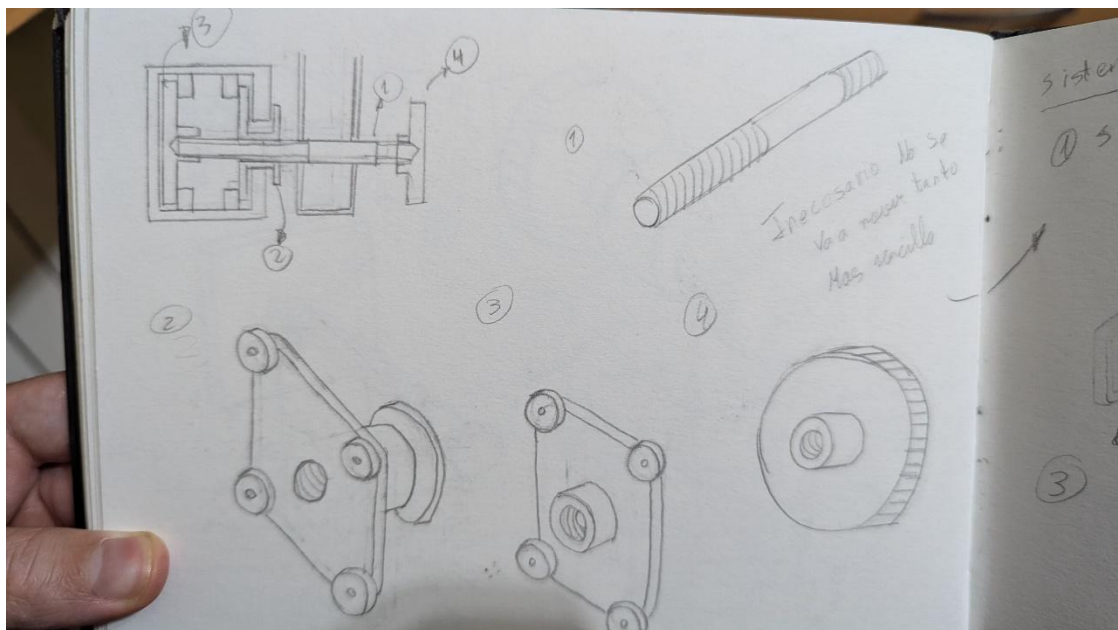
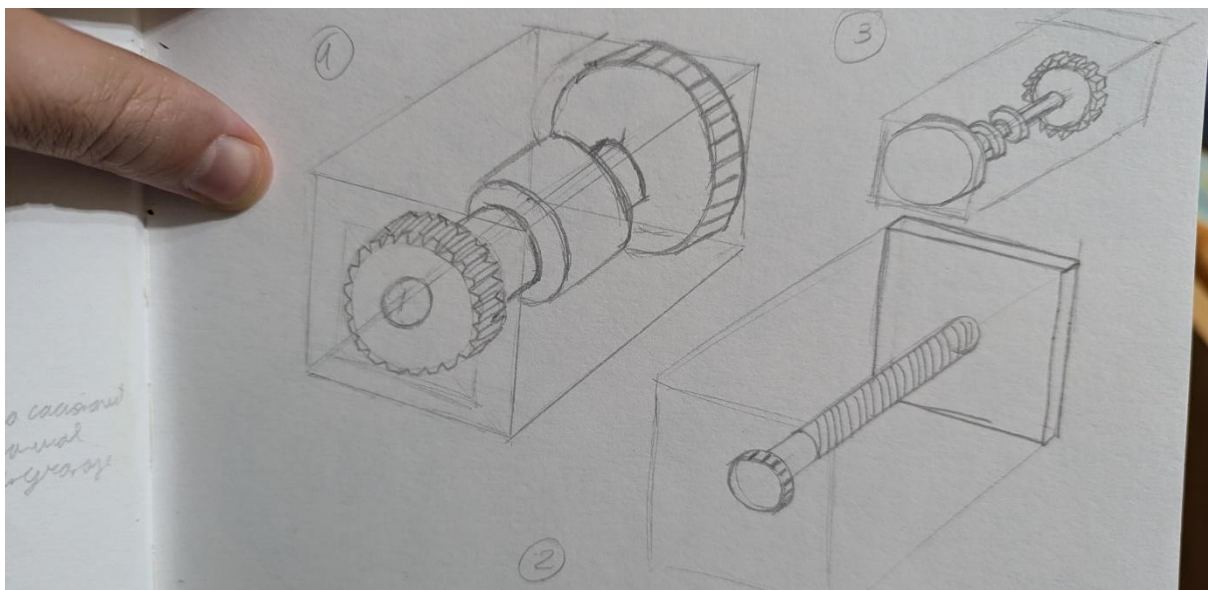
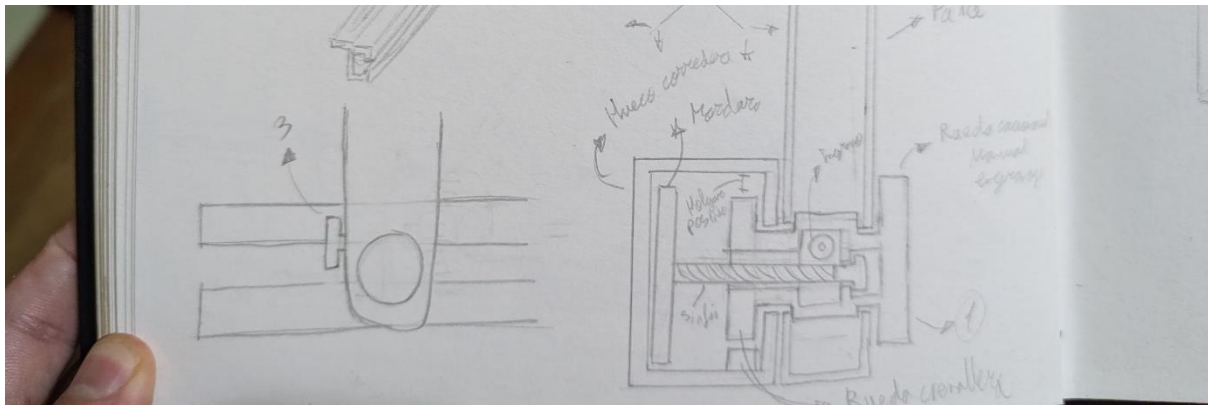
Anexo 3 – Tablas antropométricas Estructplan

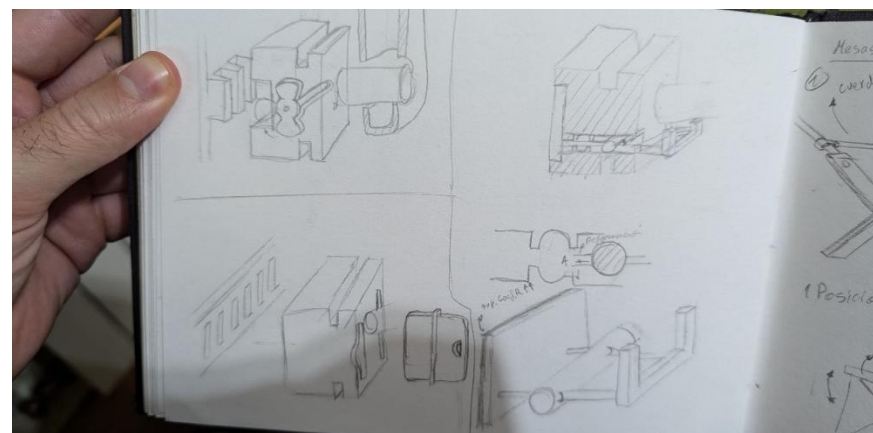
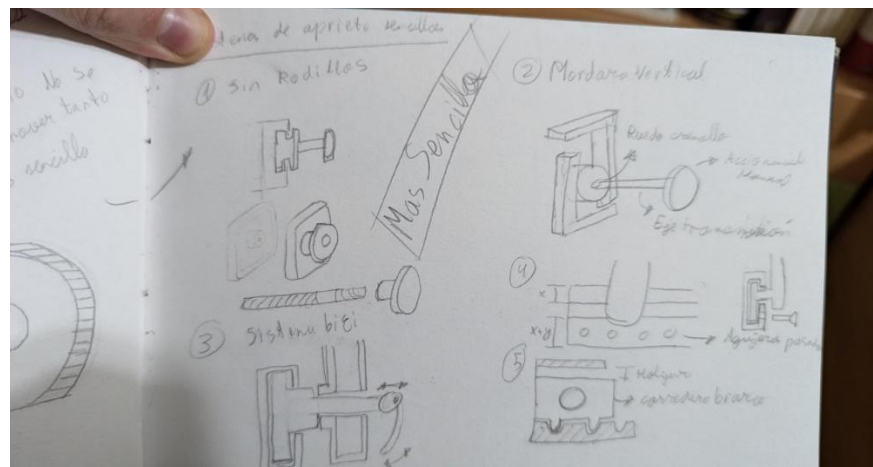
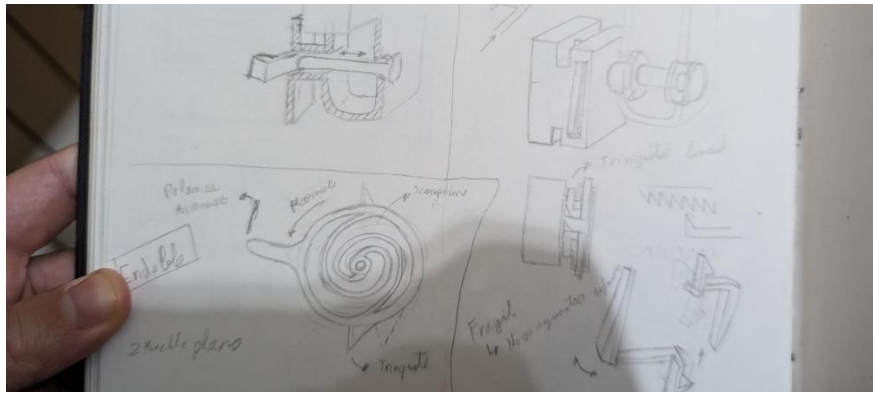
Tabla 4.
Caracterización dimensiones antropométricas de mano de la población de funcionarios de mantención de HCUCH HRR CMSJ y FMUCH.

Dimensiones antropométricas de la mano	Media de las dimensiones antropométricas de mano (cm)	Desviación estándar	Mínimo (cm)	Máximo (cm)
LM	10,43	0,71	9,1	12
LMM	18,83	1,00	17,1	21,1
AM	8,53	0,56	7,0	9,8
AMM	10,55	1,29	8,8	16,5
DA	14,97	1,09	12,3	17,0
EM	2,80	0,33	2,0	4,0
CM	20,53	1,21	17,8	23,5
CMM	25,10	1,32	22,1	27,7
LF1	6,47	0,52	5,2	7,4
LF2	9,51	0,62	8,4	11,0
LF3	10,68	0,65	9,4	12,0
LF4	10,12	0,75	8,4	11,8
LF5	7,88	0,62	6,3	9,3

LM: Largo de mano, **LMM:** Largo máximo, **AM:** Ancho de la mano, **AMM:** Ancho máximo de mano, **DA:** Diámetro de agarre, **EM:** Espesor de la mano, **CM:** Circunferencia de mano, **CMM:** Circunferencia máxima de mano, **LF1:** Longitud máxima de primera falange, **LF2:** Longitud máxima de segunda falange, **LF3:** Longitud máxima de tercera falange, **LF4:** Longitud máxima de cuarta falange, **LF5:** Longitud máxima de quinta falange. Todas las medidas están expresadas en cm.

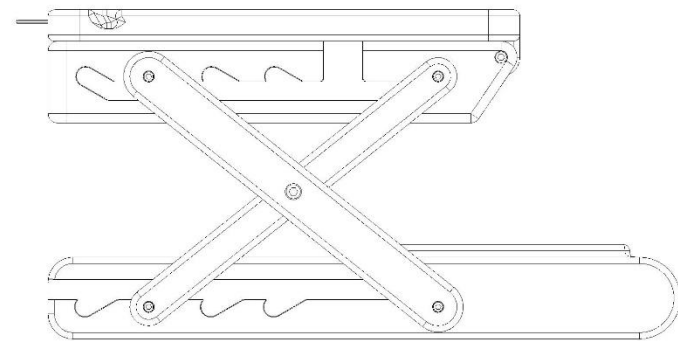
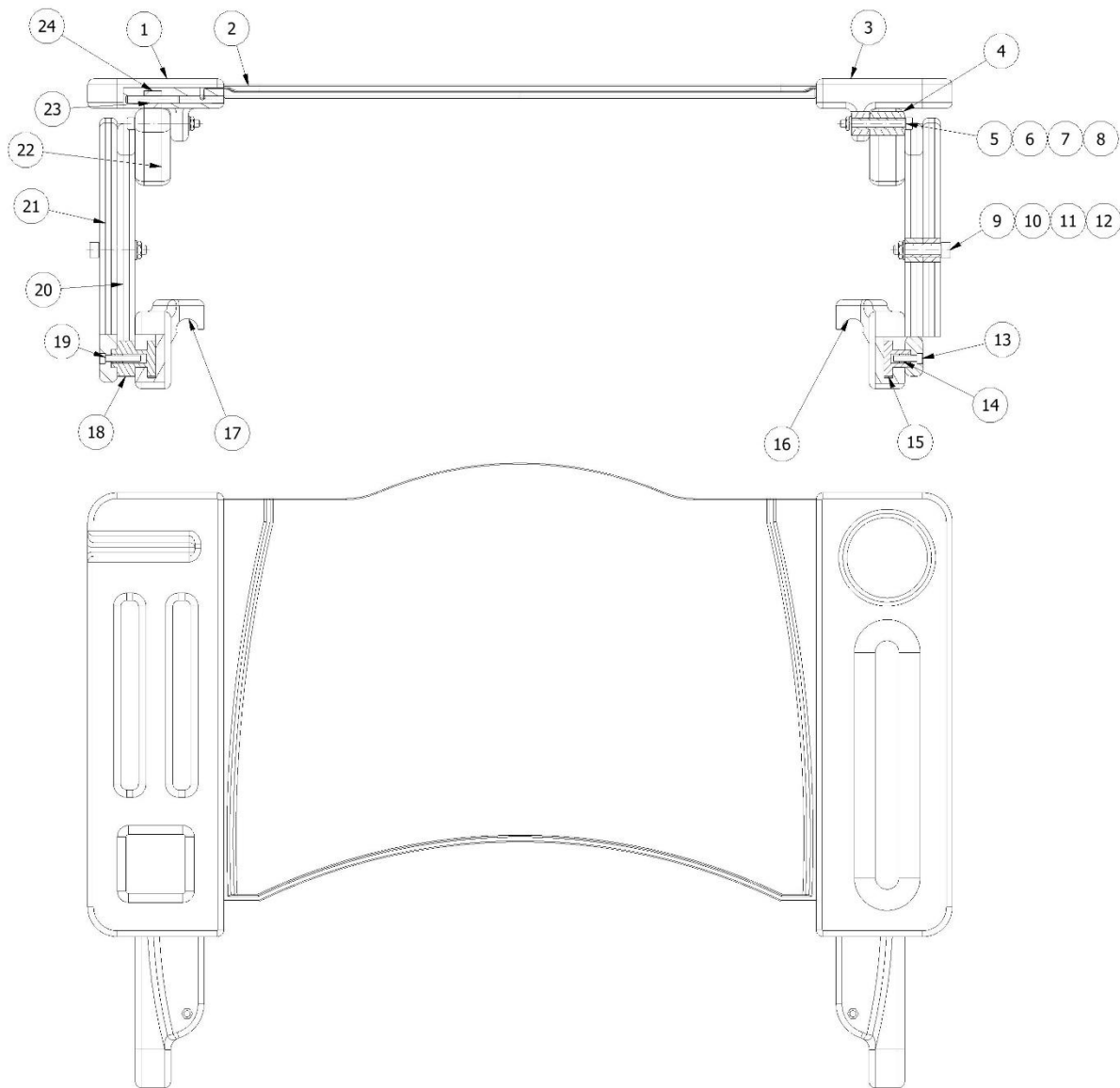
Anexo 4 – Bocetos mecanismos de corredera





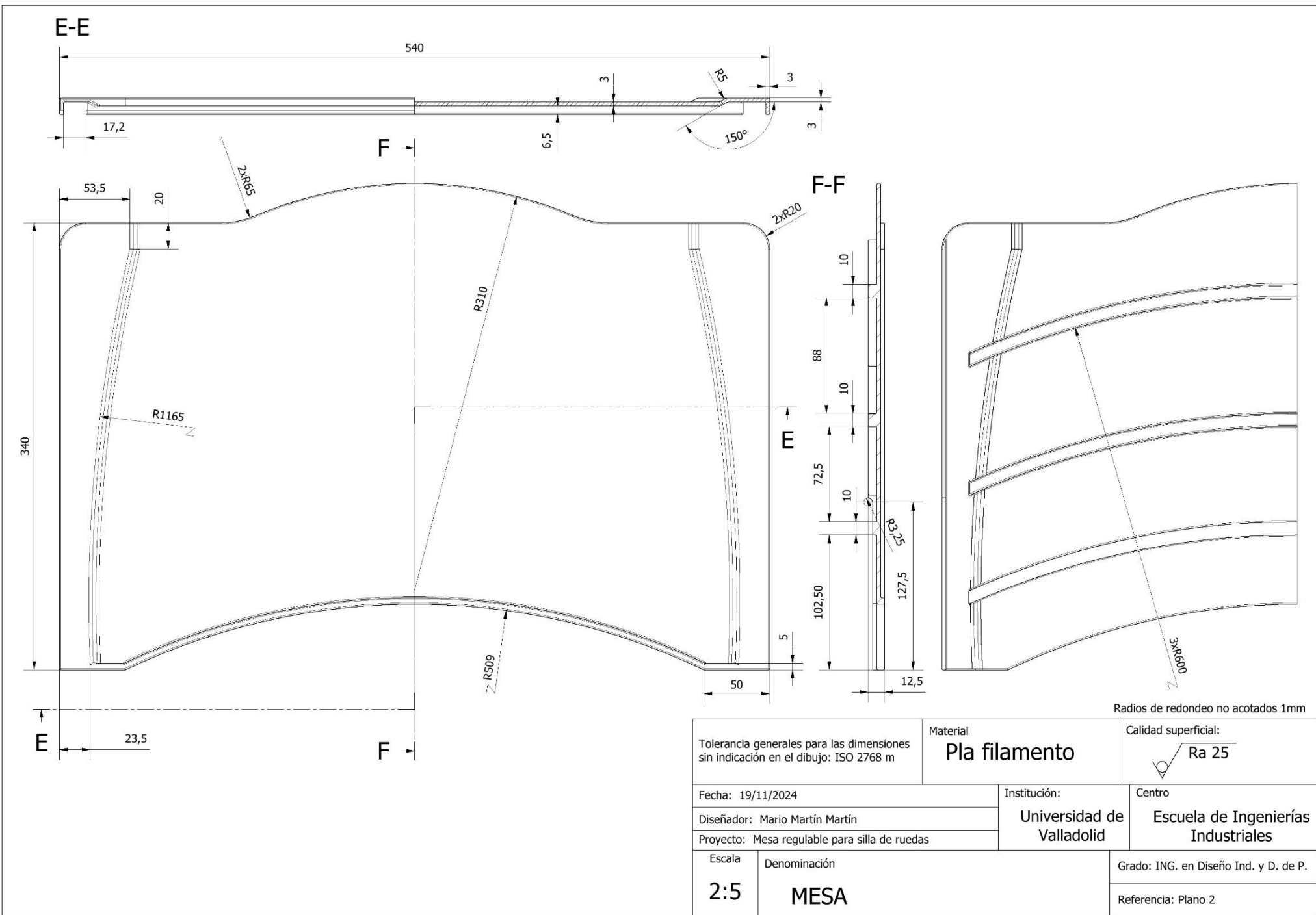
Anexo 5 – Planos V2

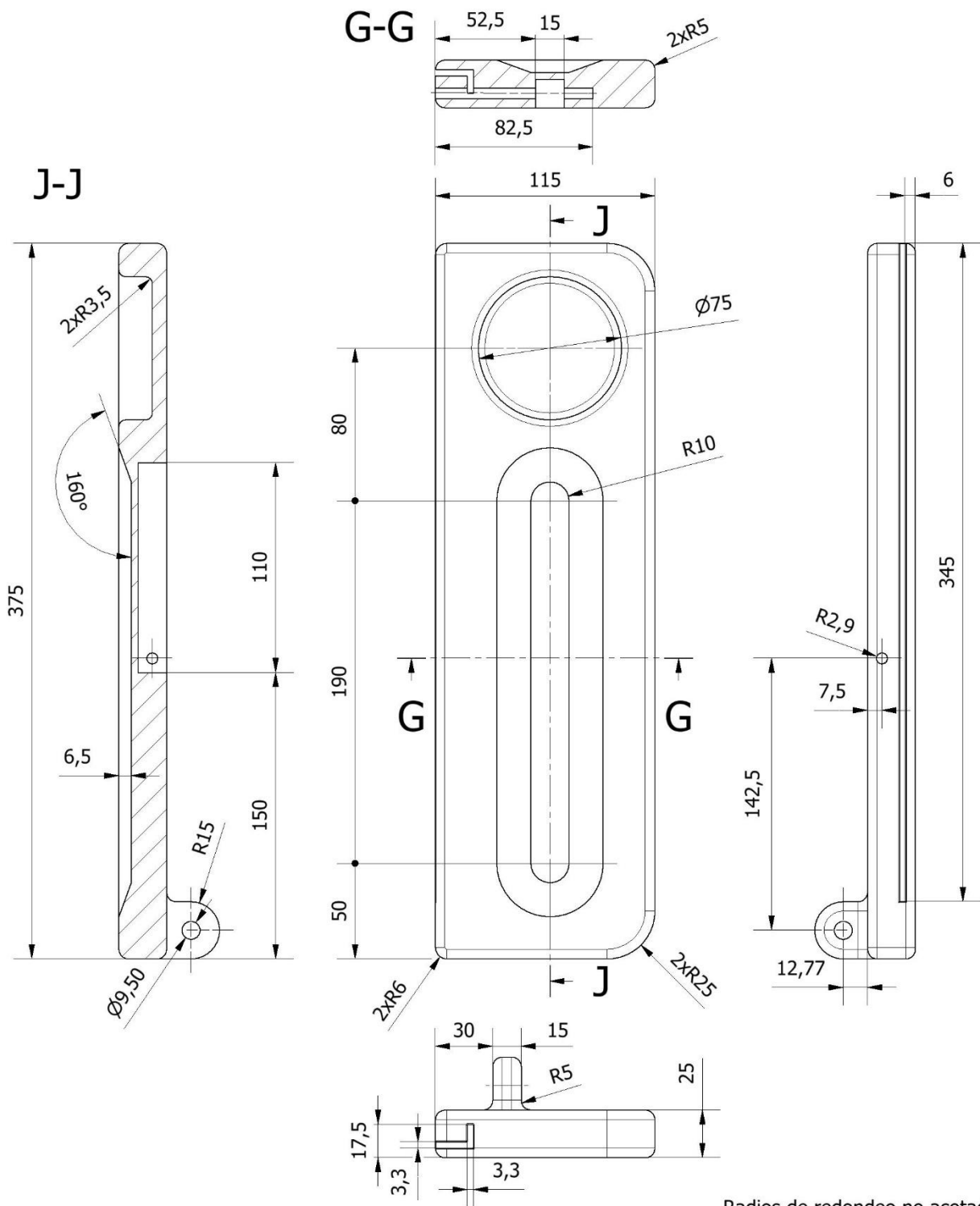
Los planos que se muestran en este anexo no están a una escala real para cumplir con los formatos de papel de la APA7. Los que tienen el formato correcto se anexan en el anejo.




Institución: Universidad de Valladolid		Centro: Escuela de Ingenierías Industriales	Grado: Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
Escala	Denominación:		Fecha: 29/11/2024
1 : 4	Mesa regulable para silla de ruedas		Diseñador: Mario Martín

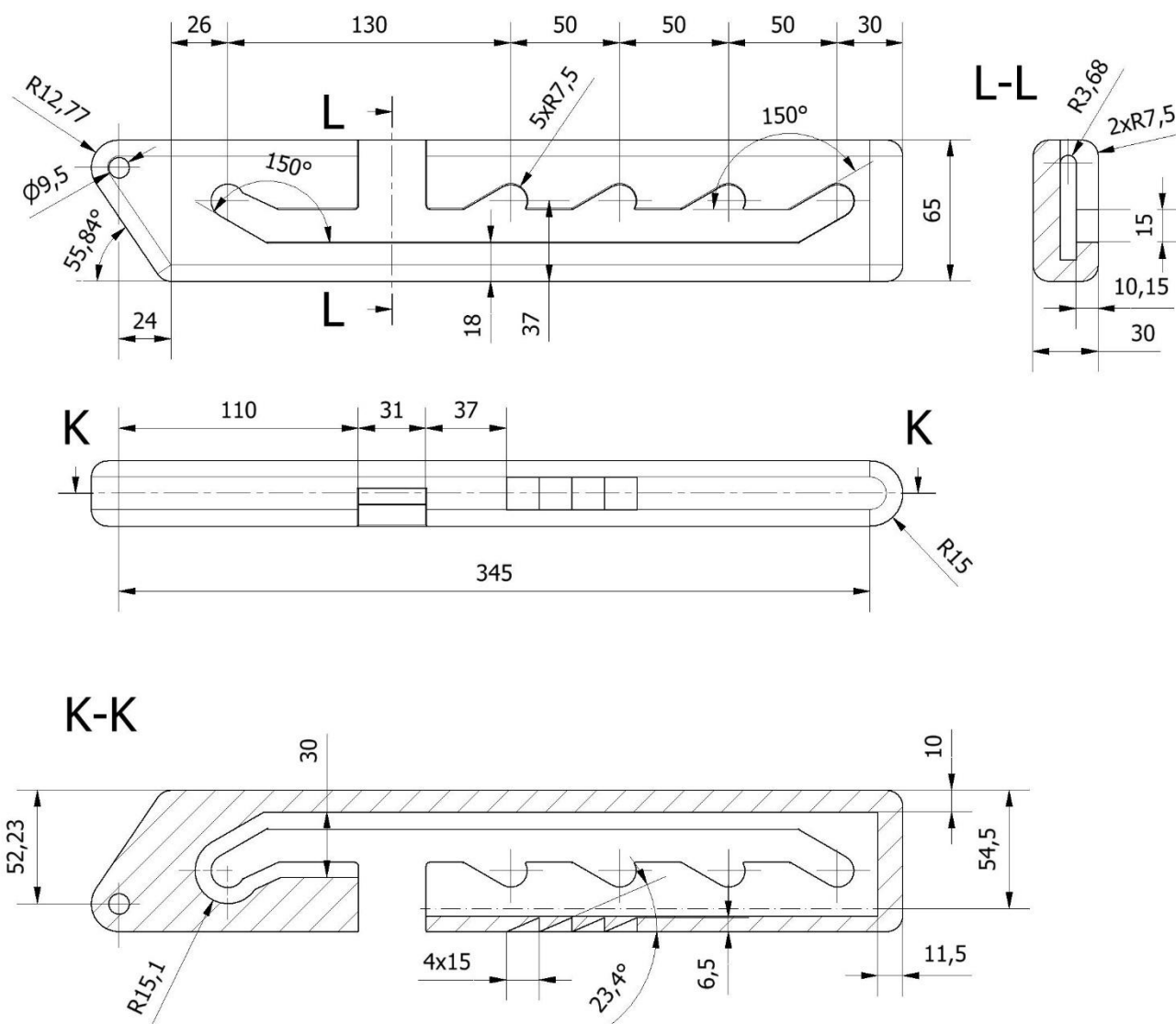
Marca	Denominación	Nº de Piezas	REFERENCIA	MATERIAL
1	Atril IZQ	1	Plano 1	Pla filamento
2	Mesa	1	Plano 2	Pla filamento
3	Atril DCH	1	Plano 3	Pla filamento
4	Corredera TOP DCH	1	Plano 4	Pla filamento
5	Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal ISO 4762 - M6 x 55	2	EN ISO 4762	Acero, suave
6	Arandela ISO 7089 - 6 - 200HV	2	EN ISO 7089	Acero inoxidable
7	Tuerca hexagonal autoblocante ISO 10511 - M6 A2	2	UNE-EN ISO 4035	Acero inoxidable, 440C
8	Casquillo arriba	2	Plano 5	Pla filamento
9	Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal ISO 4762 - M8 x 40	2	EN ISO 4762	Acero, suave
10	Arandela ISO 7089 - 8 - 200HV	2	EN ISO 7089	Acero inoxidable
11	Tuerca hexagonal autoblocante ISO 10511 - M8 A2	2	UNE-EN ISO 4035	Acero inoxidable, 440C
12	Casquillo eje	2	Plano 6	Pla filamento
13	Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal ISO 4762 - M5 x 20	4	EN ISO 4762	Acero, suave
14	Inserto atornillado M5x10 DIN7965	8	DIN EN ISO 7965	Acero, suave
15	Corredera INT	4	Plano 7	Pla filamento
16	Abajo DCH	1	Plano 8	Pla filamento
17	Abajo IZQ	1	Plano 9	Pla filamento
18	Corredera EXT	4	Plano 10	Pla filamento
19	Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal ISO 4762 - M5 x 30	4	EN ISO 4762	Acero, suave
20	Brazo INT	2	Plano 11	Pla filamento
21	Brazo EXT	2	Plano 12	Pla filamento
22	Corredera TOP IZQ	1	Plano 13	Pla filamento
23	Pasador cilíndrico ISO 2338 - 6 h8 x 45 - A1	2	EN ISO 2338	Acero inoxidable, austenítico
24	Pata atril	2	Plano 14	Pla filamento
Institución: Universidad de Valladolid		Centro: Escuelas de Ingenierías Industriales		Grado: Ingeniería en diseño industrial y desarrollo de producto
Denominación: Lista de piezas			Fecha: 29/11/2024	
			Diseñador: Mario Martín	





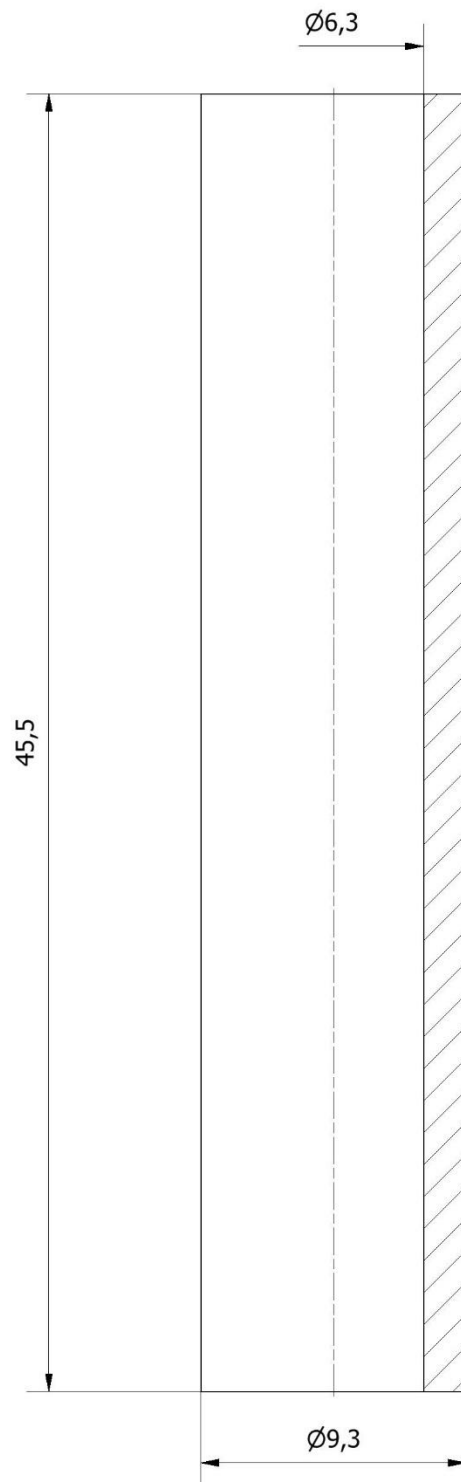
Radios de redondeo no acotados 1mm


Tolerancia generales para las dimensiones sin indicación en el dibujo: ISO 2768 m		Material Pla filamento		Calidad superficial:  Ra 25	
Fecha: 02/04/2024			Institución: Universidad de Valladolid		Centro Escuela de Ingenierías Industriales
Diseñador: Mario Martín Martín					
Proyecto: Mesa regulable para silla de ruedas					
Escala 1 : 3	Denominación Atril DCH			Grado: ING. en Diseño Ind. y D. de P.	
Referencia: Plano 3					

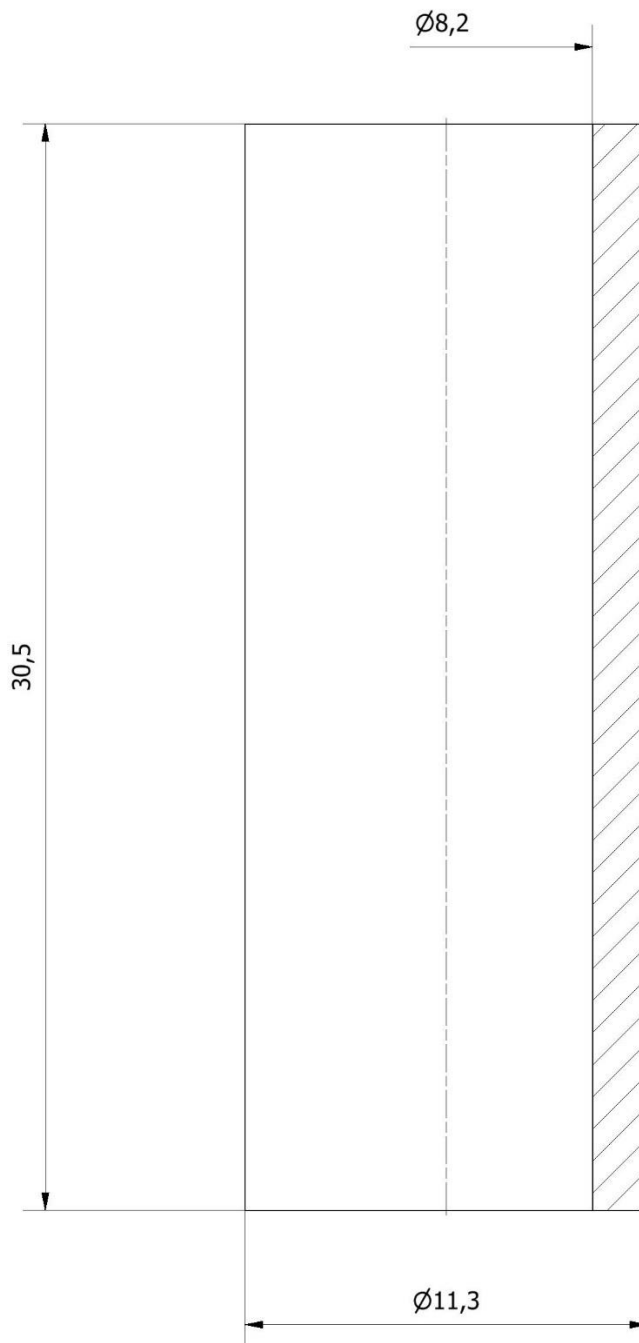



Radios de redondeo no acotados 1mm

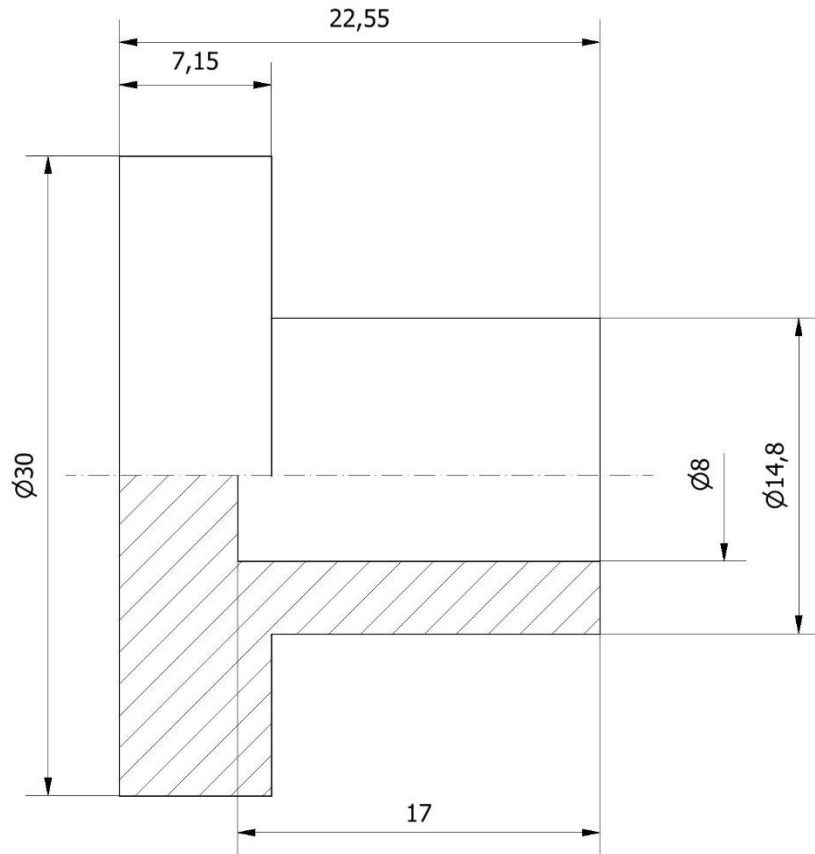
Tolerancia generales para las dimensiones sin indicación en el dibujo: ISO 2768 m		Material Pla filamento		Calidad superficial:  Ra 25		
Fecha: 02/04/2024			Institución: Universidad de Valladolid		Centro	
Diseñador: Mario Martín Martín					Escuela de Ingenierías Industriales	
Proyecto: Mesa regulable para silla de ruedas						
Escala 1 : 3	Denominación Corredera TOP DCH				Grado: ING. en Diseño Ind. y D. de P.	
					Referencia: Plano 4	




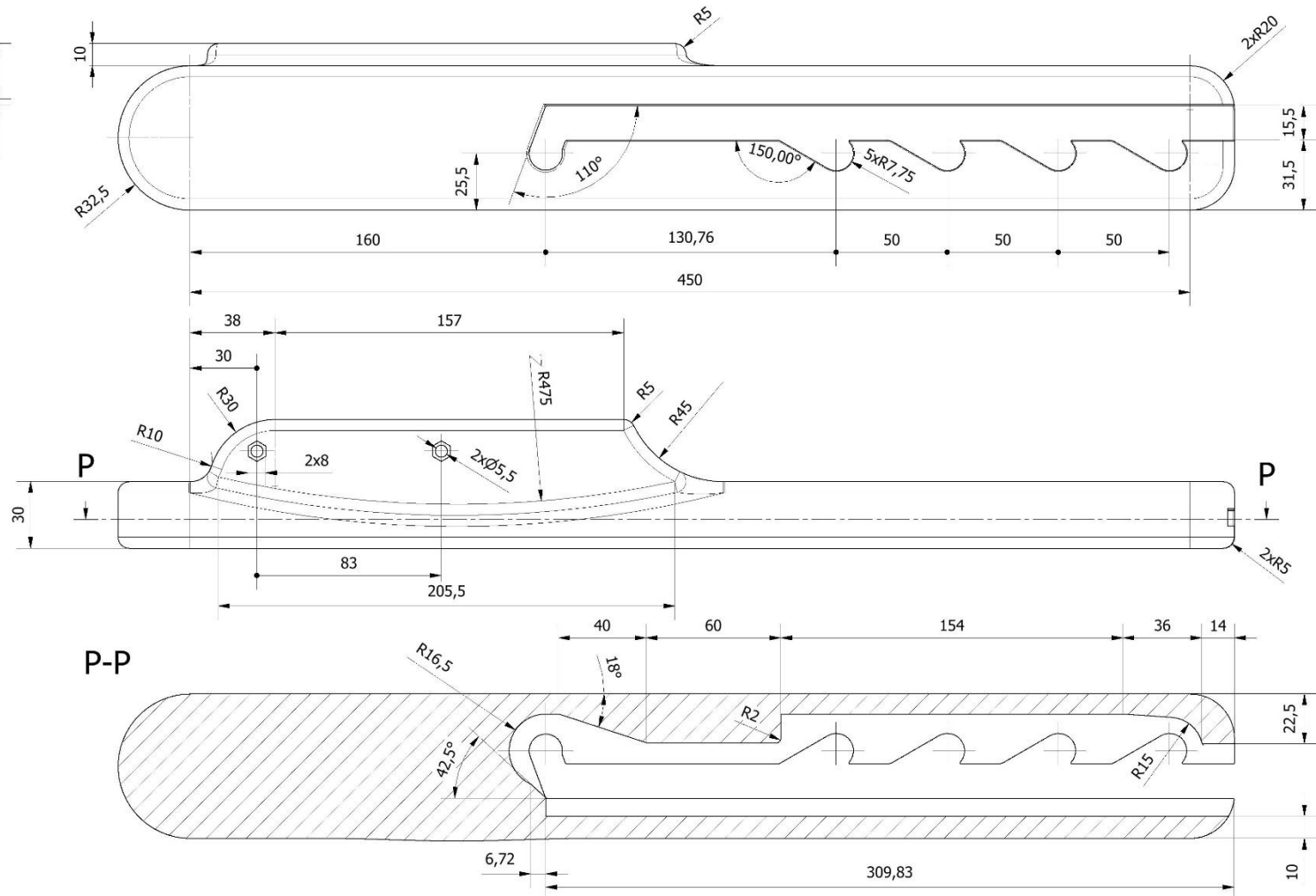
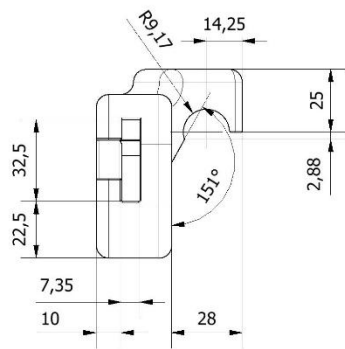
Tolerancia generales para las dimensiones sin indicación en el dibujo: ISO 2768 m		Material Pla filamento		Calidad superficial:  Ra 25	
Fecha: 16/06/2024			Institución: Universidad de Valladolid		Centro Escuela de Ingenierías Industriales
Diseñador: Mario Martín Martín					
Proyecto: Mesa regulable para silla de ruedas					
Escala 4 : 1	Denominación Casquillo arriba				Grado: ING. en Diseño Ind. y D. de P.
					Referencia: Plano 5



Tolerancia generales para las dimensiones sin indicación en el dibujo: ISO 2768 m		Material Pla filamento		Calidad superficial:  Ra 25	
Fecha: 07/06/2024			Institución: Universidad de Valladolid		Centro Escuela de Ingenierías Industriales
Diseñador: Mario Martín Martín					
Proyecto: Mesa regulable para silla de ruedas					
Escala 5 : 1	Denominación Casquillo eje				Grado: ING. en Diseño Ind. y D. de P.
					Referencia: Plano 6

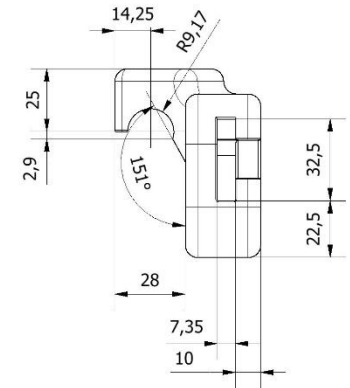
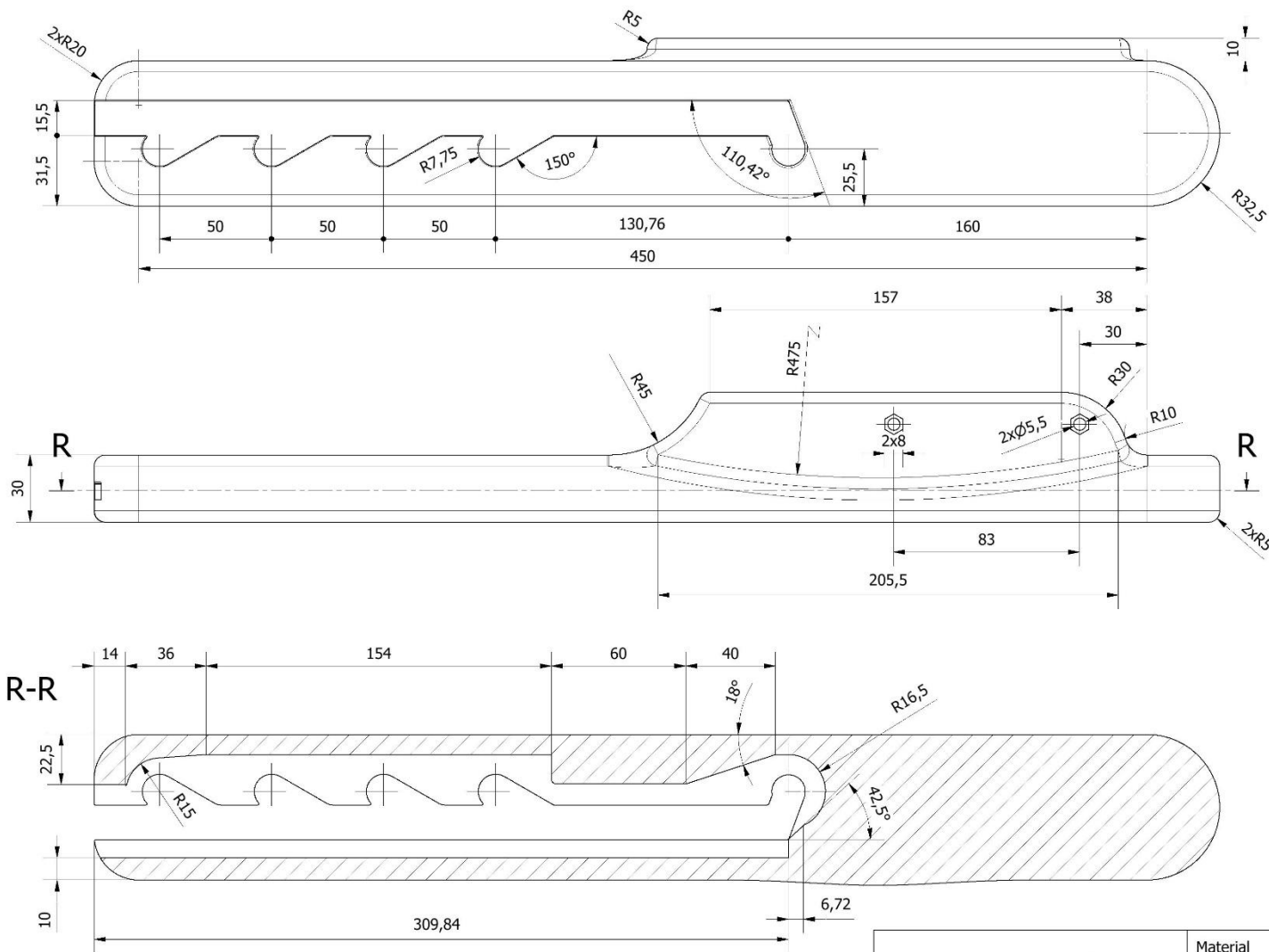


Tolerancia generales para las dimensiones sin indicación en el dibujo: ISO 2768 m		Material Pla filamento		Calidad superficial:  Ra 25	
Fecha: 02/04/2024			Institución: Universidad de Valladolid		Centro Escuela de Ingenierías Industriales
Diseñador: Mario Martin Martin					
Proyecto: Mesa regulable para silla de ruedas					
Escala 3 : 1	Denominación Corredera INT				Grado: ING. en Diseño Ind. y D. de P.
					Referencia: Plano 7



Radios de redondeo no acotados 0,5mm

Tolerancia generales para las dimensiones sin indicación en el dibujo: ISO 2768 m		Material Pla filamento		Calidad superficial:  Ra 25			
Fecha: 02/04/2024			Institución: Universidad de Valladolid		Centro Escuela de Ingenierías Industriales		
Diseñador: Mario Martín Martín							
Proyecto: Mesa regulable para silla de ruedas							
Escala 1 : 2	Denominación Abajo DCH				Grado: ING. en Diseño Ind. y D. de P.		
						Referencia: Plano 8	



Radios de redondeo no acotados 0,5mm

Tolerancia generales para las dimensiones sin indicación en el dibujo: ISO 2768 m

Material
Pla filamento

Calidad superficial:

Ra 25

Fecha: 02/04/2024

Institución:

Centro

Diseñador: Mario Martín Matrán

Universidad de
Valladolid

Escuela de Ingenierías
Industriales

Proyecto: Mesa regulable para silla de ruedas

Escala

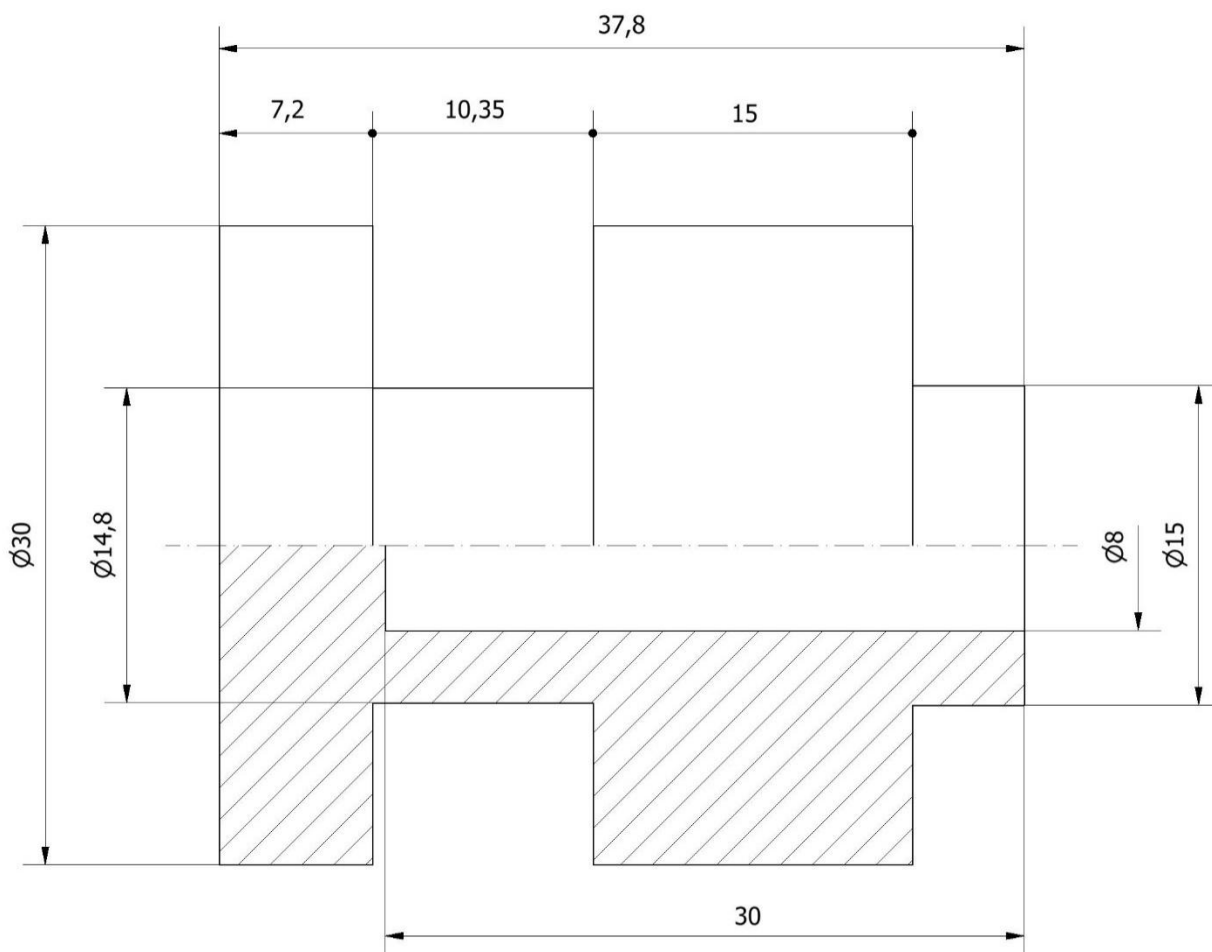
Denominación

Grado: ING. en Diseño Ind. y D. de P.

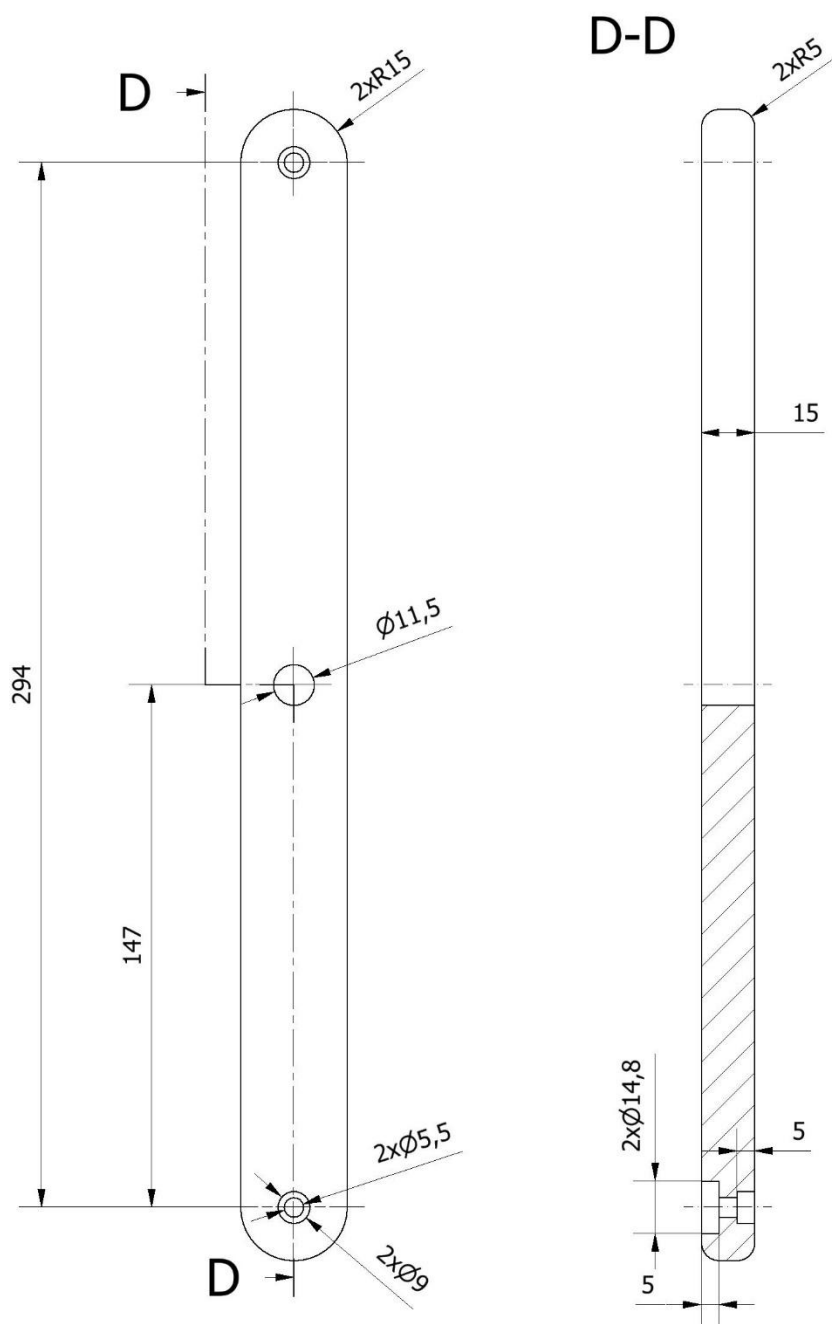
1 : 2

Abajo IZQ

Referencia: Plano 9



Tolerancia generales para las dimensiones sin indicación en el dibujo: ISO 2768 m		Material Pla filamento	Calidad superficial:  Ra 25
Fecha: 02/04/2024		Institución: Universidad de Valladolid	Centro
Diseñador: Mario Martin Martin			Escuela de Ingenierías Industriales
Proyecto: Mesa regulable para silla de ruedas			
Escala 3 : 1	Denominación Corredera EXT		Grado: ING. en Diseño Ind. y D. de P.
			Referencia: Plano 10




Tolerancia generales para las dimensiones
sin indicación en el dibujo: ISO 2768 m

Material

Pla filamento

Calidad superficial:

 **Ra 25**

Fecha: 02/04/2024

Institución:

Centro

Diseñador: Mario Martin Martin

**Universidad de
Valladolid**

**Escuela de Ingenierías
Industriales**

Proyecto: Mesa regulable para silla de ruedas

Escala

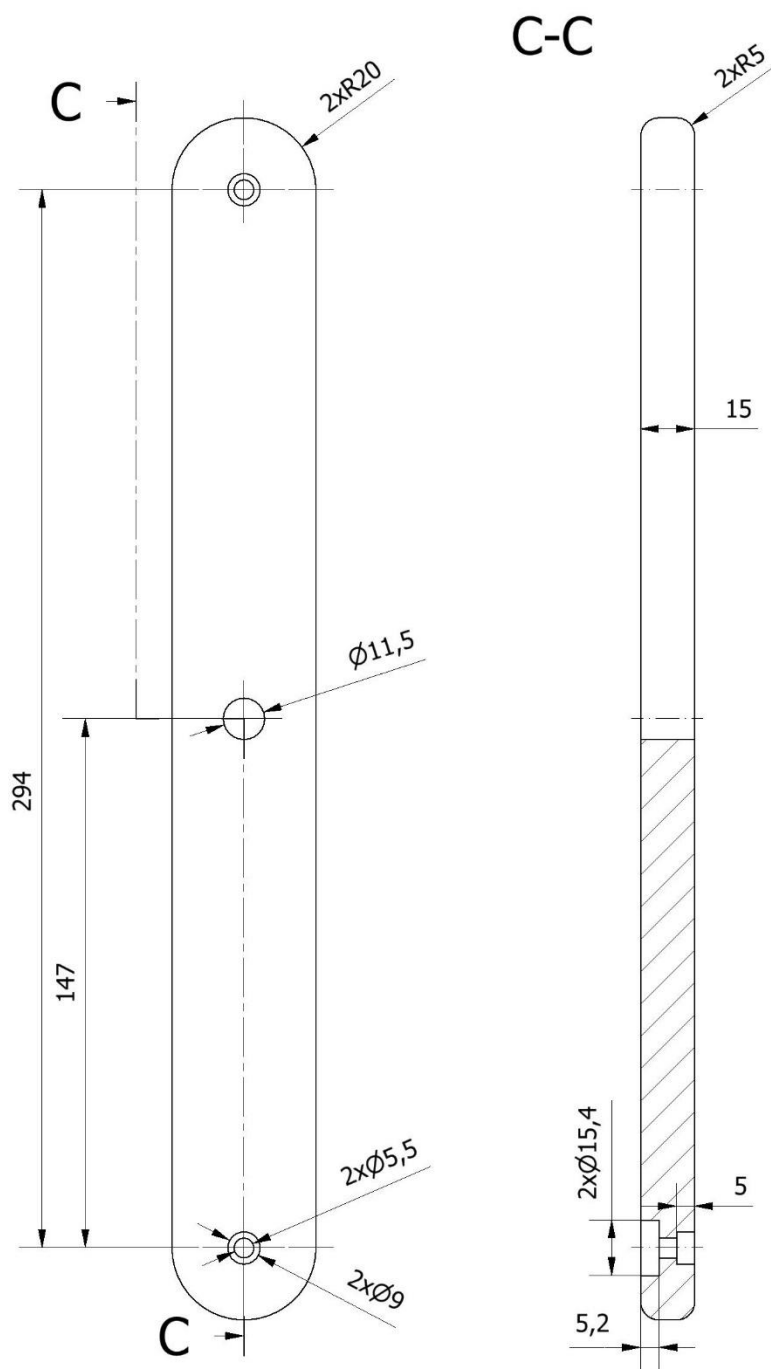
Denominación

Grado: ING. en Diseño Ind. y D. de P.

1 : 2

Brazo INT

Referencia: Plano 11



Tolerancia generales para las dimensiones
sin indicación en el dibujo: ISO 2768 m

Material

Pla filamento

Calidad superficial:



Fecha: 02/04/2024

Diseñador: Mario Martin Martin

Proyecto: Mesa regulable para silla de ruedas

Institución:

**Universidad de
Valladolid**

Centro

**Escuela de Ingenierías
Industriales**

Escala

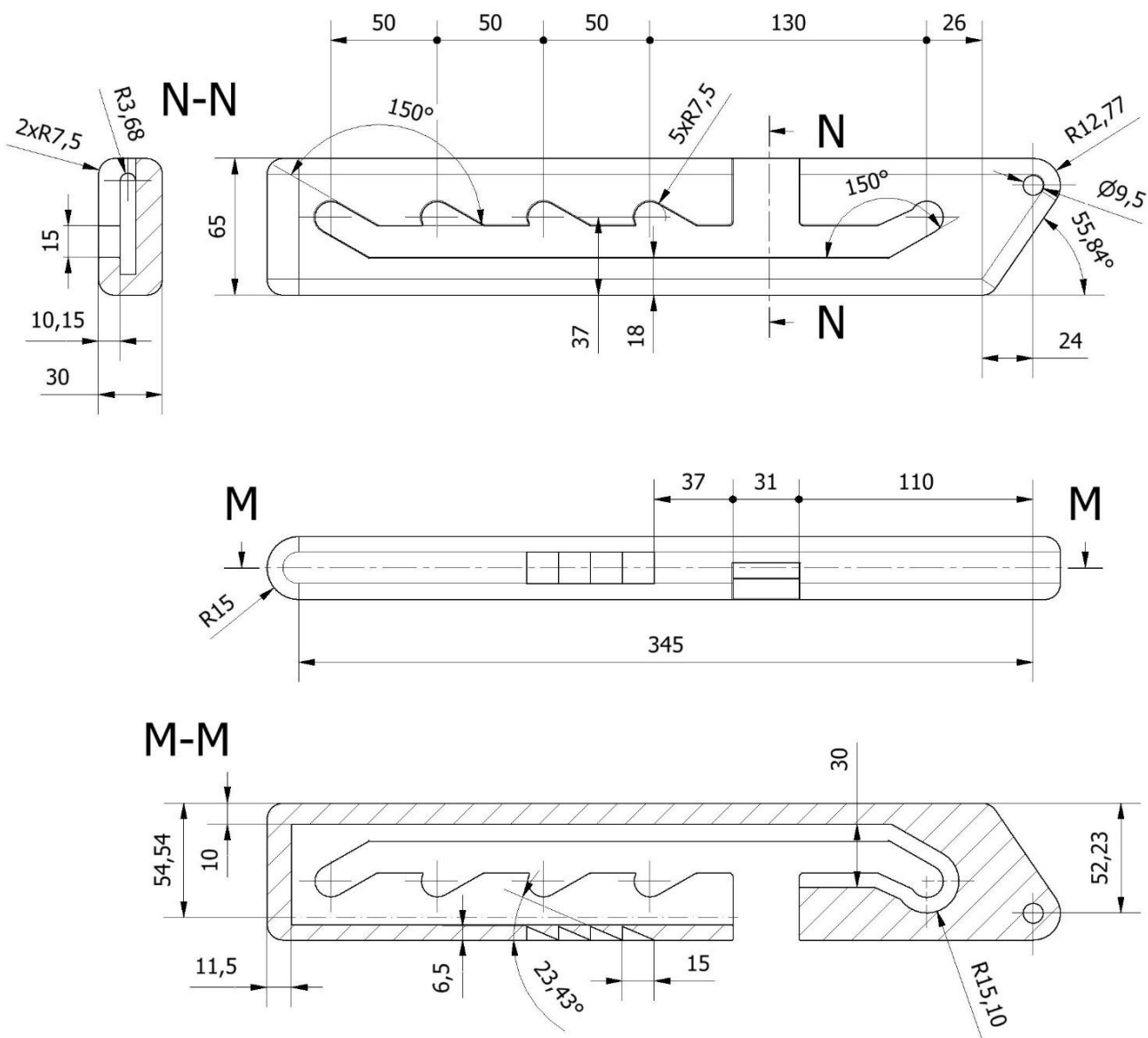
1 : 2

Denominación

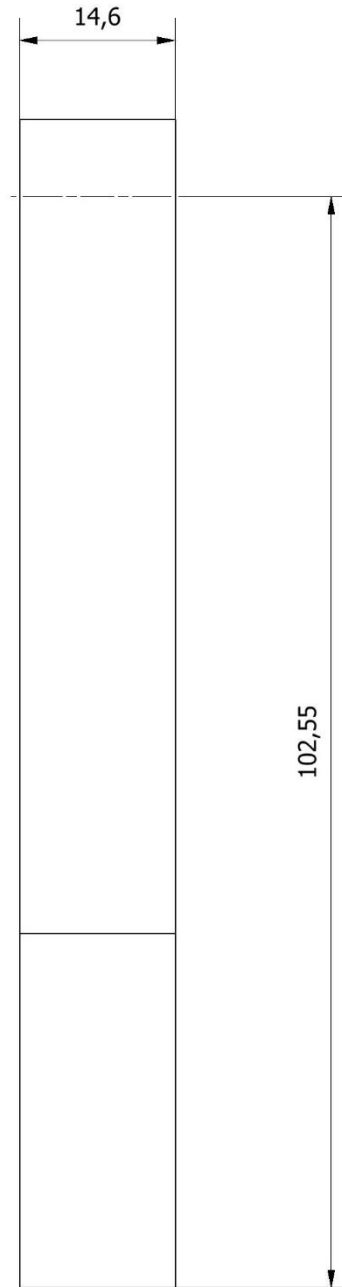
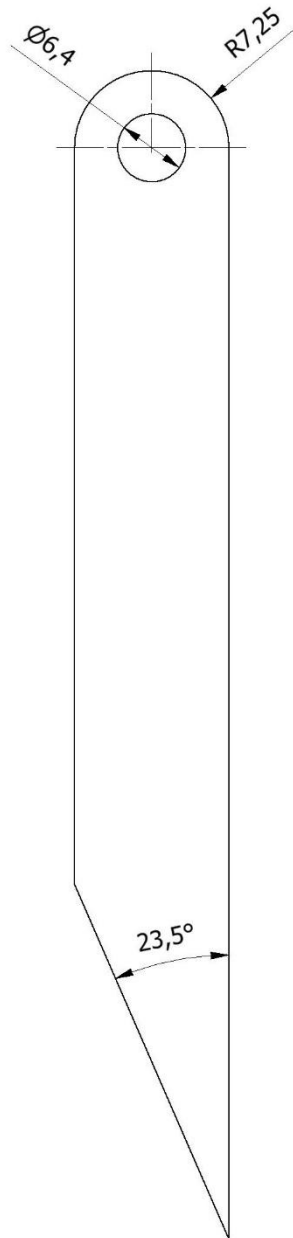
Brazo EXT DCH


Grado: ING. en Diseño Ind. y D. de P.

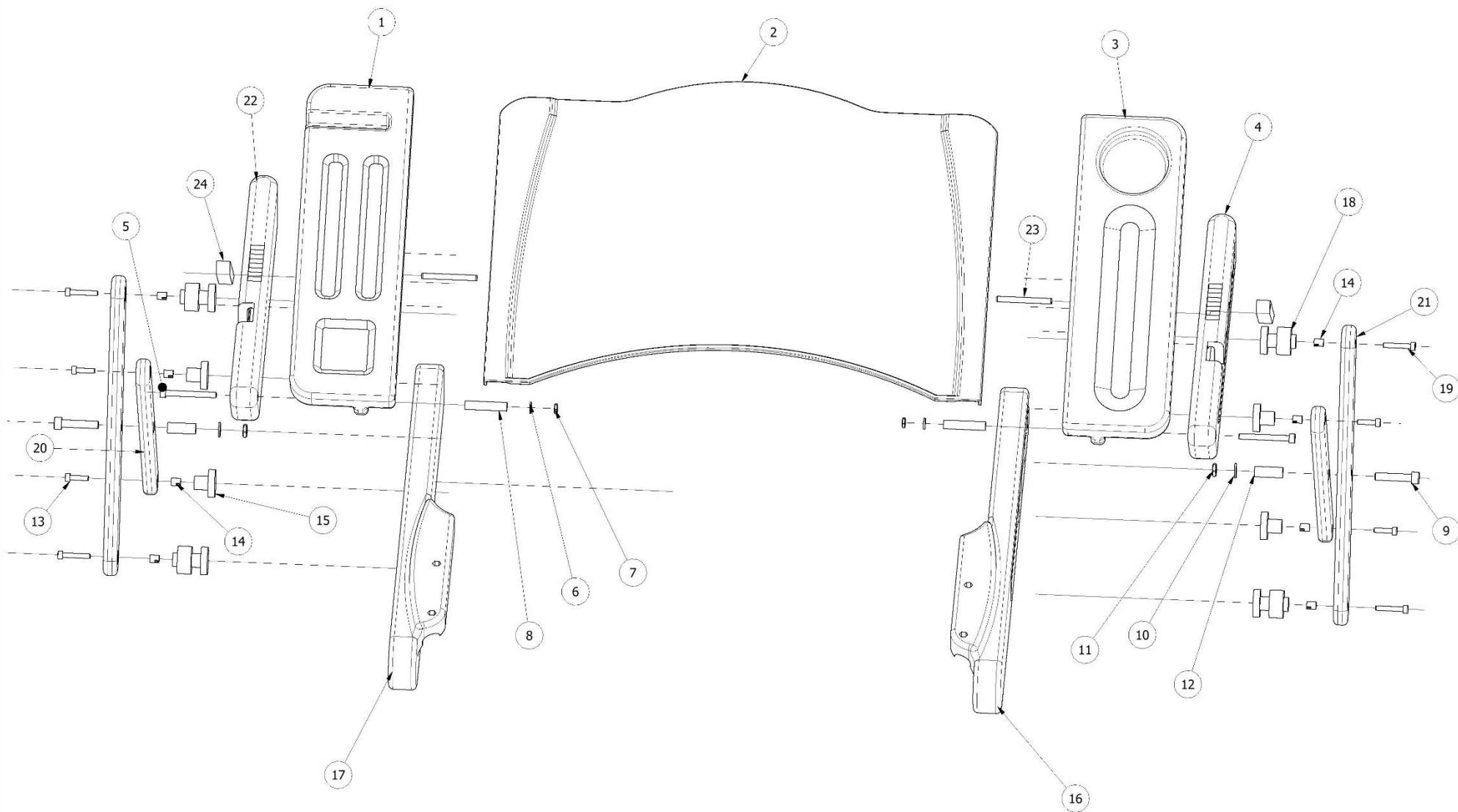
Referencia: Plano 12



Tolerancia generales para las dimensiones sin indicación en el dibujo: ISO 2768 m		Material Pla filamento		Calidad superficial:  Ra 25	
Fecha: 02/04/2024			Institución: Universidad de Valladolid		Centro Escuela de Ingenierías Industriales
Diseñador: Mario Martín Martín					
Proyecto: Mesa regulable para silla de ruedas					
Escala 1 : 3	Denominación Corredera TOP IZQ				Grado: ING. en Diseño Ind. y D. de P.
					Referencia: Plano 13



Tolerancia generales para las dimensiones sin indicación en el dibujo: ISO 2768 m		Material Pla filamento		Calidad superficial:  Ra 25	
Fecha: 12/11/2024			Institución: Universidad de Valladolid		Centro Escuela de Ingenierías Industriales
Diseñador: Mario Martín Martín					
Proyecto: Mesa regulable para silla de ruedas					
Escala 3:2	Denominación Pata atril			Grado: ING. en Diseño Ind. y D. de P.	
				Referencia: Plano 14	



Institución: Universidad de Valladolid		Centro: Escuela de Ingenierías Industriales	Grado: Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
Escala	Denominación:		Fecha: 26/11/2024
1 : 4	Plano de montaje		Diseñador: Mario Martín

Anexo 6 – Criterios ANFEC

Criterio valores para la ocurrencia.

Probabilidad del incidente	Porcentajes de averías	Fila
Muy Arriba: El incidente es casi inevitable	1 en 2 \geq	10
	1 en 3	9
Alto: Incidentes repetitivos	1 en 8	8
	1 en 20	7
Moderado: Incidentes ocasionales	1 en 80	6
	1 en 400	5
	1 de 2000	4
Bajo: Relativamente pocos incidentes	1 en 15.000	3
	1 en 150.000	2
Telecontrol: El incidente es inverosímil	1 en 1.500.000 \leq	1

Criterio valores para la severidad.

Efecto	Criterios: Severidad del efecto para AMFE	Fila
- peligroso; sin alarma	Puede poner en peligro al operador del ensamblaje. El incidente afecta la operación o la no conformidad segura del producto con la regulación del gobierno. El incidente ocurrirá sin alarma.	10
- peligroso; con alarma	Puede poner en peligro al operador del ensamblaje. El incidente afecta la operación o la no conformidad segura del producto con la regulación del gobierno. El incidente ocurrirá con alarma.	9
Muy Arriba	Interrupción importante a la cadena de producción. 100% del producto puede ser desechado. El producto es inoperable con pérdida de función primaria.	8
Alto	Interrupción de menor importancia a la cadena de producción. El producto puede ser clasificado y una porción desechada. El producto es operable, pero en un nivel reducido del funcionamiento.	7
Moderado	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. Una porción del producto puede ser desechado (no se clasifica). El producto es operable, pero un cierto ítem(s) de la comodidad / de la conveniencia es inoperable	6
Bajo	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. 100% del producto puede ser devuelto a trabajar. El producto es operable, pero algunos ítems de la comodidad / de la conveniencia funcionan en un nivel reducido del funcionamiento.	5
Muy Bajo	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. El producto puede ser clasificado y una porción puede ser devuelto a trabajar. La mayoría de los clientes notan el defecto.	4
De menor importancia	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. Una porción del producto puede ser devuelto a trabajar en línea solamente hacia fuera-de-estación. Los clientes medios notan el defecto.	3
Muy De menor importancia	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. Una porción del producto puede ser devuelto a trabajar en línea solamente en-estación. Los clientes exigentes notan el defecto.	2
Ninguno	El modo de fallo no tiene ningún efecto.	1

Criterio de valores para la detección.

Probabilidad del incidente	Porcentajes de averías	Fila
Muy Arriba: El incidente es casi inevitable	1 en 2 \geq	10
	1 en 3	9
Alto: Incidentes repetitivos	1 en 8	8
	1 en 20	7
Moderado: Incidentes ocasionales	1 en 80	6
	1 en 400	5
	1 de 2000	4
Bajo: Relativamente pocos incidentes	1 en 15.000	3
	1 en 150.000	2
Telecontrol: El incidente es inverosímil	1 en 1.500.000 \leq	1

8. Bibliografía

Carmona Benjumea, A. (2001). Título del artículo. *Prevención, trabajo y salud: Revista del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*, (14), 22-30.

BLAKEMORE, E. (17 de julio de 2023). Así es como la silla de ruedas abrió el mundo a millones de personas. National Geographic. recuperado de <https://www.nationalgeographic.es/historia/silla-ruedas-historia-revolucion>

Estrucplan. (s.f.). *Estudio piloto de medidas antropométricas de la mano y fuerzas de presión, aplicables al diseño de herramientas manuales*. Estrucplan Online. obtenido de <https://estrucplan.com.ar/estudio-piloto-de-medidas-antropometricas-de-la-mano-y-fuerzas-de-presion-aplicables-al-diseno-de-herramientas-manuales/>.

Fundación Laboral de la Construcción. (2018, 31 de diciembre). Lista de verificación de riesgos ergonómicos de herramientas manuales. Línea Prevención. <https://www.lineaprevencion.com/uploads/lineaprevencion/contenidos/files/lista20herramientas20manuales.pdf>

El Norte de castilla. (20 de junio de 2024). El salario medio en castilla y león alcanza los 24.187 euros anuales. Valladolid. Obtenido de

<https://www.elnortedecastilla.es/castillayleon/salario-medio-castilla-leon-alcanza-24187-euros-20240620114310-nt.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.elnortedecastilla.es%2Fcastillayleon%2Fsalario-medio-castilla-leon-alcanza-24187-euros-20240620114310-nt.html>

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2022). *Salarios medios por tipo de jornada, comunidad autónoma y decil*. <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=13930>

España. (1992). Ley 37/1992, de 28 de diciembre, del Impuesto sobre el Valor Añadido. Boletín Oficial del Estado. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1992-28740>

Agencia Tributaria. (s. f.). *Tabla de amortización simplificada*. Agencia Tributaria. https://www3.agenciatributaria.gob.es/Sede/ayuda/manuales-videos-folletos/manuales-practicos/folleto-actividades-economicas/3-impuesto-sobre-renta-personas-fisicas/3_5-estimacion-directa-simplificada/3_5_4-tabla-amortizacion-simplificada.html

9. Bibliografía gráfica

En el apartado de bibliografía gráfica se exponen el lugar de origen de todas las imágenes y tablas que aparecen en el presente proyecto, obteniendo muchas de la web y otras tantas generadas personalmente por el autor del proyecto, según se especifica a continuación:

Figura 1 - Breezy 90,

<https://www.ortopediaflorencio.com/sillas-de-ruedas-plegables-de-acero/2-silla-de-ruedas-de-acero-breezy.html> (20/12/2024)

Figura 2 – Perfil breezy 90, realizado por el autor

Figura 3 - Breezy Style 12,

<https://ortopedia.exclusivasiglesias.com/es/sillas-de-ruedas-manuales/1374-silla-de-ruedas-de-aluminio-plegable-ref-breezy-style-rp.html> (20/12/2024)

Figura 4 – Perfil breezy Style 12, realizado por el autor

Figura 5 – Mobiclinic Troya,

https://www.elcorteingles.es/ortopedia-y-dependencia/MP_0410191_QA0048006-silla-de-ruedas-electrica-plegable-aluminio-auton-34-km-24v-ligera-troya-plus-mobiclinic/ (20/12/2024)

Figura 6 – Perfil Mobiclinic Troya, realizado por el autor

Figura 7 – Alu lite,

<https://www.visionfarma.es/2002148-silla-de-ruedas-modelo-alu-lite-invacare.html> (20/12/2024)

Figura 8 – Perfil Alu lite, realizado por el autor

Figura 9 – Stigo cargo,

<https://suortopedia.com/alquiler-sillas-ruedas-electricas-camas-hospitalarias-scooters-barcelona/411-alquiler-de-silla-de-ruedas-electrica-11-kilos-fibra-de-carbono.html> (20/12/2024)

Figura 10 – Perfil Stigo cargo, realizado por el autor

Figura 11 – line 300, <https://www.fortasl.es/es/sillas-de-ruedas/estandar/line> (20/12/2024)

Figura 12 – Perfil line 300, realizado por el autor

Figura 13 – KARMA S-ERGO 125,

<https://www.ortopediapremia.com/shop/silla-ruedas-ligera-karma-s-ergo-125/> (20/12/2024)

Figura 14 – Perfil KARMA S-ERGO 125, realizado por el autor

Figura 15 – Croquis apoyos comunes, realizado por el autor

Figura 16 – Mesa Mobiclinic multifunción,

<https://www.leroymerlin.es/productos/mesa-bandeja-auxiliar-de-trabajo-multifuncion-mobiclinic-86903727.html> (20/12/2024)

Figura 17 – Mesa JFJL, <https://www.amazon.es/Bandeja-Ruedas-Accesorios-Manuales-Eléctricas/dp/B07R7GFW3J> (20/12/2024)

Figura 18 – Mesa Sku JL505,

<https://www.amazon.es/Escritorio-Portavasos-Instalar-Descansar-Verticales/dp/B0CYBVSZHK>
(20/12/2024)

Figura 19 – Mesa Teyder, <https://teyder.com/tienda/mesa-auxiliar-silla-ruedas/> (20/12/2024)

Figura 20 – Mesa Plexiglass B15,

<https://tiendaortopedica.com/b15-mesa-plexiglas-silla-de-ruedas-v300-xl/> (20/12/2024)

Figura 21 – Mesa Ayudas dinámicas,

<https://www.ortopediaortojosbel.es/sillas-de-ruedas/accesorios-sillas-ruedas/ayudas-dinamicas-mesita-transparente-accesorio-para-sillas-de-ruedas.html> (20/12/2024)

Figura 22 – Mesa Rea clemantis Pro,

<https://www.ortoweb.com/mesa-extraible-para-ancho-de-asiento-de-39cm-rea-clematis-pro>
(20/12/2024)

Figura 23 –Mesa generic,

<https://www.amazon.es/Bandeja-regazo-para-silla-ruedas/dp/B0D8PQJW8R> (20/12/2024)

Figura 24 – Mesa Sammon Preston,

<https://www.amazon.com/-/es/Sammons-Preston-Premium-Flip-Away/dp/B07857F1JS?th=1>
(20/12/2024)

Figura 25 – Mesa Patterson medical,

<https://www.amazon.es/Patterson-Medical-Rolyan-Reposabrazos-posavasos/dp/B006DHZY0U>
(20/12/2024)

Figura 26 – Almacenaje 1, <https://www.ortopediamimas.com/movilidad/repuestos-y-accesorios-movilidad/accesorios-sillas-de-ruedas/8115-bolsa-bajo-el-asiento-para-silla-de-ruedas.html>

(20/12/2024)

Figura 27 – Almacenaje 2, https://looksaleet.click/product_details/91434038.html (20/12/2024)

Figura 28 – Almacenaje 3, <https://www.amazon.com.mx/accesorios-reposabrazos-reflectantes-portavasos-caminantes/dp/B0BBZR7NGX> (20/12/2024)

Figura 29 – Accesorio acolchado, https://www.amazon.es/Homecraft-Acolchado-cojín-para-silla/dp/B004BZUOSS/ref=sr_1_2?dib=eyJ2IjoiMSJ9.yCjEHwsn0bcZlCYz2bQVROZOg7HvROlx01anGi-dihC0r-0FdekqIrESnzYxBDYuc2dYCYmombnsMB1vu1Z9BA.0_kPAfgUIu4OPqp8kp185MsxNrg6IOWo6Rf_mkXDXLE&dib_tag=se&qid=1739660050&refinements=p_89%3APatterson+Medical&s=hpc&sr=1-2 (20/12/2024)

Figura 30 –Accesorio goteo,

<https://www.ortopediasumisan.com/product-page/porta-paraguas-para-silla-de-ruedas>
(20/12/2024)

Figura 31 – Sujeta paraguas,

<https://www.amazon.com/-/es/Sammons-Preston-Premium-Flip-Away/dp/B07857F1JS?th=1>(20/12/2024)

Figura 32 – Sujeta vasos, <https://www.buckandbuck.com/folding-cup-holder.html> (20/12/2024)

Figura 33 – Mesa elevación,

<https://www.suministrosurquiza.com/mesa-elevadora-2500-kg-mega-me-2500> (20/12/2024)

Figura 34 – Elevadora tijera,

<https://www.institutoprofesionaltecnologico.com/curso/plataformas-elevadoras/>(20/12/2024)

Figura 35 – Mesa plegable,

<https://www.makro.es/marketplace/product/3332e7ed-1bb5-4530-b5a8-019a2e88a91e>(20/12/2024)

Figura 36 – Mesa jardín,

<https://michollo.com/chollo-mesa-plegable-de-madera-valencia-296565/> (20/12/2024)

Figura 37 – Silla jardín,

<https://www.elfoco.net/productos/silla-plegable-de-madera-amancay-para-jardin-interior-y-exterior/> (20/12/2024)

Figura 38 – Mecanismo elevación muelle 1,

<https://www.amazon.es/Yaheetech-Centro-Elevable-Comedor-Estante/dp/B07WH2HQDD?th=1>
(20/12/2024)

Figura 39 – Mecanismo elevación muelle 2,

<https://www.amazon.es/Yaheetech-Centro-Elevable-Comedor-Estante/dp/B07WH2HQDD?th=1>
(20/12/2024)

Figura 40 – Mecanismo elevación Corredera,

<https://www.hafele.es/es/product/base-de-mesa-hafele-officys-th321-regulable-mecnicamente/P-00867940/>(20/12/2024)

Figura 41 – Mecanismo atril 1,

<https://www.leroymerlin.es/productos/cocinas/accesorios-de-cocinas/portarrollos-de-cocina/atril-madera-bambu-32x24-cm-86622810.html> (20/12/2024)

Figura 42 – Mecanismo atril 2,

<https://www.leroymerlin.es/productos/cocinas/accesorios-de-cocinas/portarrollos-de-cocina/atril-madera-bambu-32x24-cm-86622810.html> (20/12/2024)

Figura 43 – Mecanismo atril 3,

<https://www.amazon.es/FX-F900720-Atril-orquesta-color/dp/B003J30VYU>(20/12/2024).

Figura 44 – Mecanismo atril 4,

<https://www.amazon.es/FX-F900720-Atril-orquesta-color/dp/B003J30VYU>(20/12/2024).

Figura 45 – Mecanismo dentado, foto de producto de orthomedical3D.

Figura 46 – Croquis unión silla, realizado por el autor.

Figura 47 – Boceto idea 1, realizado por el autor.

Figura 48 – Boceto idea 2, realizado por el autor.

Figura 49 – Boceto idea 3, realizado por el autor.

Figura 50 – Boceto desarrollo idea, realizado por el autor.

Figura 51 – Boceto prototipo, realizado por el autor.

Figura 52 – Imágenes del prototipo y ensayos a escala, realizado por el autor.

Figura 53 – Imágenes prototipo, realizado por el autor.

Figura 54 – Paciente ASPACE con mesa 1, realizado por el autor.

Figura 55 – Paciente ASPACE con mesa 2, realizado por el autor.

Figura 56 – Ideas de encaje mesa 1, realizado por el autor.

Figura 57 – Ideas de encaje mesa 2, realizado por el autor.

Figura 58 – Desarrollo mesa parte superior, realizado por el autor.

Figura 59 – Prototipo V2, realizado por el autor.

Figura 60 – Flujograma, realizado por el autor.

Figura 61 – Perfil acero conclusiones,

<https://aceropanel.es/tubo-rectangular/626-tubo-rectangulo-turec-20x10-15-mm> (15/02 2024)

Figura 62 – Tablero conclusiones,

<https://www.leroymerlin.es/productos/tablero-macizo-de-abeto-de-40x120x1-8-cm-10471636.html>

(15/02 2024)

Figura 63 – Mesa ASPACE,

<https://www.amazon.com/-/es/colocar-auxiliar-ajustable-hierro-escritorio/dp/B0CD7Q5X7C>

(20/12/2024)