



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos

Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería

TRABAJO FIN DE GRADO

**ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA SILLA DE RUEDAS ELEVABLE Y
AUTOPROPULSABLE**

Grado en

Ingeniería Mecánica

Autor: ROSA MARÍA RODRÍGUEZ CARMONA

Tutor: JUAN FRANQUELO SOLER

Cotutor: FRANCISCO JOSÉ SOTO LARA

MÁLAGA, Noviembre de 2023

RESUMEN

En este Trabajo Fin de Grado se realiza el estudio y diseño de una silla de ruedas manual autopropulsable con elevación mecánica del asiento, para promover la independencia de los usuarios así como facilitar las interacciones sociales.

Con la incorporación de esta prestación innovadora, por ejemplo, el usuario puede alcanzar estantes elevados sin necesidad de ayuda, sacar dinero de un cajero automático que no esté adaptado o disfrutar de una cena en una mesa alta con amigos en un bar. Al mantenerse elevado, no tiene que sostener la cabeza mirando hacia arriba para hablar con otras personas y podrá escuchar mejor la conversación en lugares con más ruido. Por tanto, esta característica integra beneficios psicológicos y físicos para el usuario.

Se ha llevado a cabo un estudio previo de las sillas de ruedas así como de la clínica de los usuarios, para posteriormente diseñar los componentes del producto. Además, se ha realizado una comprobación estructural del conjunto para asegurar que la silla de ruedas es segura.

Además, mediante el diseño del mecanismo de elevación mecánico se consigue una alternativa más accesible económicamente teniendo en cuenta el precio de venta de las sillas de ruedas con asiento elevable existentes en el mercado.

Una silla de ruedas es una necesidad para un gran número de personas y la incorporación de tecnologías que permitan tener una vida más cómoda e independiente debería estar al alcance de todos.

Palabras clave:

Silla de ruedas, autopropulsable, mecanismo, elevación, asiento, mecánico, independencia, social, diseño.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

ABSTRACT

This Final Degree Project studies and designs a self-propelled manual wheelchair with mechanical seat elevation to promote the independence of users as well as to facilitate social interactions.

With the incorporation of this innovative feature, for example, the user can reach high shelves without needing help, withdraw money from an ATM that is not adapted or enjoy dinner at a high table with friends in a bar. By remaining elevated, he or she does not have to hold his or her head up to talk to other people and can hear the conversation better in noisier places. Therefore, this feature integrates psychological and physical benefits for the user.

A preliminary study of wheelchairs as well as the users' clinic has been carried out in order to design the components of the product. In addition, a structural check of the assembly has been carried out to ensure that the wheelchair is safe.

Furthermore, by designing the mechanical lifting mechanism, a more affordable alternative is achieved, taking into account the retail price of existing wheelchairs with a lift seat on the market.

A wheelchair is a necessity for a large number of people and the incorporation of technologies that enable a more comfortable and independent life should be available to everyone.

Keywords:

Wheelchair, self-propelled, mechanism, lift, seat, mechanical, independence, social, design.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO I: Memoria

DOCUMENTO II: Anexos

DOCUMENTO III: Planos

DOCUMENTO IV: Pliego de condiciones

DOCUMENTO V: Mediciones

DOCUMENTO VI: Presupuesto

DOCUMENTO I:

MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Objeto.....	2
1.2.	Alcance.....	3
1.3.	Antecedentes.....	3
1.4.	Definiciones y abreviaturas.....	4
1.4.1.	Definiciones.....	4
1.4.2.	Abreviaturas.....	4
2.	NORMAS Y REFERENCIAS.....	5
2.1.	Disposiciones legales y normas.....	5
2.2.	Programas de cálculo.....	5
2.3.	Bibliografía.....	5
3.	REQUISITOS DE DISEÑO.....	11
3.1.	Marco teórico.....	11
3.1.1.	Usuarios de sillas de ruedas.....	11
3.1.2.	Clasificación de las sillas de ruedas.....	14
3.2.	Estructura de una silla de ruedas manual y autopropulsable.....	16
3.3.	Público objetivo y limitaciones de diseño.....	20
3.4.	Estudio de mercado.....	22
3.4.1.	Perfil del usuario.....	22
3.4.2.	Competencia.....	22
3.4.3.	Tendencias.....	26
3.4.4.	Análisis dafo.....	26
3.5.	Ergonomía.....	27
3.6.	Estudio de materiales.....	30
4.	ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	33
4.1.	Mecanismo de elevación.....	33
5.	RESULTADOS FINALES.....	37
5.1.	Diseño final y especificaciones. Diseño en detalle.....	37
5.2.	Estabilidad y centro de gravedad.....	51
5.3.	Materiales finales.....	53
5.4.	Proceso de fabricación.....	55
5.5.	Elección de componentes.....	56
5.6.	Montaje.....	61
5.7.	Imagen corporativa.....	62

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

6.	ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE DOCUMENTOS.....	63
7.	CONCLUSIONES.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Silla de ruedas del rey Felipe II</i>	1
Figura 2: <i>Diseño de silla de ruedas de John Joseph Merlin</i>	2
Figura 3: <i>Niveles de lesión medular</i>	12
Figura 4: <i>Silla de ruedas Vermeiren D200P</i>	15
Figura 5: <i>Silla de ruedas Jazzy Air 2</i>	16
Figura 6: <i>Componentes de una silla de ruedas manual</i>	17
Figura 7: <i>Cojín antiescaras burbujas de aire PVC</i>	18
Figura 8: <i>Freno de silla de ruedas</i>	20
Figura 9: <i>Silla de ruedas Lift Solid</i>	22
Figura 10: <i>Silla de ruedas Lift Activ</i>	23
Figura 11: <i>Silla de ruedas eléctrica Timix de VERMEIREN</i>	23
Figura 12: <i>Silla de ruedas eléctrica Jazzy Air 2 de PrideMobility</i>	24
Figura 13: <i>Silla QUICKE Q400 M Sedeo Lite de Sunrise Medical</i>	24
Figura 14: <i>Silla de ruedas Magic 360 de Sunrise Medical</i>	25
Figura 15: <i>Medidas antropométricas fundamentales para el diseño de sillas</i>	28
Figura 16: <i>Tipos de llantas</i>	32
Figura 17: <i>Boceto del mecanismo de elevación de husillo vertical</i>	33
Figura 18: <i>Boceto del mecanismo de elevación de husillo vertical con silla</i>	34
Figura 19: <i>Boceto del mecanismo de elevación de tijera</i>	34
Figura 20: <i>Boceto del mecanismo de elevación final</i>	35
Figura 21: <i>Boceto del accionamiento del mecanismo de elevación</i>	36
Figura 22: <i>Diseño final de la silla de ruedas en perspectiva</i>	37
Figura 23: <i>Diseño final de la silla de ruedas elevada y en perspectiva</i>	38
Figura 24: <i>Diseño de ruedas traseras</i>	39
Figura 25: <i>Diseño de ruedas delanteras</i>	39
Figura 26: <i>Diseño de ruedas antivuelco</i>	40
Figura 27: <i>Diseño de mangos de empuje</i>	40
Figura 28: <i>Diseño de chasis inferior</i>	41
Figura 29: <i>Diseño de chasis superior</i>	41
Figura 30: <i>Diseño del mecanismo de elevación en su posición inicial</i>	43
Figura 31: <i>Diseño del mecanismo de elevación en su posición elevada</i>	43
Figura 32: <i>Diseño del mecanismo de elevación en su posición elevada, vista inferior</i>	44
Figura 33: <i>Diseño del accionamiento del mecanismo de elevación</i>	44
Figura 34: <i>Diseño de los reposapiés en posición de utilización</i>	45
Figura 35: <i>Diseño de los reposapiés en posición de plegado</i>	45
Figura 36: <i>Diseño de banda reposapiernas</i>	46
Figura 37: <i>Diseño del reposabrazos</i>	46
Figura 38: <i>Diseño del cojín</i>	47
Figura 39: <i>Diseño del respaldo</i>	47
Figura 40: <i>Diseño del sistema de freno</i>	48
Figura 41: <i>Diseño del sistema de seguridad, silla sin frenar</i>	49
Figura 42: <i>Diseño del mecanismo de seguridad, silla frenada</i>	49
Figura 43: <i>Render de la silla de ruedas elevable y autopropulsable</i>	50
Figura 44: <i>Render de la silla de ruedas en posición elevada</i>	51
Figura 45: <i>Centro de gravedad de la silla de ruedas sin elevar, vista lateral</i>	51
Figura 46: <i>Centro de gravedad de la silla de ruedas sin elevar, alzado</i>	52

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

Figura 47: <i>Centro de gravedad de la silla de ruedas elevada, vista lateral</i>	52
Figura 48: <i>Centro de gravedad de la silla de ruedas elevada, alzado</i>	52
Figura 49: <i>Aluminio 6061-T6</i>	54
Figura 50: <i>Tornillos M5 x 40 mm</i>	57
Figura 51: <i>Tornillos M5 x 16 mm</i>	57
Figura 52: <i>Arandelas M12</i>	58
Figura 53: <i>Ruedas delanteras</i>	58
Figura 54: <i>Ruedas traseras</i>	59
Figura 55: <i>Reposapiés</i>	59
Figura 56: <i>Frenos</i>	59
Figura 57: <i>Respaldo</i>	60
Figura 58: <i>Banda reposapiernas</i>	60
Figura 59: <i>Mangos de empuje</i>	60
Figura 60: <i>Horquillas</i>	61
Figura 61: <i>Logo MONIMÓ</i>	62

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Comparativa de modelos y precios de sillas de ruedas</i>	25
Tabla 2: <i>DAFO</i>	27
Tabla 3: <i>Comparativa acero vs aluminio</i>	31

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

1. INTRODUCCIÓN

La silla de ruedas representa uno de los grandes inventos que nacieron para mejorar la movilidad y acrecentar la comodidad de un gran número de personas.

Aunque no es concreta la fecha en la que aparecieron las primeras sillas de ruedas, unos grabados del Lejano Oriente del siglo VI a. C. sugieren que en ese momento ya se utilizaba un mecanismo parecido. Sin embargo, no fue hasta el siglo XVI cuando distintas fuentes sitúan el origen de las sillas de ruedas. Esta primera silla se inventó exactamente en 1595 para el monarca Felipe II de España, quien había quedado inmobilizado durante más de diez años debido a problemas de gota y artrosis (Sunrise Medical, 2018). En la Figura 1 se muestra un dibujo de la silla del rey español.



Figura 1: Silla de ruedas del rey Felipe II (Sunrise Medical, 2018).

Años más tarde, en 1655, Stephen Farfler diseñó una silla de ruedas autopropulsada con un chasis de tres ruedas, permitiéndole desplazarse independientemente impulsándose con los brazos (Karma, 2020).

Por otra parte, en 1770, John Joseph Merlin también creó una silla de ruedas autopropulsable que se reconoce como el inicio de la silla de ruedas moderna (Sunrise Medical, 2018), la cual se puede apreciar en la Figura 2.



Figura 2: *Diseño de silla de ruedas de John Joseph Merlin (Sunrise Medical, 2018).*

Posteriormente surgieron diversos modelos como la silla Bath o la silla de ruedas plegable de Harry Jennings, incluyendo cada vez más características que buscaban el confort y la independencia de las personas usuarias.

Las sillas de ruedas evolucionaron con las innovaciones tecnológicas hasta el día de hoy, y se seguirán desarrollando. Actualmente se pueden encontrar en el mercado numerosas sillas con distintas prestaciones, ajustables y diseñadas para las necesidades de cada persona.

En este proyecto se expone un modelo de silla de ruedas innovador, que incluye la elevación del asiento cuando la silla no está en movimiento.

1.1. OBJETO

El objetivo principal de este proyecto consiste en el estudio y diseño de una silla de ruedas autopropulsable cuyo asiento pueda elevarse de manera manual mediante un sistema mecánico. Esta función de elevación del asiento promueve la independencia y la interacción social de quienes la utilizan, permitiéndoles, por ejemplo, alcanzar estantes elevados en la cocina, mantener conversaciones con la recepción de un hotel o disfrutar de una cena en una mesa alta con amigos en un bar.

Otro objetivo fundamental es que el producto sea lo más económico posible. Las sillas de ruedas son artículos caros, y su precio aumenta proporcionalmente con las prestaciones y características que incluya. Al ser manual en lugar de eléctrica se limita el grupo de usuarios potenciales, aunque se ofrece una alternativa más asequible.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

Para lograr los fines mencionados anteriormente, se necesitan otros objetivos tecnológicos como que el mecanismo de elevación sea sencillo de usar y seguro para las personas que la utilicen. Además, interesa su simplicidad de diseño para reducir el coste final de la silla.

1.2. ALCANCE

El alcance de este proyecto consiste en el diseño de un sistema de elevación del asiento de una silla de ruedas manual y autopropulsable. Se eleva en vertical conservando el ángulo de 90° entre el respaldo y el asiento, enfocado a que el usuario pueda mantenerse en alto durante periodos más largos de tiempo.

El sistema de elevación será mecánico para reducir el coste y buscará la simplicidad del mecanismo. Una vez determinado el sistema, se deberán calcular los parámetros necesarios para su dimensionamiento.

Teniendo en cuenta las medidas de una silla de ruedas convencional y al estudiar y dimensionar el sistema de elevación que más se ajuste a los objetivos del proyecto, se modelará el conjunto.

Además de simple debe ser seguro, por lo que requiere de un análisis de estabilidad de la silla en sus dos posiciones extremas. Con este fin se realizará un análisis estático de la estabilidad del modelo en el programa *SolidWorks*. Se necesita regular también la altura máxima que pueda alcanzar.

1.3. ANTECEDENTES

Aproximadamente 75 millones de personas a nivel mundial son usuarias de sillas de ruedas (ATscale, 2019). No obstante, muchas de estas personas no tienen acceso a sillas que les permitan ser independientes.

Actualmente existen en el mercado gran variedad de sillas de ruedas con diferentes prestaciones, diseñadas para ofrecer mayor comodidad y accesibilidad a los usuarios. Sin embargo, destaca la disparidad de precio entre una silla de ruedas manual básica y una eléctrica con características adicionales.

En España, desde los servicios sanitarios se pueden prescribir sillas de ruedas, según lo establecido en el Catálogo General Ortoprotésico. Ahí vienen definidos los posibles productos de sillas de ruedas a prescribir en función de la clínica del paciente. Para la adquisición con prescripción médica de algunas sillas de ruedas, como las sillas de ruedas eléctricas, es preciso que el paciente cumpla unos requisitos clínicos. Por ello, a veces algunos usuarios optan por comprar una silla de ruedas con más prestaciones.

Una silla de ruedas representa una necesidad fundamental para personas con movilidad reducida y la integración de tecnologías que promuevan una vida más cómoda e independiente no debería ser tan económicamente inalcanzable.

1.4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

1.4.1. DEFINICIONES

Según la norma UNE-EN 12183:2014, una silla de ruedas se define como un dispositivo con ruedas diseñado para permitir la movilidad de personas con discapacidad, equipado con un sistema de apoyo corporal para el ocupante. Puede ser propulsado manualmente por el usuario o por un asistente mientras la persona usuaria permanece sentada.

La norma UNE 111915:1991 proporciona las siguientes definiciones de términos relacionados con las dimensiones de la silla de ruedas:

- Longitud total: distancia horizontal entre los extremos anterior y posterior de una silla de ruedas.
- Anchura total: distancia horizontal entre los extremos laterales de la silla de ruedas cuando el asiento está completamente extendido.
- Altura total: distancia vertical entre el suelo y el punto más alto de la silla.

1.4.2. ABREVIATURAS

SERMEF: Sociedad Española de Rehabilitación y Medicina Física.

ASIA: American Spinal Injury Association.

Cdg: Centro de gravedad.

TIG: Tungsten Inert Gas.

2. NORMAS Y REFERENCIAS

2.1. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS

Las normas que se han tenido en cuenta para la realización de este proyecto se citan a continuación:

UNE 157001:2014, Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.

UNE 111914-11:1999, Sillas de ruedas. Parte 11: Maniqués de ensayo.

UNE 111915:1991, Sillas de ruedas. Dimensiones totales máximas.

UNE-EN 12183:2014, Sillas de ruedas de propulsión manual. Requisitos y métodos de ensayo.

2.2. PROGRAMAS DE CÁLCULO

Los programas que se han utilizado en la realización de este proyecto son SolidWorks, Autocad y 3ds Max.

2.3. BIBLIOGRAFÍA

AccesibleMadrid. (s.f.). *AccesibleMadrid*. Obtenido de <https://www.accessiblemadrid.com/es/vermeiren-d200P>

Amazon. (s.f.). *Accesorios For Sillas De Ruedas, Rueda Delantera Pequeña Horquilla Delantera Rueda Delantera For Silla De Ruedas, Horquilla De Acero Con Cojinete, Rueda Universal Especial De 6 Pulgadas, Negro/platead*. Obtenido de https://www.amazon.es/Accesorios-Delantera-Horquilla-Cojinete-Universal/dp/B0CDZRFSDH/ref=sr_1_6?keywords=horquilla%2Bsilla%2Bde%2Bruedas&qid=1697887842&sr=8-6&th=1

Amazon. (s.f.). *Aluminio 6061 T6*. Obtenido de https://www.amazon.es/TEN-HIGH-aluminio-anodizado-conductividad-resistencia/dp/B0991WBFZ2/ref=sr_1_1?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=P2SWQESRC3EX&keywords=aluminio%2B6061%2Bt6kg&qid=1697906871&s=industrial&prefix=aluminio%2B6061%2Bt6%2Bkg

Amazon. (s.f.). *Cojinetes 0080-16*. Obtenido de <https://www.amazon.es/Cojinetes-Casquillo-Rodamiento-Autolubricante-Sinterizado/dp/B07MNY9G8V?th=1>

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

- Amazon. (s.f.). *Correas para Piernas de Sillas de Ruedas*. Obtenido de https://www.amazon.es/Cintur%C3%B3n-Seguridad-Reposapi%C3%A9s-Ajustable-Transporte/dp/B0B299XLC8/ref=asc_df_B0B299XLC8/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=654717042150&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=1439533441485344571&hvpone=&hvtwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmidl=&
- Amazon. (s.f.). *Frenos para sillas de ruedas*. Obtenido de https://www.amazon.es/Sujetador-tornillo-lateral-profesional-Accesorios/dp/B0BQVS8BY8/ref=sr_1_6?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=YTG2NT77308F&keywords=freno+de+mano+silla+de+ruedas&qid=1697888490&srefix=freno+de+mano+silla+de+ruedas%2Caps
- Amazon. (s.f.). *Reposapiés Para Silla De Ruedas*. Obtenido de https://www.amazon.es/Reposapi%C3%A9s-Universal-Est%C3%A1ndar-Repuesto-Transporte/dp/B0CH8NYN27/ref=sr_1_3?keywords=reposapiés+de+silla+de+ruedas&qid=1697889272&sr=8-3
- Amazon. (s.f.). *SOFIALXC Juego de 2 barras de torno, de acero inoxidable, 20 mm x 500 mm de diámetro, 2 unidades*. Obtenido de https://www.amazon.es/SOFIALXC-Inoxidable-s%C3%B3lido-Diameter-x500mm/dp/B0825SP571/ref=sr_1_6?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=3Q563RNKBJ33N&keywords=barra%2Bde%2Bacero%2Bde%2B20%2Bmm%2Bde%2Bdiámetro&qid=1697995010&srefix=barra%2Bde%2Bace
- Amazon. (s.f.). *Tornillos M12*. Obtenido de https://www.amazon.es/Tornillos-Hexagonal-Cil%C3%ADndrica-Resistencia-Certificada/dp/B09446VX1Z/ref=sr_1_27_sspa?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=3876MAYU54P3E&keywords=tornillos%2Bm12%2Bx%2B80&qid=1697903667&s=industrial&srefix=tornillos%2Bm12%2Bx%2B80
- Amazon. (s.f.). *Tornillos M5 x 40*. Obtenido de https://www.amazon.es/30-juegos-tornillos-hexagonales-inoxidable/dp/B09V4JZ64C/ref=sr_1_1_sspa?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=JYIGJ5ZTKVCU&keywords=tornillos%2Bm5%2Bx%2B40&qid=1697904996&s=industrial&srefix=tornillos%2Bm5%2Bx%2B40%2Cindu
- Amazon. (s.f.). *Tuercas*. Obtenido de https://www.amazon.es/AERZETIX-hexagonales-exterior-inoxidable-autoblocantes/dp/B09PG2H6T3/ref=sr_1_6?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=PI6QP0NRSJRL&keywords=tuerca%2Bm8&qid=1697902587&srefix=tuerca%2Bm8%2Caps%2C121&sr=8-6&th=1
- Amazon. (s.f.). *V PARTS - Par puños de goma*. Obtenido de https://www.amazon.es/Greentech-Pu%C3%B1os-Manillar-Plano-Espuma/dp/B00P9I2IFS/ref=sr_1_3?keywords=mango%2Bde%2Bgoma%2Bde%2B25%2Bmm&qid=1697884261&sr=8-3&th=1

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

- ATscale. (2019). *Un panorama de mercado y un enfoque estratégico para incrementar el acceso a sillas de ruedas y servicios relacionados, en países de bajos y medios ingresos.*
- Bea, M. (Enero de 2017). *InfoLesiónMedular.* Obtenido de <https://infolesionmedular.com/lesion-medular-primeros-conocimientos/lesion-medular/>
- BUPA. (2021). *BUPA salud.* Obtenido de Enfermedad de la neurona motora: <https://www.bupasalud.com/salud/neurona-motora>
- Disumtec. (s.f.). *Tuerca cilíndrica de bronce TR20x4.* Obtenido de https://www.disumtec.com/husillos-trapezoidales/55580018-26828-tuerca-cilindrica-bronce-hbd.html#/3988-tipo_rosca-tr20x4
- Fishawk. (s.f.). *Amazon.* Obtenido de <https://www.amazon.es/>
- Gabrian. (s.f.). *Aluminio 6061: Conozca Sus Propiedades y Usos.* Obtenido de <https://www.gabrian.com/es/aluminio-6061-conozca-sus-propiedades-y-usos/>
- Gonzalez, L. M. (2014). *Ergonomía.* Obtenido de <http://luismiguelgonzalezproductdesign.blogspot.com/2014/11/ergonomia-en-la-ergonomia-se-ha-tenido.html>
- Gorges, J. (2005). *Selección y adaptación de sillas de ruedas convencionales.* Valencia.
- Impresoras3D. (s.f.). *PP Polipropileno Pellet Smartfil Natural 1 Kg.* Obtenido de <https://www.impresoras3d.com/producto/pp-polipropileno-pellet-smartfil-natural-1-kg/>
- Karma . (30 de Enero de 2020). *Posicionamiento correcto en sillas de ruedas.* Obtenido de <https://www.karmamobility.es/2020/01/posicionamiento-correcto-en-silla-de-ruedas/>
- Karma. (26 de 04 de 2020). *Karma España.* Obtenido de <https://www.karmamobility.es/2020/04/historia-de-la-silla-de-ruedas/>
- MIMAS Ortopedia . (s.f.). *Rueda completa de 600 mm.* Obtenido de <https://www.ortopediamimas.com/movilidad/repuestos-y-accesorios-movilidad/repuestos-sillas-de-ruedas/281-rueda-completa-de-600-mm.html>
- Ortopedia Mimas. (27 de Diciembre de 2019). *Partes de una silla de ruedas.* Obtenido de <https://www.ortopediamimas.com/blog-de-ortopedia/partes-de-una-silla-de-ruedas/>
- Ortopedia Plaza. (s.f.). *Acero o aluminio.* Obtenido de <https://www.ortopediaplaza.com/material-silla-de-ruedas/>
- Ortoprono. (25 de Junio de 2021). *Ortoprono.* Obtenido de <https://ortoprono.es/blog/movilidad-y-transporte/tipos-de-sillas-de-rueda/>
- Ortowe. (s.f.). *Rueda maciza 125 x 40mm.* Obtenido de <https://www.ortowe.com/rueda-maciza-125-x-40mm-llanta->

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

negra?gclid=CjwKCAjw7c2pBhAZEiwA88pOF3FwiofPxRZK-
jfrmfzzQ5M1mblrrINR8G2PYHdEdDoC2ABmHiH8qxoCyyIQAvD_BwE

Physiopedia ML. (s.f.). *Physiopedia ML*. Obtenido de Wheelchair users:
<https://langs.physio-pedia.com/es/wheelchair-users-es/>

PrideMobility. (s.f.). *Jazzy Air 2*. Obtenido de <https://pridemobility.es/sillas-electricas/jazzy-air-2/>

Proactiv. (s.f.). *Lift Activ - Mechanical*. Obtenido de <https://www.proactiv-gmbh.com/wheelchairs/rigid-frame-wheelchairs/lift-activ/223/lift-activ-mechanical>

Proactiv. (s.f.). *Lift Solid*. Obtenido de <https://www.proactiv-gmbh.com/wheelchairs/rigid-frame-wheelchairs/lift-solid/14/lift-solid-mechanical-and-electric>

ProSillas. (s.f.). *ProSillas*. Obtenido de <https://prosillas.es/tienda/pride-jazzy-silla-de-ruedas-electrica-con-elevacion/>

SERMEF. (2004). *Enfermedades neurodegenerativas* (Vol. 38).

Sunrise Medical. (18 de 09 de 2018). *Historia de las sillas de ruedas*. Obtenido de <https://www.sunrisemedical.es/blog/historia-silla-de-ruedas>

Sunrise Medical. (03 de Abril de 2018). *La elevación del asiento para usuarios de sillas de ruedas eléctricas*. Obtenido de <https://www.sunrisemedical.es/blog/elevacion-del-asiento-beneficios-consideraciones>

Sunrise Medical. (Diciembre de 2021). *Elevación del asiento desde una perspectiva clínica*. Obtenido de <https://www.sunrisemedical.es/education-in-motion/blog/a-clinical-perspective-on-power-seat-elevation#:~:text=La%20elevaci%C3%B3n%20de%20asiento%20permite,una%20variedad%20de%20actividades%20sociales.>

Sunrise Medical. (s.f.). *Magic 360*. Obtenido de <https://www.sunrisemedical.es/sillas-de-ruedas/magic-mobility/sillas-de-ruedas-electricas-exterior-interior/magic-360>

Sunrise Medical. (s.f.). *QUICKIE Q400 M Sedeo Lite*. Obtenido de <https://www.sunrisemedical.es/sillas-de-ruedas/quickie/sillas-de-ruedas-electricas/q400-m-sedeo-lite#support>

Sunrise Medical. (s.f.). *Tapicería de asiento de nylon*. Obtenido de <https://www.stsmedical.com/breezy-90/1781-tapiceria-de-asiento-de-nylon-de-400-mm-silla-breezy-90.html>

Tornillos express. (s.f.). *Arandela M12 plana*. Obtenido de <https://www.tornillos-express.es/arandela-plana-especial-acero-diametre12/22437-arandela-plano-m12x40x3-acero-cincado-blanco-3663072485631.html>

Tornillos express. (s.f.). *Arandelas M8*. Obtenido de <https://www.tornillos-express.es/arandela-plano-m-laton-nfe-25513/11233-arandela-plano-m8x18x15-metro-laton-niquelado-3663072115088.html>

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

Tornillos Express. (s.f.). *Tornillos M5 x 16*. Obtenido de https://www.tornillos-express.es/tornillo-metales-inoxidable-a2-cabeza-hexagonal-th-din-933/47910-tornillo-metales-inoxidable-a2-cabeza-hexagonal-m5x16-3663072161429.html?utm_campaign=googleads&utm_source=shopping&utm_medium=espagne&gclid=CjwKCAjw7c2pBhAZ

Tornillos Express. (s.f.). *Tornillos M8*. Obtenido de https://www.tornillos-express.es/tornillo-metales-cabeza-hexagonal-th-109-iso-4017/43047-176033-tornillo-metales-cabeza-hexagonal-m8x80-clase-109-acero-cincado-blanco-3663072192089.html#/79-conditionnement-1_unidad

VERMEIREN. (s.f.). *TIMIX*. Obtenido de <https://www.vermeiren.es/web/web.nsf/detailproduct.xsp?CountryESSProductGroupElectrosSubGroupEst%C3%A1ndarSelectedTIMIX>

Vida Geriátrica. (s.f.). *Suministros geriátricos y ayudas técnicas*. Obtenido de <https://vidageriatrica.net/antiescaras/156-cojin-antiescaras-flotacion-liquida-sigel.html>

Zambudio Periago, R. (2009). *Prótesis, ortesis y ayudas técnicas*. Elsevier Masson.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

3. REQUISITOS DE DISEÑO

3.1. MARCO TEÓRICO

Existe una gran variedad de sillas de ruedas acorde a las distintas necesidades y estilo de vida de cada persona. Por tanto, en este apartado se estudian las diferentes enfermedades o condiciones que pueden padecer los usuarios, y se realiza una clasificación general de los tipos de sillas de ruedas actuales.

3.1.1. USUARIOS DE SILLAS DE RUEDAS

Las personas que utilizan sillas de ruedas son aquellas cuya capacidad para caminar es limitada o nula. Por consiguiente, su necesidad de uso surge de causas muy diferentes. A continuación se exponen las más comunes (Physiopedia ML, s.f.):

1. Enfermedades neurológicas no progresivas

- **Parálisis cerebral:**

La parálisis cerebral se define como un conjunto de trastornos permanentes del movimiento y/o postura que resultan en limitaciones en la actividad. Estos trastornos pueden ser variables y surgen de una interferencia, lesión o anomalía no progresiva del cerebro en desarrollo, dando lugar a distintas deficiencias que afectan a las personas de manera diversa.

La movilidad personal puede variar desde la marcha independiente sin ayuda hasta la dependencia total de una silla de ruedas para la movilidad. Un porcentaje considerable de niños y adultos con parálisis cerebral no puede caminar y depende de algún tipo de movilidad en silla de ruedas, ya sea manual o eléctrica.

- **Espina bífida:**

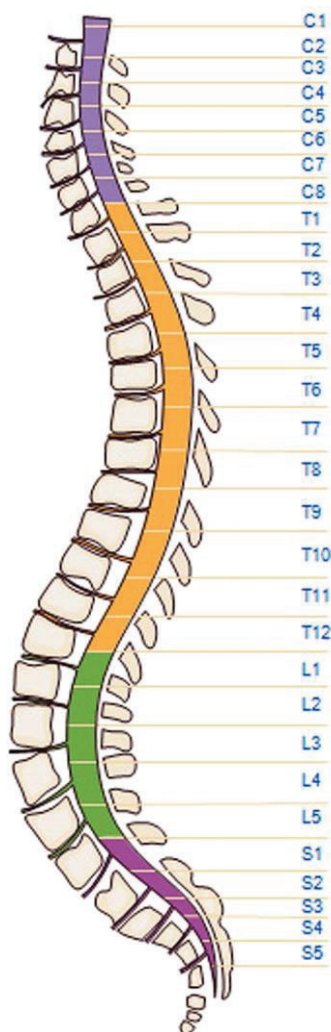
La espina bífida afecta a la columna vertebral y es evidente desde el nacimiento. Se caracteriza por un defecto en el tubo neural y el cierre incompleto de las últimas vértebras. Los síntomas de la espina bífida pueden variar significativamente en función de la gravedad del defecto del tubo neural y su ubicación en la médula espinal. Esta ubicación es también un factor determinante clave para el tipo de movilidad y silla de ruedas necesaria. La movilidad personal puede variar desde la marcha independiente sin ayuda hasta la dependencia total de una silla de ruedas manual o motorizada.

- **Lesión medular espinal:**

La lesión medular es una afección en la médula espinal debido a un traumatismo o a una enfermedad. Se pueden distinguir dos tipos: lesión medular completa o incompleta.

En las lesiones completas se produce la interrupción total de la conducción nerviosa de la médula espinal en la zona dañada, quedando el déficit motor y sensitivo por debajo del nivel de la lesión. En cambio, en las incompletas, algunas fibras nerviosas mantienen su funcionamiento en la zona afectada (Bea, 2017).

Por ello, es importante atender al nivel de la lesión medular, función de su localización en la médula espinal. Se distinguen las zonas cervical (C), torácica (T), lumbar (L) y sacro (S). Según el nivel, la lesión se puede clasificar en tetraplejía/cuadriplejía, paraplejía de nivel alto y paraplejía de nivel bajo. A continuación, en la Figura 3, se señalan los distintos niveles para su correcta comprensión.



La tetraplejía se origina cuando la lesión afecta la columna cervical, afectando a los brazos, el tronco, la pelvis y las piernas.

La paraplejía se produce en la zona torácica y puede ser de nivel alto (entre T1 y T6), afectando al tronco, la pelvis y las piernas, sin afectar los brazos; o de nivel bajo (de T6 en adelante), afectando a las piernas. Cuanto más bajo es el nivel de la lesión, mayor es su movilidad del tronco. Se comentará en apartados posteriores la importancia del control del tronco por parte del usuario para el uso de la silla objeto de estudio de este proyecto.

Se recomienda el uso de cojines antiescaras para evitar la aparición de úlceras por presión, debido a la pérdida de sensibilidad.

El tipo de silla de ruedas a utilizar depende del tipo de lesión medular y grado de movilidad del paciente. Para la clasificación neurológica de las lesiones medulares se usa la escala ASIA (American Spinal Injury Association). Permite determinar el nivel lesional y si la lesión es completa o incompleta. Para su correcta comprensión, en el Anexo III se adjunta la escala ASIA.

Figura 3: Niveles de lesión medular (Bea, 2017).

- **Ictus:**

El ictus es un accidente cerebrovascular en el que se interrumpe la circulación de la sangre que llega al cerebro. Dependiendo de la gravedad la movilidad personal puede variar desde la marcha independiente sin ayuda hasta la dependencia total de una silla de ruedas manual o motorizada.

- **Traumatismo craneoencefálico:**

El traumatismo craneoencefálico es una lesión cerebral producida por un traumatismo y no es progresiva. Dependiendo de la zona afectada y la gravedad de la lesión se utiliza un tipo de silla u otro.

- **Poliomielitis:**

La poliomielitis es una enfermedad infecciosa causada por un virus que infecta la médula espinal atacando a los nervios que controlan el movimiento causando parálisis. En las últimas décadas ha disminuido el número de personas afectadas gracias a la vacunación. Dependiendo de la zona afectada y la gravedad de la lesión se utilizan distintos tipos de instrumentos de apoyo a la movilidad.

2. Enfermedades neurológicas progresivas

Las enfermedades neurológicas progresivas o neurodegenerativas se distinguen por generar un deterioro neurológico gradual, reduciendo la funcionalidad y autonomía de la persona. En etapas avanzadas, conllevan la necesidad de un cuidador principal (SERMEF, 2004).

- **Distrofia muscular:**

La distrofia muscular es un grupo de enfermedades hereditarias que producen la pérdida progresiva de masa muscular. Dependiendo del tipo de distrofia los síntomas varían.

- **Esclerosis múltiple:**

La esclerosis múltiple es una enfermedad autoinmune de curso impredecible que afecta al cerebro, médula espinal y nervios ópticos. Dependiendo de la zona afectada y la gravedad de la lesión se utilizan distintos tipos de instrumentos de apoyo a la movilidad.

- **Enfermedad de la neurona motora:**

La enfermedad de la neurona motora o ELA es el término utilizado para el conjunto de enfermedades neurológicas raras, caracterizadas por la degeneración progresiva de las neuronas motoras (BUPA, 2021). Esta enfermedad evoluciona rápidamente y las personas que la padecen pierden gradualmente la movilidad. La silla de ruedas a utilizar debe satisfacer las necesidades cambiantes del usuario.

3. Afecciones ortopédicas

La principal afección ortopédica es la amputación. Se trata de la extirpación quirúrgica de una parte del cuerpo debido a un traumatismo, una compresión prolongada o una intervención quirúrgica. Se puede distinguir entre amputación congénita, si la persona nació con el miembro amputado; o adquirida, si se pierde la extremidad o parte de ella después del nacimiento. Dependiendo del miembro amputado la persona tendrá que utilizar o no tecnologías de apoyo a la movilidad como una silla de ruedas.

4. Personas frágiles

Las sillas de ruedas también son utilizadas por personas que no tienen ninguna enfermedad sino que su fuerza y capacidad de movimiento se ha visto reducida, como por ejemplo en el caso de los ancianos.

3.1.2. CLASIFICACIÓN DE LAS SILLAS DE RUEDAS

En el apartado anterior se han comentado las distintas enfermedades que puede padecer una persona usuaria de silla de ruedas, cada una con clínicas diferentes y por tanto, distintas necesidades. Esto explica la gran diversidad de sillas y tecnologías de apoyo a la movilidad. Las sillas de ruedas se podrían clasificar principalmente en manuales y eléctricas, pudiendo incorporarse a cada una de ellas distintas variantes. A continuación se realiza una posible clasificación de los tipos de sillas de ruedas actuales (Ortoprono, 2021):

- Sillas de ruedas manuales

Las sillas de ruedas manuales estándar están diseñadas para el uso diario en exterior y/o interior. Pueden ser autopropulsables, en las que el propio usuario es el que se impulsa con los brazos, o no autopropulsables, que necesitan de otra persona que empuje. Las sillas de ruedas autopropulsables están diseñadas para la independencia y comodidad de las personas con capacidad de movimiento en el tronco y fuerza en los brazos.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

Además, existen variantes como las ligeras y ultraligeras, fabricadas de materiales como aluminio o titanio para facilitar su transporte y portabilidad; o las enfocadas a vida activa y deporte, adaptadas a actividades deportivas específicas. También pueden ser plegables, facilitando su portabilidad, o rígidas. En la Figura 4 se muestra una imagen de una silla de ruedas manual, autopropulsable, ligera y plegable del mercado.



Figura 4: Silla de ruedas Vermeiren D200P (AccesibleMadrid, s.f.).

- Sillas de ruedas eléctricas

Las sillas de ruedas eléctricas o motorizadas permiten el desplazamiento independiente sin esfuerzo, incorporando un motor, una batería y un cuadro de control. Destacan mejoras respecto a la manual en términos de seguridad y confort, aunque tienen un precio mucho más elevado.

Dentro de este tipo de sillas de ruedas también encontramos las enfocadas a interior y/o exterior, las plegables y las ligeras.

- Sillas de ruedas especializadas

Este tipo de sillas de ruedas pueden ser manuales o eléctricas y se distinguen por incluir prestaciones significativas.

Entre ellas encontramos las sillas de ruedas con elevación de asiento, con elevación vertical, basculantes y reclinables. Las sillas de ruedas con elevación de asiento surgen para facilitar traslados e interacciones sociales, mientras las sillas con elevación vertical o de bipedestación buscan la interacción en posición erguida. Las basculantes permiten realizar distintos cambios posturales como reclinación, basculación, elevación de piernas, etc.; y las sillas de ruedas reclinables ofrecen mayor comodidad al usuario gracias a la reclinación ajustable del respaldo.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

Por otra parte, destaca la posibilidad de personalización de la silla de ruedas al usuario en las sillas de ruedas de posicionamiento, que incluyen numerosos ajustes de posición y accesorios. También existen sillas de ruedas para niños y sillas de ruedas bariátricas para personas con sobrepeso.

Otros tipos de sillas de ruedas especializadas son las interiores de baño y las todoterreno para exteriores.

En la Figura 5 aparece un ejemplo de silla de ruedas eléctrica con más prestaciones como elevación de asiento y basculación.



Figura 5: Silla de ruedas Jazzy Air 2 (ProSillas, s.f.).

3.2. ESTRUCTURA DE UNA SILLA DE RUEDAS MANUAL Y AUTOPROPULSABLE

Tal y como se ha mencionado en apartados anteriores, este proyecto consiste en el estudio y diseño de una silla de ruedas manual, elevable y autopropulsable. Por tanto, se realiza un análisis de las partes principales que componen una silla de ruedas manual sin más prestaciones, teniendo en cuenta que la silla de ruedas de este trabajo se basará en esta estructura incorporando un sistema de elevación.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

Los componentes o partes principales de una silla de ruedas autopropulsable aparecen reflejados en la Figura 6.

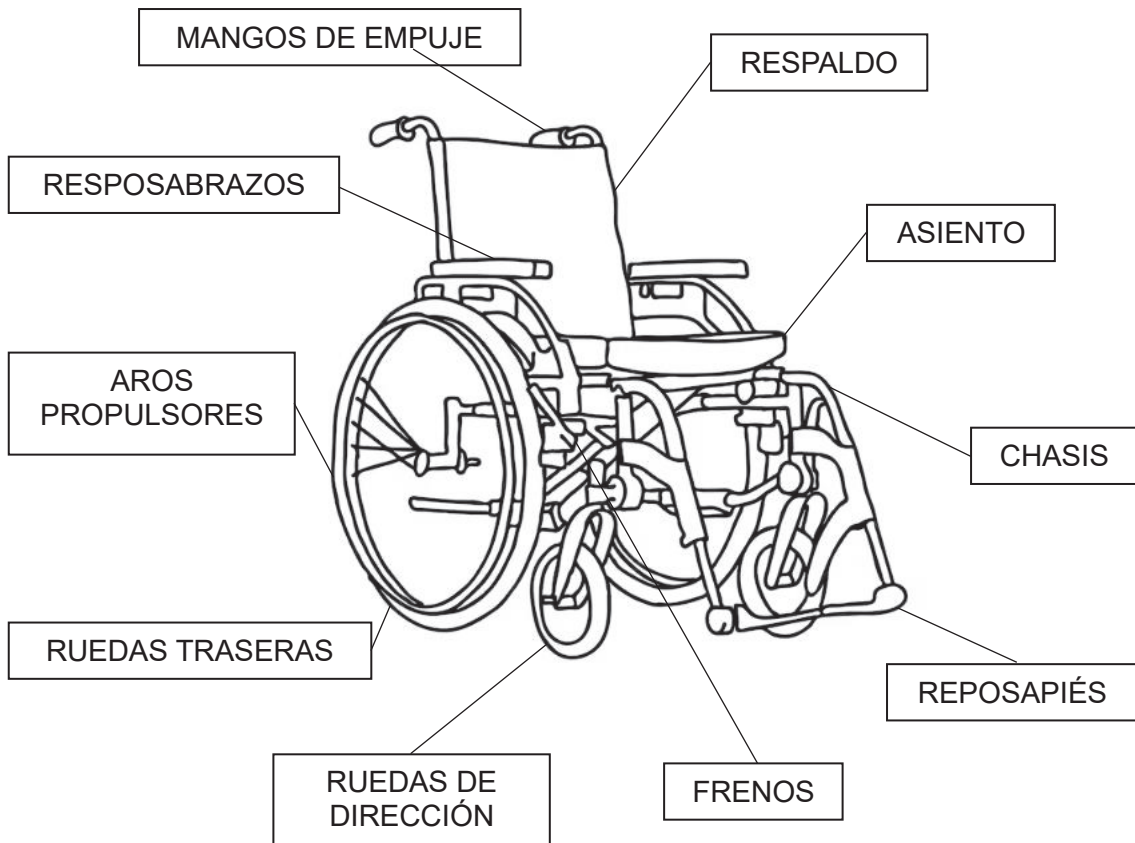


Figura 6: Componentes de una silla de ruedas manual (Elaboración propia).

- Chasis:

El chasis es la estructura principal de la silla de ruedas. Soporta el peso del usuario y conecta al resto de elementos de la silla. Está formado por tubos metálicos que pueden ser de distintos materiales como acero, aluminio, titanio o fibra de carbono. El diseño del chasis varía de un modelo a otro.

- Asiento:

El asiento es la zona donde se sienta el usuario. Puede ser rígido o flexible en el caso de las sillas plegables. Los materiales y características varían de un modelo a otro en función de las necesidades concretas.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

En los asientos rígidos se incorporan cojines o acolchados para incrementar la comodidad de la persona usuaria y/o por motivos de salud, como los cojines antiescaras diseñados para evitar la aparición de úlceras por presión en aquellas personas con lesiones medulares que han perdido la sensibilidad en la zona del coxis y la pelvis y pasan largos periodos de tiempo en la misma posición sentados. Estos ayudan a distribuir uniformemente la presión sobre la superficie del asiento, reduciendo de esta forma los puntos de máxima presión sobre los que se formarían las úlceras. Pueden ser de distintos materiales, variando sus características y precio en función del modelo. A continuación (Figura 7) se muestra la imagen de un tipo de cojín antiescaras del mercado.



Figura 7: *Cojín antiescaras burbujas de aire PVC (Vida Geriátrica, s.f.)*

Por otra parte, las dimensiones del asiento deben ser acordes al usuario, permitiendo un espacio de 2,5 cm a ambos lados en dirección transversal entre la persona y los reposabrazos.

- Respaldo:

El respaldo proporciona apoyo al usuario en la espalda. Sus dimensiones varían en función del tipo de silla y las necesidades del usuario. Por ejemplo, en sillas eléctricas enfocadas a personas sin control del tronco, el respaldo debe ser más alto para garantizar su sujeción y seguridad, mientras en sillas de ruedas activas destinadas a personas con buen control de tronco, los respaldos son más bajos. También varían los materiales y se pueden incorporar acolchados.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

- Mangos de empuje:

Los mangos de empuje son las partes de la silla de ruedas que sobresalen detrás de esta y permiten que una persona asistente o cuidadora pueda moverla y controlarla para transportar al usuario.

- Resposabrazos:

Los reposabrazos sirven de apoyo para los brazos del usuario cuando están descansando. Su altura debe ser tal que resulte cómoda al usuario cuando los utilice, y a su vez no deben ser demasiado altos para no entorpecer el agarre de los aros de propulsión. Los reposabrazos pueden ser abatibles o desmontables para mejorar la transferencia a la silla.

- Aros propulsores:

Los aros de propulsión están unidos a las ruedas traseras de la silla de ruedas, y están diseñados para permitir al usuario moverse de forma autónoma y cómoda impulsándose con sus brazos.

- Ruedas traseras:

Las ruedas traseras son las responsables del movimiento. Por eso el sistema de frenado se incorpora a esta parte de la silla. Son más grandes que las ruedas delanteras.

- Ruedas delanteras:

Las ruedas delanteras son más pequeñas y se encargan de la dirección.

- Frenos:

El sistema de frenos permite bloquear las ruedas traseras para impedir su movimiento indeseado, proporcionando control y seguridad al usuario. Los más comunes en las sillas de ruedas autopropulsables son los frenos de presión de palanca. Estos se activan con una palanca que hace presión directamente sobre la llanta de la rueda inmovilizando la silla (véase Figura 8).



Figura 8: Freno de silla de ruedas (Fishhawk, s.f.)

- Reposapiés:

Los reposapiés son las zonas donde descansan los pies del usuario, proporcionando comodidad y soporte. Pueden ser abatibles para facilitar el acceso o transferencia a la silla de ruedas.

- Accesorios adicionales:

Las sillas de ruedas básicas también incorporan accesorios adicionales como contrapesos. Estos están diseñados para equilibrar y estabilizar la silla de ruedas teniendo en cuenta la variación de posición del centro de gravedad de la silla cuando está montado el usuario. Son especialmente importantes en sillas de ruedas activas o enfocadas al deporte para evitar que la silla vuelque o se incline hacia atrás.

Este tipo de sillas también puede incluir accesorios adicionales como un cinturón de seguridad o sistema de plegado.

Las características y dimensiones de cada una de las partes dependen del modelo de silla y se basan en la ergonomía y accesibilidad; se comentarán en mayor profundidad en futuros apartados.

3.3. PÚBLICO OBJETIVO Y LIMITACIONES DE DISEÑO

Tal y como se mencionará en el estudio de mercado, existen sillas de ruedas elevables eléctricas, aunque tienen un precio considerablemente elevado. Por ello, la silla de ruedas objeto de estudio es manual para reducir su coste económico y hacerla más accesible. Con la elevación del asiento se busca la independencia del usuario, por lo

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

que la silla además de manual debe ser autopropulsable. Teniendo en cuenta estas características se está limitando el público al que va dirigido este producto.

Por otra parte, en apartados anteriores se analizaron las distintas enfermedades que puede padecer una persona usuaria de sillas de ruedas. Sin embargo, a la hora de dirigir este producto a un público objetivo se va a tener en cuenta la clínica del usuario, ya que lo que nos interesa en este caso es conocer su capacidad de movimiento.

Por tanto, esta silla de ruedas está enfocada a personas con incapacidad para la bipedestación y marcha, usuarios activos con buen control del tronco y buena funcionalidad de miembros superiores que le permitan autopropulsarse. Por ejemplo, un paciente parapléjico con una lesión medular dorsal baja o una paraparesia por esclerosis múltiple.

También se pueden mencionar limitaciones de diseño debido al mecanismo de elevación de la silla de ruedas. Por una parte, su chasis será rígido en lugar de plegable para aumentar la estabilidad de la silla y seguridad del usuario. Por otra parte, el mecanismo se busca que sea completamente mecánico para que sea más económico y para que la silla sea menos pesada, ya que incorporar un mecanismo de elevación incrementará el peso total de la silla y si se incluyen motores o mecanismos hidráulicos será más difícil autopropulsarse y moverse cómodamente. Este mecanismo debe ser ergonómico y accesible además de simple en su diseño. Hay que tener en cuenta el alcance de los brazos del usuario para utilizarlo, así como que la posición del mecanismo de accionamiento no entorpezca la transferencia a la silla.

Asimismo, resulta conveniente establecer límites de diseño y uso enfocados a garantizar la seguridad del ocupante. Se debe determinar la altura máxima que puede alcanzar la silla de ruedas para que sea efectiva pero sin poner en riesgo la seguridad del usuario (se estiman aproximadamente 30 centímetros). Además, se va a diseñar teniendo en cuenta que el usuario no se puede desplazar mientras el asiento está elevado.

La silla de ruedas de este proyecto está planteada como una segunda silla de ruedas más que una silla de ruedas única de uso diario. Muchas personas tienen y utilizan más de una silla de ruedas dependiendo de la actividad que vayan a realizar.

Una silla de ruedas de uso diario dirigida al público objetivo de este producto podría ser ligera y plegable para incrementar la facilidad de movimiento del usuario y transporte de la silla. Sin embargo, esta silla ofrece prestaciones interesantes únicas, sacrificando otras características más comunes. Está diseñada para su uso tanto en interior como en exterior, y gracias a la elevación del asiento la persona usuaria puede ser más independiente. Esto sería especialmente importante para aquellas personas en silla de ruedas que vivan solas. Por ejemplo, podría elevarse en el interior de su domicilio y alcanzar, sin necesidad de ayuda de otra persona, estantes más altos de su cocina o dormitorio. También puede resultar cómodo para ajustarse mejor a la altura de una mesa de estudio en una biblioteca. Por otra parte, también se facilitan las interacciones sociales, ya que la podría utilizar para salir a la calle y tomarse un refresco en la barra de un bar o hablar con la recepción de un establecimiento. Otro ejemplo de independencia sería sacar dinero en un cajero automático.

3.4. ESTUDIO DE MERCADO

Para realizar el estudio de mercado se analiza el grupo de personas al que va dirigida esta silla de ruedas, así como la competencia existente en el sector y los precios de estos productos.

3.4.1. PERFIL DEL USUARIO

Se ha mencionado en el apartado anterior que el público objetivo de esta silla son personas con incapacidad para la bipedestación y la marcha, usuarios activos con buen control del tronco y buena funcionalidad de miembros superiores que le permitan autopropulsarse. Está dirigida tanto a hombres como mujeres que cumplan estos requisitos. En cuanto al rango de edad, está principalmente enfocada a jóvenes y/o adultos.

3.4.2. COMPETENCIA

Aunque el mercado de las sillas de ruedas es muy amplio, son escasos los productos que impliquen competencia directa a esta silla. Actualmente encontramos diversas sillas de ruedas elevables eléctricas; sin embargo, solo existe una silla de ruedas manual, autopropulsable y elevable que salió al mercado a principios del año 2020. Esta silla es de chasis rígido y consta de dos variantes en su mecanismo de elevación: una con elevación motorizada y otra cuyo mecanismo es hidráulico. Se trata del modelo *Lift Solid* de la marca alemana *Proactiv* (Figura 9).



Figura 9: Silla de ruedas *Lift Solid* (Proactiv, s.f.).

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

El precio de esta silla con elevación mecánica es de 7.500€ sin tener en cuenta ajustes y accesorios adicionales que aumentan este coste inicial significativamente. Si el mecanismo de elevación es eléctrico, el precio inicial de la silla se eleva a 11.200€.

Además, a finales de 2022 se lanzó una nueva versión llamada *Lift Activ* (véase Figura 10), cuyo mecanismo de elevación es únicamente mecánico hidráulico, donde se redujo el peso de la silla e incluyeron mejoras como reposapiés abatibles para facilitar la transferencia. El precio base de esta silla se eleva a 7.880€. Cabe destacar que estos modelos, aunque sean sillas de ruedas manuales, siguen teniendo un precio elevado.



Figura 10: Silla de ruedas *Lift Activ* (Proactiv, s.f.).

Por otra parte, se mencionó anteriormente que la silla de ruedas de este proyecto es manual debido al elevado precio de las sillas de ruedas eléctricas del mercado. A continuación se muestran algunos ejemplos con sus precios (Figura 11 a 14). También resaltar que estas sillas de ruedas incorporan más prestaciones y ajustes de posición aparte de la elevación del asiento.



Figura 11: Silla de ruedas eléctrica *Timix* de VERMEIREN (VERMEIREN, s.f.).

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023



Figura 12: Silla de ruedas eléctrica Jazzy Air 2 de PrideMobility (PrideMobility, s.f.).



Figura 13: Silla QUICKE Q400 M Sedeo Lite de Sunrise Medical (Sunrise Medical, s.f.).

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

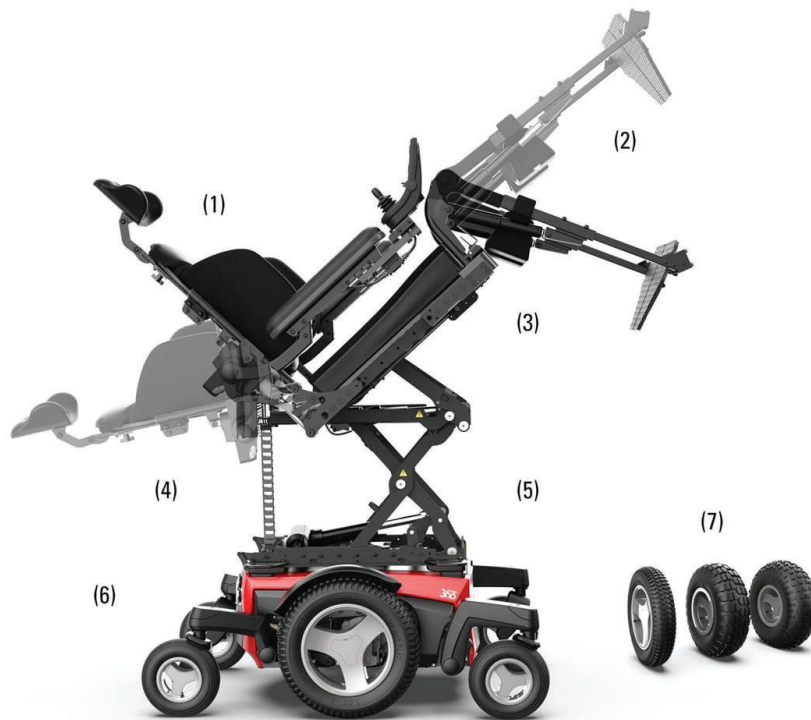


Figura 14: Silla de ruedas Magic 360 de Sunrise Medical (Sunrise Medical, s.f.).

Se recogen los modelos mencionados anteriormente, sus características y precios en la Tabla 1 para compararlo fácilmente.

Tabla 1: Comparativa de modelos y precios de sillas de ruedas (Elaboración propia).

MODELO	CARACTERÍSTICAS	PRECIO (€)
Lift Solid	Manual, elev. mecánica	7.500
Lift Solid	Manual, elev. eléctrica	11.200
Lift Activ	Manual, elev. mecánica	7.880
Timix	Eléctrica	8.880
Jazzy Air 2	Eléctrica	3.848
Q400® M	Eléctrica	6.350,96
Magic 360	Eléctrica	21.475,25

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

Los precios anotados en la tabla anterior corresponden al precio base de la silla con la incorporación del mecanismo de elevación. La diferencia entre el coste de los modelos se ve influenciada por las prestaciones de cada uno como el tipo de motor, batería, velocidad, autonomía o la posibilidad de basculación del asiento.

3.4.3. TENDENCIAS

La posibilidad de elevación del asiento es cada vez más común dentro de las sillas de ruedas eléctricas y la incorporación de esta característica en las sillas de ruedas manuales autopropulsables puede resultar un gran avance. Se trata de una prestación innovadora que actualmente se considera un lujo, pero podría tener éxito con un precio asequible. Un artículo de *Sunrise Medical* del año 2018 expone los beneficios funcionales de la elevación del asiento en sillas de ruedas eléctricas (Sunrise Medical, 2018).

Además de la independencia y los beneficios funcionales que se han expuesto en otros apartados del trabajo, es importante mencionar los beneficios psicológicos. Otro artículo, también de Sunrise Médical, de diciembre de 2021 expone los beneficios psicológicos de esta elevación (Sunrise Medical, 2021). Gracias a la elevación del asiento, los usuarios pueden mantener conversaciones sin mirar hacia arriba y realizar actividades cotidianas de forma independiente, consiguiendo un mayor sentimiento de empoderamiento, confianza, seguridad y autoestima. Además, mejora las comunicaciones sociales, ya que estando con mucha gente en una zona con ruido en la posición normal de una silla de ruedas, es difícil escuchar y mantener conversaciones con el resto de las personas. Con la elevación del asiento se evitan estas situaciones de incomodidad.

3.4.4. ANÁLISIS DAFO

Mediante el análisis DAFO se estudian y evalúan las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades del producto. Estos datos se reflejan en el siguiente esquema conceptual (véase Tabla 2).

Tabla 2: DAFO (Elaboración propia).

FORTALEZAS Innovación. Independencia del usuario. Precio.	DEBILIDADES Elevación del asiento frenado. Público objetivo limitado. Peso de la silla. Mecanismo de elevación mecánico.
OPORTUNIDADES Tendencia de las sillas de ruedas eléctricas elevables. Escasa competencia directa.	AMENAZAS Sillas de ruedas activas, ligeras y plegables. Sillas de ruedas eléctricas de asiento elevable.

3.5. ERGONOMÍA

Los usuarios de sillas de ruedas pasan la mayor parte del día en la misma posición sentados, por lo que la ergonomía de este producto es especialmente importante para la comodidad del ocupante.

Para estudiar correctamente este aspecto es interesante analizar primero las medidas antropométricas que hay que tener en cuenta en usuarios de sillas de ruedas. Se pueden apreciar en la Figura 15.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

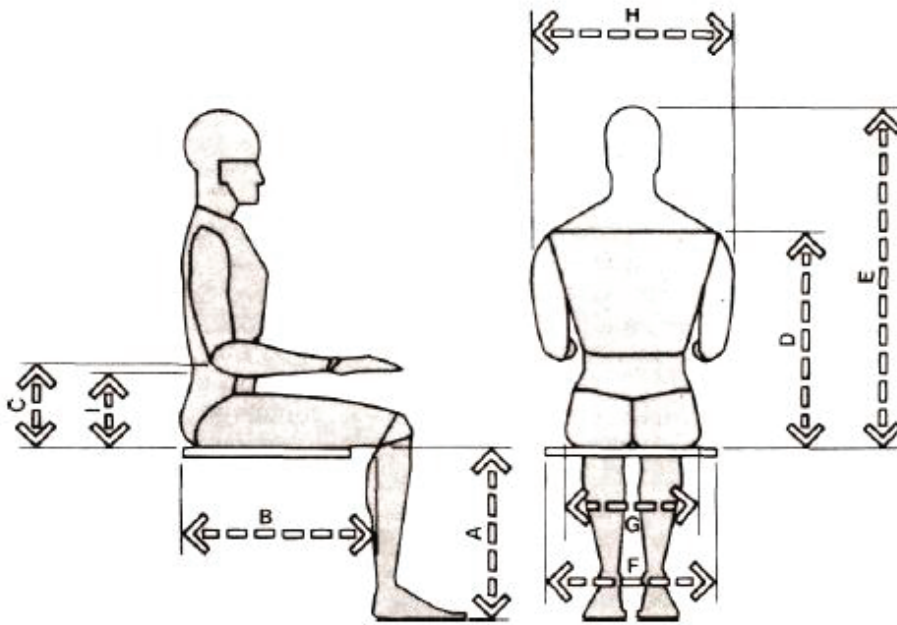


Fig. 4-4. Dimensiones antropométricas fundamentales que se necesitan para el diseño de sillas.

MEDIDA	HOMBRES				MUJERES			
	Percentil		Percentil		Percentil		Percentil	
	5	95	5	95	5	95	5	95
	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm
A Altura poplitea	15.5	39.4	19.3	49.0	14.0	35.6	17.5	44.5
B Largura nalga-popliteo	17.3	43.9	21.6	54.9	17.0	43.2	21.0	53.3
C Altura codo reposo	7.4	18.8	11.6	29.5	7.1	18.0	11.0	27.9
D Altura hombro	21.0	53.3	25.0	63.5	18.0	45.7	25.0	63.5
E Altura sentado, normal	31.6	80.3	36.6	93.0	29.6	75.2	34.7	88.1
F Anchura codo-codo	13.7	34.8	19.9	50.5	12.3	31.2	19.3	49.0
G Anchura caderas	12.2	31.0	15.9	40.4	12.3	31.2	17.1	43.4
H Anchura hombros	17.0	43.2	19.0	48.3	13.0	33.0	19.0	48.3
I Altura lumbar	Véase nota							

Figura 15: Medidas antropométricas fundamentales para el diseño de sillas (Gonzalez, 2014).

Estas medidas se toman sobre una superficie dura y formando un ángulo recto la pelvis, las rodillas, los tobillos y los codos. Atendiendo a estas dimensiones y según la norma *UNE 111915:1991, Sillas de ruedas. Dimensiones totales máximas.*, se establecen las siguientes medidas de sillas de ruedas:

- Ancho total: entre 50 y 70 cm.
- Longitud total: 120 cm.
- Alto total: entre 89 y 105 cm.
- Altura del respaldo: entre 30 y 50 cm.
- Profundidad del asiento: entre 40 y 50 cm.
- Ancho del asiento: entre 35 y 50 cm.
- Altura del reposabrazos: entre 20 y 30 cm.
- Altura del reposapiés: entre 30 y 50 cm.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

Para elegir la medida concreta de cada uno de estos parámetros se deben tener en cuenta distintos factores como la talla del usuario. Por ejemplo, para establecer el ancho del asiento, deben quedar 2,5 cm entre los muslos de la persona y los extremos del asiento. También se deben tener en cuenta las dimensiones de los miembros del usuario que sobresalen de la silla de ruedas en las medidas totales máximas, como los pies sobre los reposapiés en la longitud total, o las manos en sillas de ruedas autopropulsables para el ancho total de la silla.

A continuación se estudian los factores que influyen en la selección de las dimensiones de cada componente de la silla para mejorar el confort del usuario (Karma , 2020):

- Asiento:
Para el ancho del asiento, tal y como se ha mencionado anteriormente, deben quedar 2,5 cm entre los muslos y los extremos del asiento para evitar rozaduras. Por otra parte, la profundidad del asiento debe ser 2 cm menor que su distancia nalga-poplíteo para no ejercer presión en los glúteos ni detrás de las rodillas.
- Respaldo:
La altura del respaldo depende de la funcionalidad de la silla y del control del tronco del usuario. Por ejemplo, en sillas de ruedas activas enfocadas a usuarios con buen control del tronco y miembros superiores el respaldo es más bajo porque no necesitan esa sujeción y se permite un mayor movimiento de los hombros.
- Reposabrazos:
Los codos deben quedar apoyados a 90 grados. Además suelen ser abatibles para facilitar la transferencia a la silla.
- Reposapiés:
Es importante que tanto las rodillas como los tobillos queden a 90 grados y que quede bien ajustada su altura, ya que si quedan los pies colgando aumenta la presión ejercida en los glúteos.

También es importante el ángulo que forman el asiento y el respaldo. Puede ser de 80° hasta 100° dependiendo de su aplicación. En sillas de ruedas activas suele ser menor de 90° mientras en sillas de ruedas eléctricas tiende a ser obtuso.

Aunque no son objeto de estudio de la ergonomía, otras dimensiones para tener en cuenta son las de las ruedas. Las ruedas traseras suelen ser de 60 cm y las delanteras de 20 cm (Zambudio Periago, 2009). Además, el ángulo que forman las ruedas con el suelo puede ser recto en las sillas de ruedas estándar, o agudo en sillas de ruedas activas o enfocadas al deporte, para aumentar la estabilidad. El inconveniente de posicionar en ángulo las ruedas es que aumenta el ancho de la silla.

3.6. ESTUDIO DE MATERIALES

En este estudio se realiza una comparativa entre los diferentes materiales que se suelen utilizar en los distintos modelos de sillas de ruedas manuales autopropulsables. Para este análisis es especialmente importante atender al material del chasis y del mecanismo de elevación, ya que forman la estructura base del producto.

Los parámetros fundamentales que influyen en esta decisión son la estabilidad, el peso, la resistencia, la durabilidad y el precio del material. Por una parte, se busca que el material ofrezca la mayor estabilidad, durabilidad y resistencia posible para que sea seguro, aunque el peso total de la silla no puede ser demasiado elevado porque el usuario tiene que autopropulsarse. Esto puede causar un conflicto a la hora de tomar esta decisión. Por otra parte, se busca que el coste económico de la silla de ruedas no sea muy elevado porque el objetivo del producto es que sea accesible.

Los materiales más utilizados en sillas de ruedas manuales autopropulsables son los siguientes:

- Acero:

El acero es el material más utilizado en las sillas de ruedas. Entre sus ventajas se encuentra su precio más económico, mientras que su principal desventaja es su peso elevado.

- Aluminio:

El uso del aluminio es habitual en el chasis de las sillas de ruedas. Es ligero aunque no tan resistente como el acero.

- Titanio:

El titanio es un material muy ligero y resistente, utilizado en sillas de ruedas activas ligeras. Su principal inconveniente es su precio elevado.

- Fibra de carbono:

La fibra de carbono se utiliza en sillas de ruedas ultraligeras y destaca su buena durabilidad.

Las sillas de ruedas eléctricas utilizan también otros materiales como magnesio y plástico. En las sillas de ruedas manuales autopropulsables, los más frecuentes son el acero y el aluminio. Además, son los que más se ajustan a los objetivos de este producto porque su precio es más económico y son más robustas. Por ello, para analizar correctamente sus ventajas y desventajas se realiza la Tabla 3, comparativa entre estos dos materiales (Ortopedia Plaza, s.f.).

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

Tabla 3: Comparativa acero vs aluminio (Elaboración propia).

CARACTERÍSTICA	ACERO	ALUMINIO
PESO	Mayor	Menor
PRECIO	Menor	Mayor
RESISTENCIA	Mayor	Menor
DURABILIDAD	Buena	Buena

En la tabla se resaltan en verde las características que más se adaptan al diseño de este producto. Igualmente, aunque por ejemplo el acero tenga una resistencia superior al aluminio, este último material cuenta con la robustez suficiente para su correcto funcionamiento.

La elección final del material se realizará teniendo en cuenta la simulación completa del producto en el programa *SolidWorks Simulation* para garantizar su estabilidad y calcular el peso de la silla. Para ello, se utilizarán en su análisis los tipos de acero y aluminio más utilizados en sillas de ruedas:

- Acero:
Acero inoxidable, acero cromado y acero al carbono.
- Aluminio:
Aluminio 7020, 6061, 7005 y aleaciones de aluminio.

El material a utilizar en el mecanismo de elevación depende de las mismas características que la elección del chasis y así como de su diseño final. Su determinación se realizará tras comprobar la estabilidad de la silla.

En cuanto al resto de componentes de una silla de ruedas, los materiales más utilizados se detallan a continuación:

- Ruedas:
Dentro de los materiales de las ruedas se puede distinguir entre las llantas y las cubiertas. Por una parte, en las ruedas traseras, las llantas pueden ser de plástico, de radios de aluminio o de otros materiales como fibra de carbono. A continuación, en la Figura 16, se aprecian los tres tipos de llantas:



Figura 16: Tipos de llantas (Ortopedia Mimas, 2019).

Las cubiertas pueden ser macizas o neumáticas, ambas de caucho, con la diferencia de que las neumáticas están llenas de aire. Las ruedas neumáticas son más utilizadas en sillas de ruedas activas porque tienen mejor amortiguación y facilitan el movimiento, aunque se deben mantener y existe riesgo de pinchazo. Por otra parte, en las ruedas delanteras, las llantas suelen ser de plástico y las cubiertas macizas de caucho.

- Aros de propulsión:

Los aros de propulsión suelen ser de aluminio o de acero, aunque también pueden ser de titanio, fibra de carbono, etc. Pueden estar recubiertos de goma para mejorar el agarre.

- Asiento y respaldo:

El asiento y el respaldo pueden ser de distintos tipos tal y como se comentó en el apartado *Estructura de una silla de ruedas manual y autopropulsable*. Dependiendo de sus características se utilizan diferentes materiales. Por ejemplo, en algunas sillas de ruedas plegables se utilizan respaldos y asientos de tela.

Para este proyecto de silla de ruedas rígida, se va a utilizar un cojín antiescaras sobre el asiento cuyo material lo determinará el especialista que trate al usuario de la silla, ya que cada material conlleva sus ventajas y sus inconvenientes. Los cojines antiescaras pueden ser de foam, gel, PVC, etc. Por otra parte, los respaldos pueden ser acolchados de espuma, de fibra de carbono o de plástico reforzado. Suelen ser de tejido plastificado.

- Frenos:

Los frenos suelen ser de acero o aluminio, con las zonas de agarre y contacto con la rueda de recubiertas de plástico.

- Reposabrazos y reposapiés:

Suelen ser de acero o aluminio. Los reposabrazos también suelen incluir plástico o acolchado en la zona de descanso de los brazos; y los reposapiés recubrimiento de plástico en la zona de apoyo de los pies.

4. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

4.1. MECANISMO DE ELEVACIÓN

Para el estudio del mecanismo de elevación de la silla de ruedas, la primera decisión consiste en el tipo de mecanismo: motorizado, hidráulico o mecánico. Tal y como se ha mencionado anteriormente, con el objetivo de reducir el peso y el coste final del producto, se diseña un mecanismo de elevación puramente mecánico.

A continuación se exponen las diferentes ideas y bocetos que se han considerado hasta llegar al diseño final. Cabe destacar que se busca simplicidad de diseño y facilidad de uso para el ocupante.

Primero se pensó un elevador a husillo vertical. Esta primera idea tenía diversos problemas. Para empezar, el husillo cuando la silla no está elevada queda por debajo del asiento, por lo que la altura de elevación se vería limitada por la distancia del suelo a la parte inferior del asiento. Además, sería molesto ya que el husillo en esta posición podría chocar con obstáculos del camino cuando la silla está en movimiento. Por otra parte, también se descartó esta idea por la complejidad que suponía el accionamiento de este mecanismo. Para que el usuario pueda iniciar la elevación, el mecanismo debe estar a su alcance de una forma cómoda. Esto limita considerablemente el tipo de elevación a instalar en el producto, ya que resulta complicado utilizar los laterales de la silla porque chocaría con las ruedas o la parte trasera porque sería más difícil para el usuario. Además, si se acciona el mecanismo por delante de la silla de ruedas, tiene que estar por debajo del asiento y no sobresalir demasiado para no entorpecer la transferencia a la silla. Por ello, se necesitarían por lo menos dos pares de engranajes cónicos para transmitir el giro en codo y que el mecanismo de accionamiento, en este caso, surgiese del lateral derecho de la silla, por delante de la rueda. En resumen, no cumple la simplicidad de diseño e incluye inconvenientes de uso para el ocupante. A continuación se muestran unos bocetos para su correcta comprensión (Figuras 17 y 18).

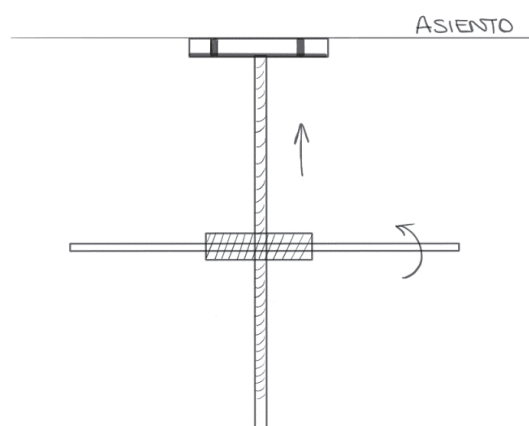


Figura 17: Boceto del mecanismo de elevación de husillo vertical (Elaboración propia).

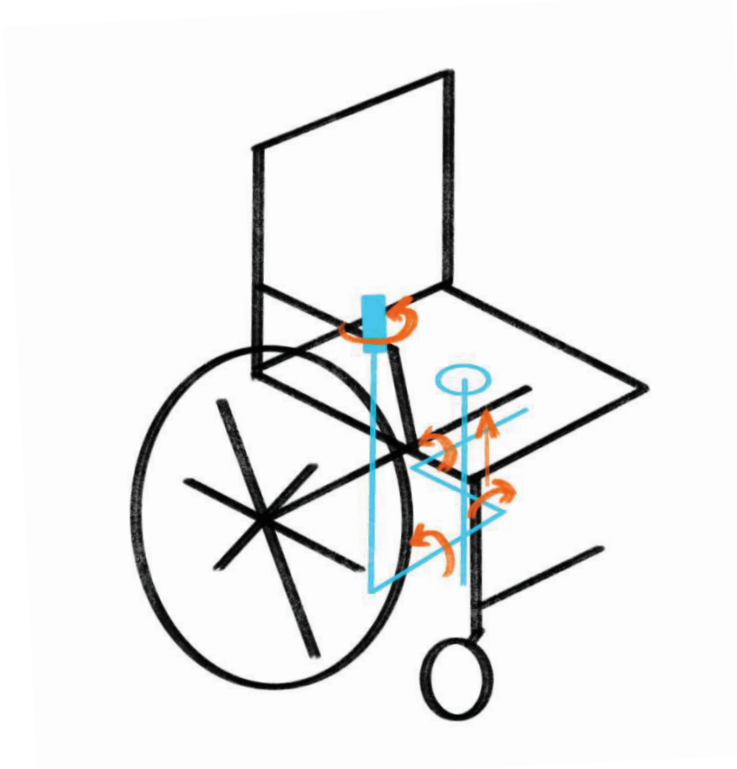


Figura 18: Boceto del mecanismo de elevación de husillo vertical con silla (Elaboración propia).

La segunda idea consistía en un mecanismo de elevación de tijera. Este diseño contemplaba limitaciones como que el mecanismo de accionamiento chocaba con la rueda si se encontraba en los laterales de la silla y que este mecanismo de accionamiento tiene que subir con el asiento porque si no según se vaya elevando el usuario dejaría de alcanzarlo (véase Figura 19).

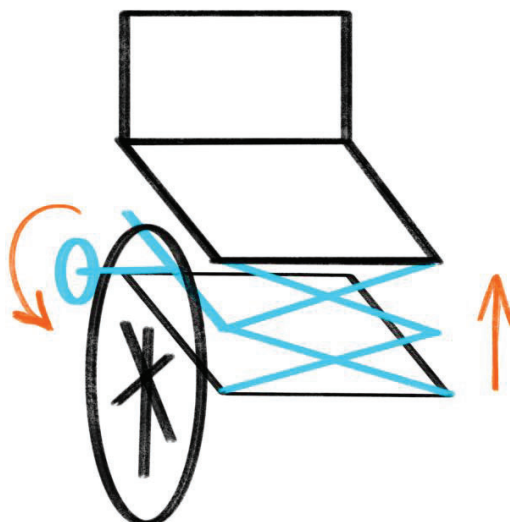


Figura 19: Boceto del mecanismo de elevación de tijera (Elaboración propia).

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

Para resolver estos problemas se analizó otro tipo de mecanismo de elevación de tijera como el utilizado en mesas elevables de manivela. Con este tipo de elevación se solventan las dos desventajas mencionadas anteriormente: el accionamiento se eleva junto con el asiento y se puede colocar en la parte delantera de la silla si no ocupa mucho espacio.

Se realizaron bocetos de mecanismos de accionamiento plegables que se pudiesen esconder por debajo del asiento para no molestar en la transferencia a la silla y que permitiesen al usuario elevarse sin inclinarse.

Sin embargo, las personas usuarias de esta silla de ruedas poseen buen control de tronco y miembros superiores, por lo que son perfectamente capaces de alcanzar a girar el mecanismo de elevación sin incorporar ningún elemento adicional que incremente el precio del producto y la complejidad del mecanismo.

Por tanto, el diseño final del mecanismo de elevación es el siguiente (Figura 20).

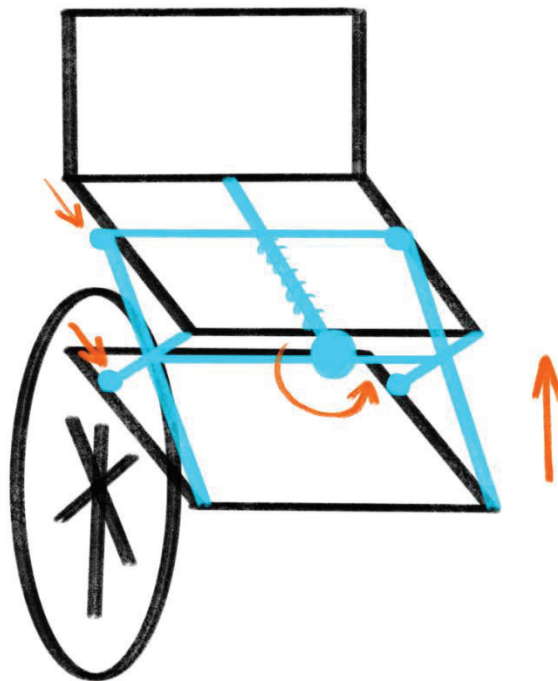


Figura 20: Boceto del mecanismo de elevación final (Elaboración propia).

La empuñadura del mecanismo de elevación consta de un eje de 15 centímetros de longitud pasante por un agujero situado en el extremo del husillo, con tuercas en los extremos (véase Figura 21). Con la incorporación de la barra se consigue un giro amplio y ergonómico. Además, al ser pasante se puede ajustar su posición en función del espacio que haya para el giro; y gracias a los toques de los extremos el eje descansa sobre el husillo cuando no está en uso, logrando un mayor confort del usuario.

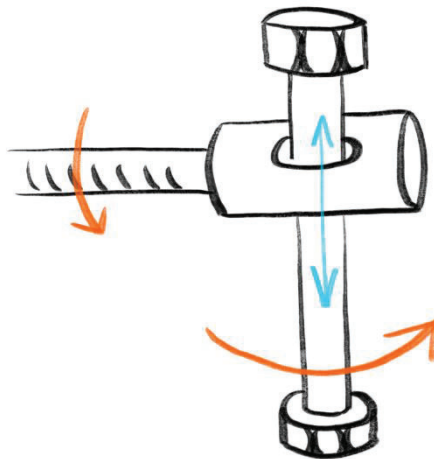


Figura 21: *Boceto del accionamiento del mecanismo de elevación* (Elaboración propia).

5. RESULTADOS FINALES

5.1. DISEÑO FINAL Y ESPECIFICACIONES. DISEÑO EN DETALLE

Teniendo en cuenta los aspectos estudiados en los apartados anteriores, se ha modelado la silla de ruedas objeto de estudio con el programa *Solidworks*. En esta sección del trabajo se exponen las distintas partes que componen el producto y se concretan las medidas totales de la silla, así como su peso. Las características del producto en cuanto a materiales finales, fabricación y montaje se explican en capítulos posteriores de la memoria.

En primer lugar, para poder apreciar correctamente cada uno de sus componentes en su contexto, se muestra el aspecto final de la silla de ruedas elevable y autopropulsable (Figuras 22 y 23).

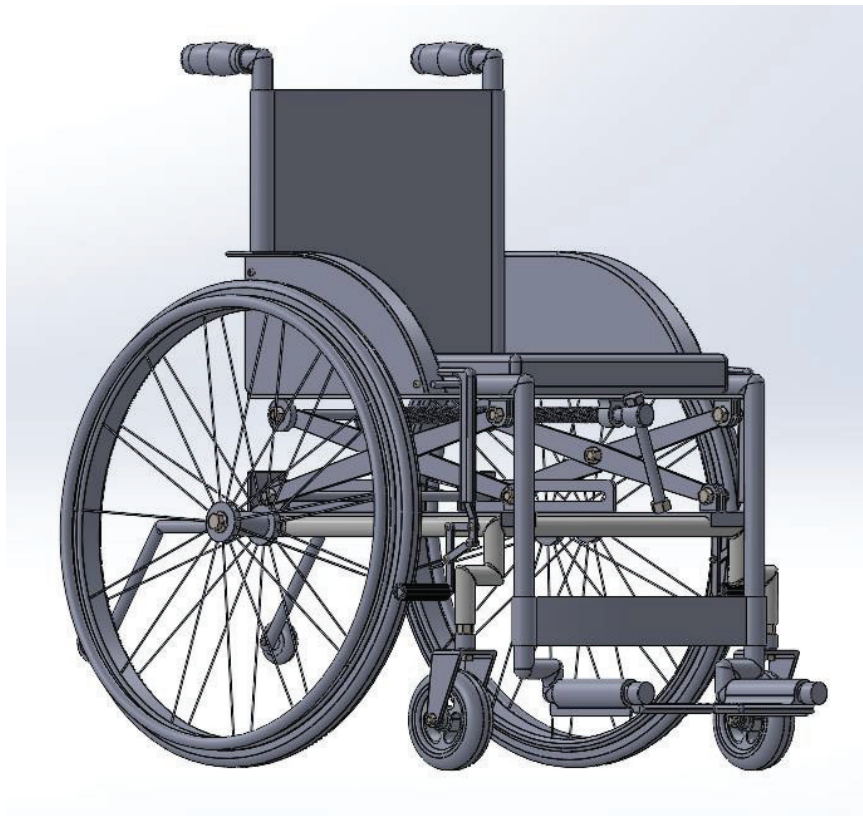


Figura 22: *Diseño final de la silla de ruedas en perspectiva (Elaboración propia).*

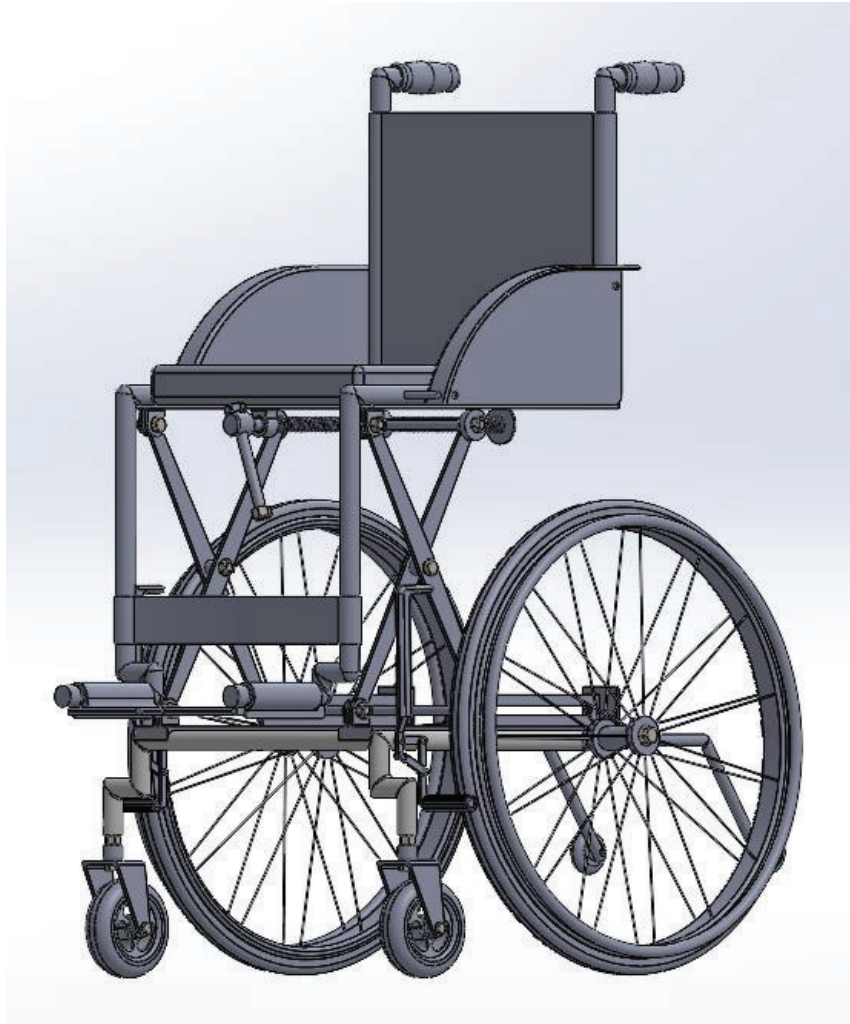


Figura 23: *Diseño final de la silla de ruedas elevada y en perspectiva (Elaboración propia).*

A continuación se muestran por separado las distintas partes del producto:

- Ruedas traseras:

El conjunto de las ruedas traseras está formado por la cubierta, la llanta y los aros de propulsión. La medida total de la rueda trasera es de 600 mm de diámetro, porque es la más utilizada. Además, las ruedas están inclinadas 3° respecto a la horizontal, para mejorar la estabilidad de la silla. Esta inclinación se suele utilizar en las sillas de ruedas activas, haciendo que sea más estable aunque un poco más ancha. Esto se ha conseguido inclinando el eje de la rueda respecto al chasis. Por otra parte, la cubierta se ha diseñado neumática para ofrecer una mayor amortiguación y mejorar la movilidad. En la Figura 24 se muestra el conjunto de la rueda trasera.



Figura 24: *Diseño de ruedas traseras* (Elaboración propia).

- Ruedas delanteras:

Las ruedas delanteras también están formadas por la llanta y la cubierta, en este caso sólida. El diámetro de estas ruedas es de 12,5 centímetros, buscando un punto medio entre la estabilidad que ofrece un diámetro de mayor tamaño (20 cm), frente a la maniobrabilidad de las ruedas de menor tamaño (10 cm) utilizadas por las sillas de ruedas activas. Además, incluye una horquilla que permite el giro de 360° de la rueda, ya que estas son las encargadas de la dirección de la silla. El conjunto se muestra en la Figura 25.

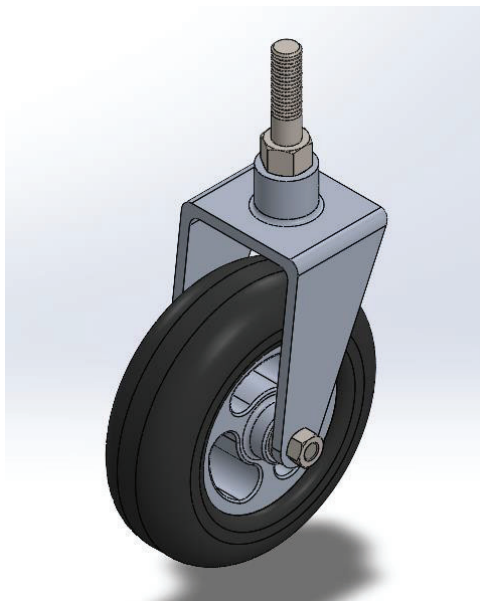


Figura 25: *Diseño de ruedas delanteras* (Elaboración propia).

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

- Ruedas antivuelco:

Las ruedas antivuelco se han diseñado fijadas al chasis en su posición activa, ya que al tratarse de una silla de ruedas cuya función principal es la elevación del asiento, se busca reforzar la estabilidad y la seguridad del usuario. Este componente se muestra en la Figura 26.

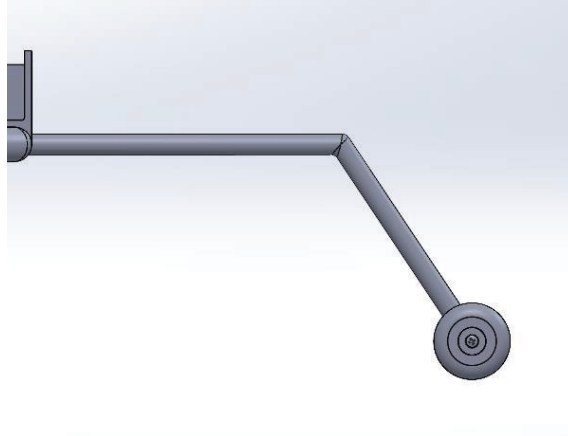


Figura 26: *Diseño de ruedas antivuelco* (Elaboración propia).

- Mangos:

Se han diseñado unos mangos de empuje para conseguir un agarre más ergonómico (Figura 27).



Figura 27: *Diseño de mangos de empuje* (Elaboración propia).

- Chasis:

La estructura que comúnmente se conoce como chasis, en este caso se ha dividido en dos: chasis inferior y chasis superior, con la incorporación del mecanismo de elevación entre ellas. El chasis está formado a su vez por tubos huecos de 25 milímetros de diámetro exterior y 3 mm de espesor.

Por una parte, el chasis inferior está unido a las ruedas delanteras, traseras y a las ruedas antivuelco. Además, incorpora los agujeros para atornillar el freno. El chasis inferior también se encuentra unido a la parte inferior del mecanismo de elevación. Se puede apreciar en la Figura 28.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

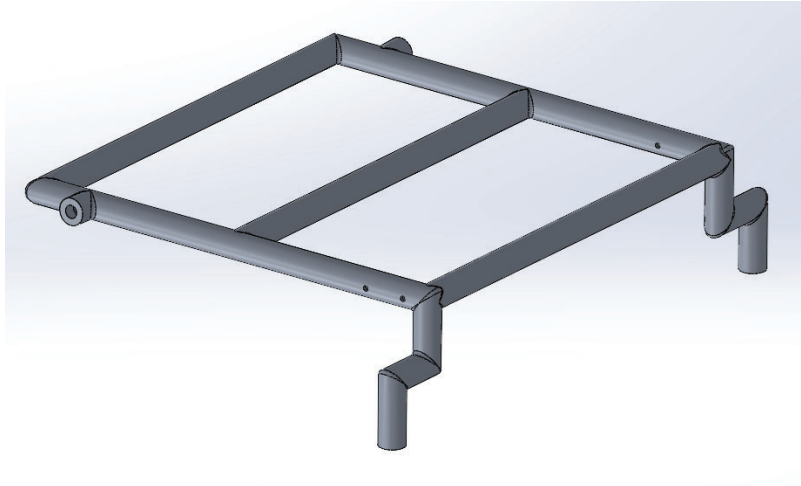


Figura 28: *Diseño de chasis inferior* (Elaboración propia).

Por otra parte, el chasis superior está unido por debajo al mecanismo de elevación, y fija el asiento con los reposapiés, reposabrazos, respaldo y mangos de empuje. Además, incluye unos salientes que corresponden al mecanismo de seguridad en la elevación de la silla. Este mecanismo de seguridad se expone en detalle más adelante. También resulta interesante mencionar que se ha buscado una geometría del chasis superior tal que, como se mencionó en el apartado de ergonomía, permita un ángulo de 90° entre el respaldo y el asiento, así como en las rodillas. El chasis superior es el que se muestra en la Figura 29.

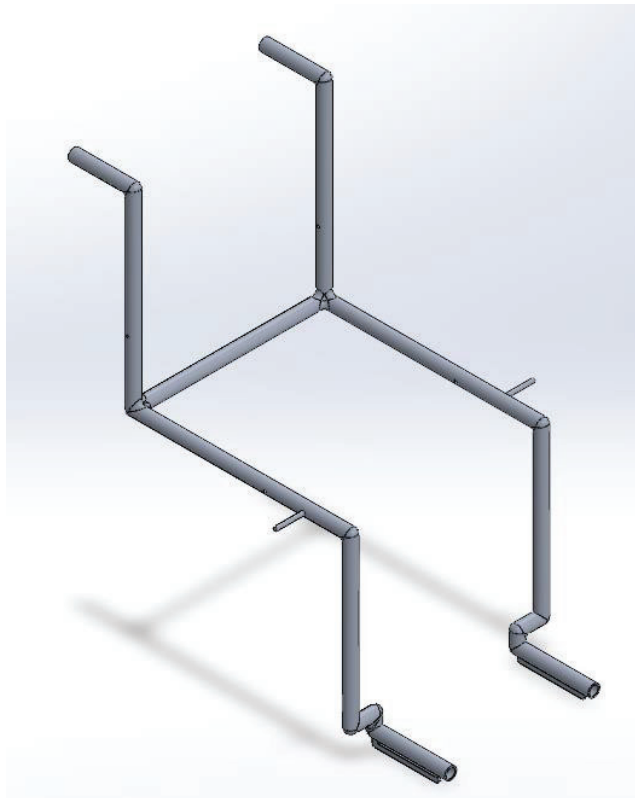


Figura 29: *Diseño de chasis superior* (Elaboración propia).

- Mecanismo de elevación:

El mecanismo de elevación consiste en un mecanismo elevador de tijera mediante un husillo en posición horizontal. Está compuesto por dos placas inferiores y una placa superior sobre las que se apoyan cuatro barras en posición de tijera (dos y dos) en los extremos laterales de forma simétrica. La unión entre las placas y las barras de la tijera consiste en cuatro apoyos articulados fijos que permiten giro sin desplazamiento y otros cuatro apoyos en deslizadera que permiten el desplazamiento en dirección longitudinal. Para conseguir este último tipo de apoyo se colocan ruedas en el extremo de la barra apoyadas sobre la placa correspondiente. Las dos ruedas que están apoyadas en la placa superior se encuentran unidas a una tuerca que envuelve al husillo. El husillo permanece fijo, colocado en posición horizontal en mitad y por debajo de la placa superior del mecanismo.

Conociendo los componentes, el proceso es el siguiente: al girar el husillo, como está fijo, la tuerca se desplaza. Al moverse la tuerca también lo hacen las ruedas. De esta manera se transforma el giro del husillo en un movimiento ascendente vertical. Para bajar el proceso es similar, girando el husillo en la dirección opuesta.

Las medidas del mecanismo de elevación se han elegido teniendo en cuenta las dimensiones requeridas en la silla de ruedas (ancho, largo y altura del asiento). Además, se ha realizado el dimensionamiento del husillo teniendo en cuenta las dimensiones de la tijera y la carga a elevar (*ver Anexo I: Cálculo y dimensionamiento del mecanismo de elevación*).

Por otra parte, cabe destacar que por la seguridad del usuario se ha limitado la altura máxima que puede alcanzar la placa superior. Esta altura es de 26 centímetros aproximadamente, y su cálculo se muestra en el *Anexo I: Cálculo y dimensionamiento del mecanismo de elevación*. Esta restricción se consigue con la incorporación de una ranura en las placas inferiores que llega hasta la mitad de la placa, y que hace de tope con las ruedas. Las placas inferiores también poseen unos redondeos para su correcto posicionamiento sobre el chasis. En cuanto a la placa superior, se han diseñado unas ranuras en las zonas donde no contacta con ningún elemento para aligerar peso, sin sacrificar su estabilidad.

A continuación, en las Figuras 30, 31 y 32, se aprecia el conjunto del mecanismo de elevación.

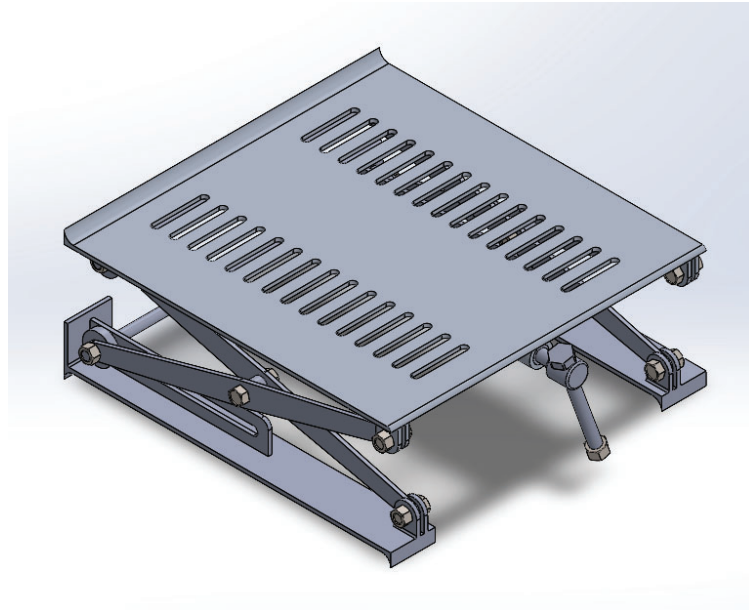


Figura 30: *Diseño del mecanismo de elevación en su posición inicial (Elaboración propia).*

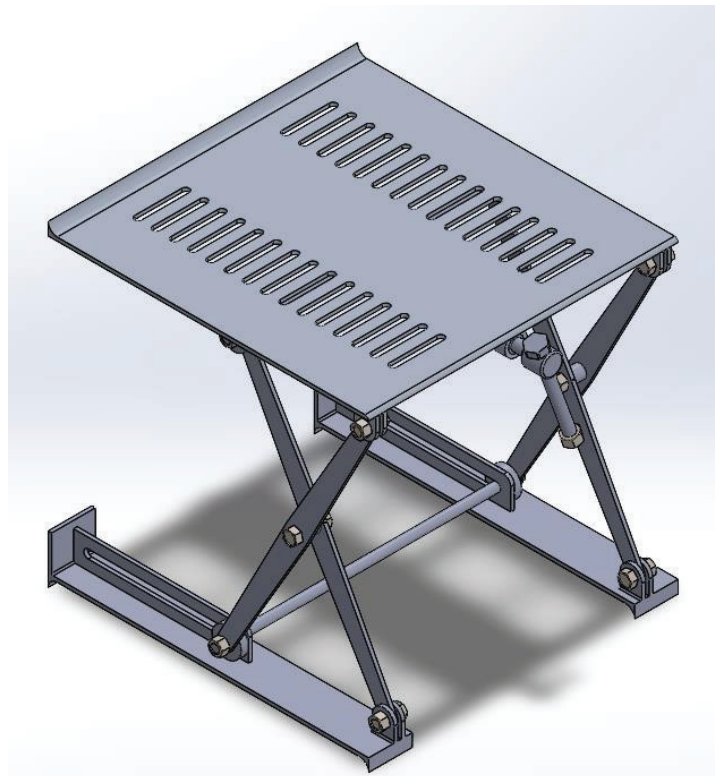


Figura 31: *Diseño del mecanismo de elevación en su posición elevada (Elaboración propia).*

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

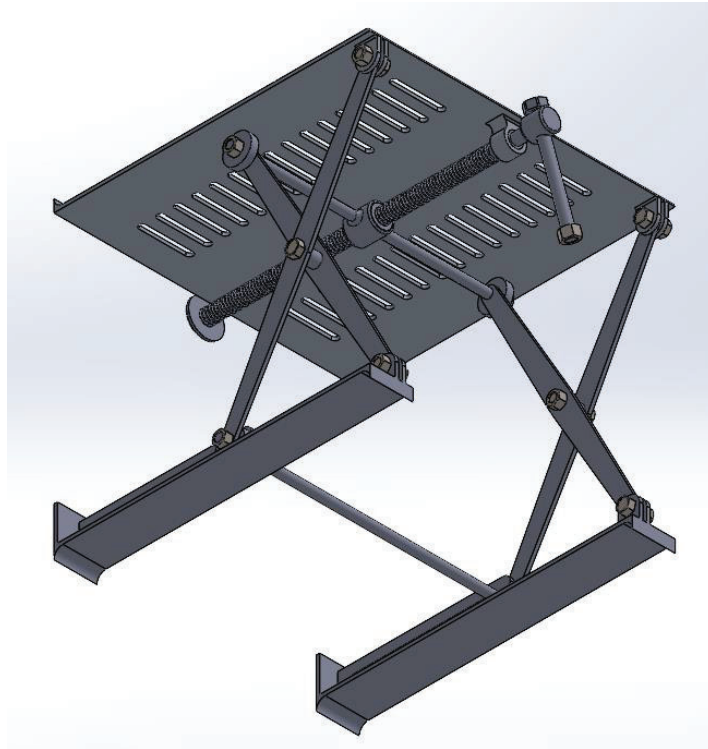


Figura 32: *Diseño del mecanismo de elevación en su posición elevada, vista inferior* (Elaboración propia).

Por otra parte, el husillo consta de un agujero en su límite delantero por el que pasa la barra utilizada para accionar de forma más ergonómica el mecanismo. Este accionamiento se muestra en la Figura 33.

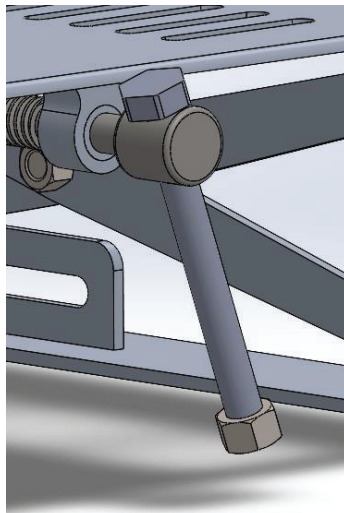


Figura 33: *Diseño del accionamiento del mecanismo de elevación* (Elaboración propia).

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

- Reposapiés:

Los reposapiés están unidos al chasis superior para que el usuario pueda mantenerse elevado durante periodos más largos de tiempo, ya que los reposapiés son un componente imprescindible para el correcto reparto del peso del ocupante sobre la silla, para que no varíe el centro de gravedad y para que no se generen úlceras por presión con el asiento. Además, se han diseñado plegables para facilitar la transferencia a la silla. El chasis superior incluye unos topes para fijar los reposapiés en su posición de utilización. En este caso no son ajustables en altura, ya que se ha diseñado la silla siguiendo las medidas estándar sin ofrecer ajustes de posición para cada usuario. Es objeto de estudio posterior el hacer ajustable cada uno de los componentes de la silla para el confort del usuario. A continuación se muestran imágenes del reposapiés en su posición activa de utilización y en su posición de plegado (Figuras 34 y 35).

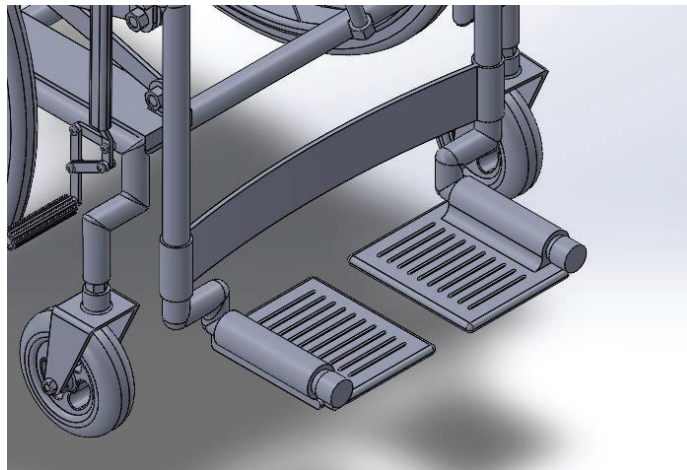


Figura 34: *Diseño de los reposapiés en posición de utilización* (Elaboración propia).

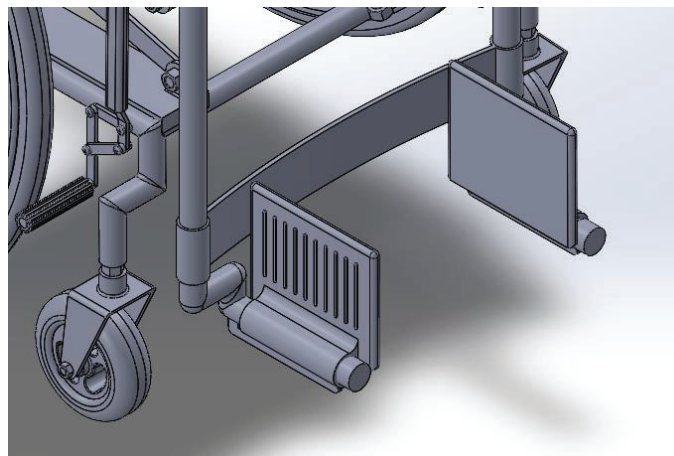


Figura 35: *Diseño de los reposapiés en posición de plegado* (Elaboración propia).

- Banda reposapiernas:

Se ha modelado una banda reposapiernas para ofrecer un mejor posicionamiento al usuario. Sin embargo, se trata de un accesorio opcional de la silla de ruedas. El diseño de esta banda se muestra en la Figura 36.

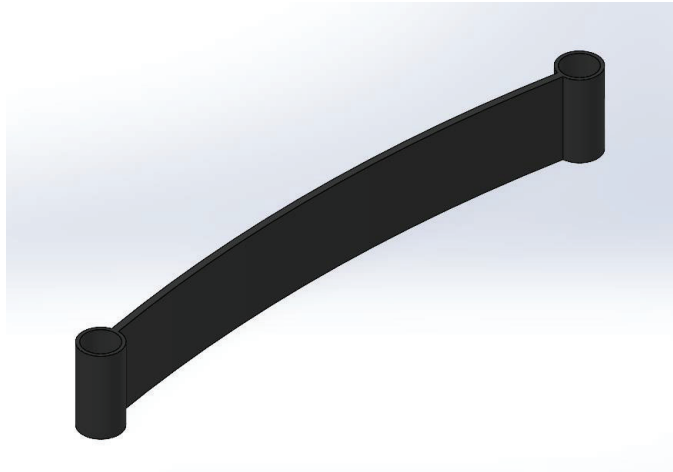


Figura 36: *Diseño de banda reposapiernas* (Elaboración propia).

- Reposabrazos:

Los reposabrazos se han diseñado como una extensión de los soportes laterales de la silla de ruedas. De esta forma permiten el descanso de los brazos del usuario sin ocupar mucho espacio. Además, se sitúan en los extremos laterales del chasis superior porque de esta forma se consiguen 25 milímetros de distancia entre el final del asiento y los soportes laterales, distancia aconsejada por la norma para evitar presión en las piernas. El diseño del reposabrazos es el siguiente (Figura 37).

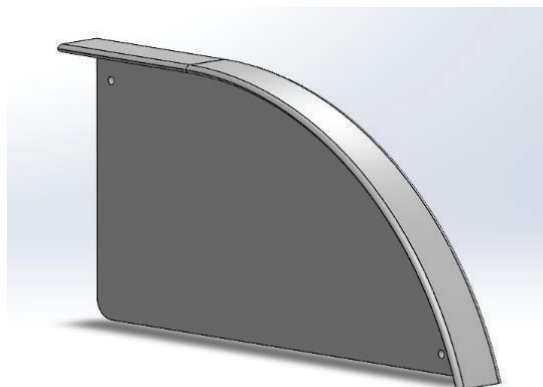


Figura 37: *Diseño del reposabrazos* (Elaboración propia).

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

- Cojín:

Se ha modelado el cojín para ofrecer una visión más realista del producto. Sin embargo, no es un accesorio incluido en la silla. Tal y como se ha mencionado en apartados anteriores, se necesita un cojín antiescaras. Este producto varía sus prestaciones en función de las necesidades de cada persona y se obtiene siguiendo la opinión del personal sanitario correspondiente. Además, esta silla se ha planteado como una “segunda silla de ruedas”. Los usuarios, probablemente, estén utilizando un cojín antiescaras en su silla de ruedas de uso diario que podrían utilizar en esta silla, ahorrándose el dinero correspondiente a esta compra. Por otra parte, si no disponen de un cojín antiescaras se podrá adquirir por separado. Igualmente se muestra a continuación el modelado del cojín (Figura 38).

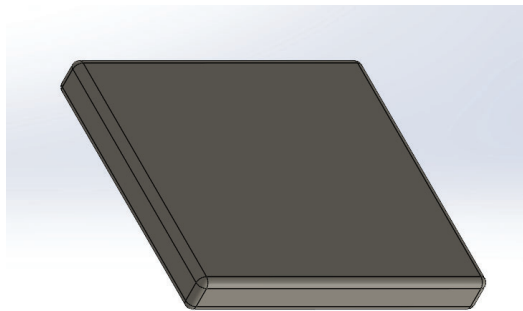


Figura 38: *Diseño del cojín* (Elaboración propia).

- Respaldo:

El respaldo, al igual que el cojín, se ha modelado para ofrecer una imagen realista de la silla de ruedas aunque no se va a fabricar, sino que se va a comprar. Además, esta opción permite que el usuario elija la altura del respaldo que más se adapte a sus necesidades concretas. El diseño del respaldo se muestra en la Figura 39.

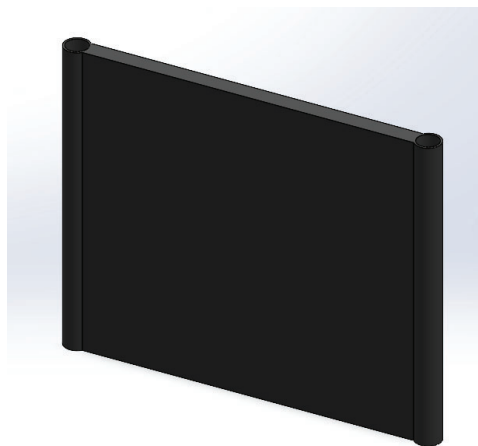


Figura 39: *Diseño del respaldo* (Elaboración propia).

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

- Frenos:

Los frenos se han diseñado como unos frenos de presión de una silla de ruedas convencional, con la particularidad del mango más largo. Esta característica se explica a continuación en el mecanismo de seguridad. Hay un conjunto de freno para cada rueda trasera y son simétricos. Además, están fijados al chasis inferior. Se puede apreciar en la Figura 40.

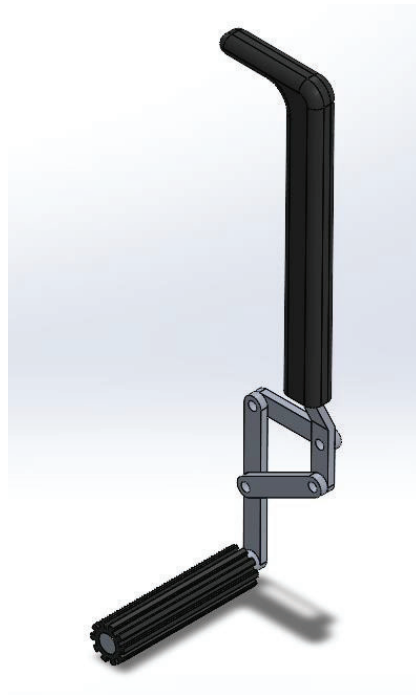


Figura 40: *Diseño del sistema de freno* (Elaboración propia).

- Mecanismo de seguridad:

Tal y como se mencionó en el apartado *Público objetivo y limitaciones de diseño*, esta silla se ha diseñado para que no se pueda mover mientras el usuario está elevado. Por esta razón, y para que no sea una simple recomendación de uso, se ha diseñado un mecanismo de seguridad para que el asiento no se pueda elevar si no están las ruedas frenadas. Este mecanismo es considerablemente importante para evitar posibles accidentes que se puedan producir por olvidar echar los frenos antes de elevarse, una situación que podría ocurrir.

Este mecanismo de seguridad está formado por un saliente del chasis superior y el freno, unido al chasis inferior. El funcionamiento es sencillo y las siguientes imágenes pueden facilitar su comprensión.

Cuando la silla no está frenada, el mango queda en posición vertical y si el usuario intenta elevarse, el saliente del chasis superior chocaría con el mango del freno impidiendo la elevación y recordando al usuario que debe frenar las ruedas (véase Figura 41).

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

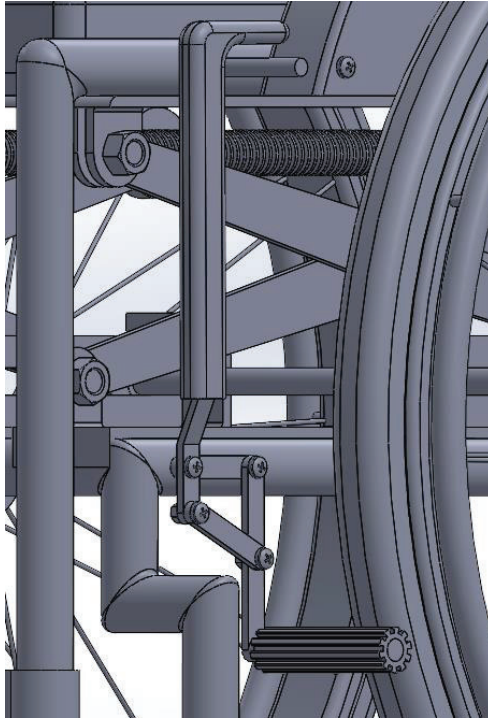


Figura 41: *Diseño del sistema de seguridad, silla sin frenar* (Elaboración propia).

Cuando la silla está frenada, el mango del freno queda por delante del saliente del chasis superior, por lo que no hay nada que impida la elevación (Figura 42).

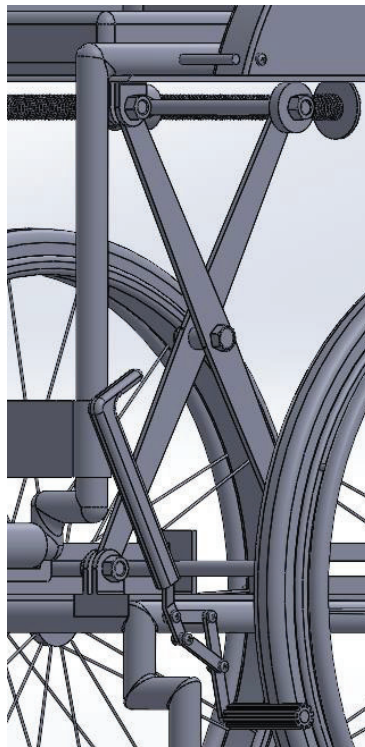


Figura 42: *Diseño del mecanismo de seguridad, silla frenada* (Elaboración propia).

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

El diseño de la silla de ruedas y de sus piezas se ha realizado teniendo en cuenta la norma, así como las medidas y los materiales de las sillas de ruedas del mercado, para garantizar su estabilidad, fiabilidad e intercambiabilidad entre componentes. Las dimensiones totales del producto son las siguientes:

- Ancho total: 67,85 cm.
- Longitud total: 97,35 cm.
- Alto total: 89 cm.

Por otra parte, las dimensiones exactas de cada uno de los componentes se aprecian en los planos (*ver Documento III: Planos*).

Teniendo en cuenta estas dimensiones y que el mecanismo permite una elevación de 26 cm, la altura máxima que alcanza el asiento es de 76 cm aproximadamente. Además, el peso total es de 17,671 kg. Este valor se ha obtenido incluyendo los materiales de los componentes en el programa *Solidworks* (los materiales y su proceso de elección se estudian en el apartado *Materiales finales*). El peso de una silla de ruedas manual autopropulsable es aproximadamente 15 kg, siendo menor para las ligeras y ultraligeras, y pudiendo llegar hasta los 20 kg según las prestaciones y materiales utilizados en su fabricación. Por tanto, se puede concluir que es un valor adecuado teniendo en cuenta que incorpora el mecanismo de elevación. Por otra parte, se establece que la carga máxima que puede soportar la silla de ruedas por motivos de seguridad es de 110 kg.

A continuación se muestra un render de la silla para ofrecer una imagen más realista del producto en sus dos posiciones extremas (Figuras 43 y 44). Por otra parte, en el *Anexo IV: Render del producto* se adjuntan imágenes del producto final en sus distintas variantes de color del chasis.



Figura 43: *Render de la silla de ruedas elevable y autopropulsable* (Elaboración propia).



Figura 44: *Render de la silla de ruedas en posición elevada (Elaboración propia).*

5.2. ESTABILIDAD Y CENTRO DE GRAVEDAD

Para comprobar correctamente que la silla de ruedas es estable sería necesario fabricar un prototipo y un maniquí de ensayo para estudiar la estabilidad del producto teniendo en cuenta la distribución del peso del usuario, tal y como se indica en la norma *UNE 111914-11:1999, Sillas de ruedas. Parte 11: Maniqués de ensayo.*

Sin embargo, en este proyecto no se va a fabricar un prototipo. Para analizar la estabilidad de la silla se atiende a la posición del centro de gravedad del producto en sus dos posiciones extremas (Figuras 45, 46, 47 y 48).



Figura 45: *Centro de gravedad de la silla de ruedas sin elevar, vista lateral (Elaboración propia).*

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023



Figura 46: Centro de gravedad de la silla de ruedas sin elevar, alzado (Elaboración propia).



Figura 47: Centro de gravedad de la silla de ruedas elevada, vista lateral (Elaboración propia).

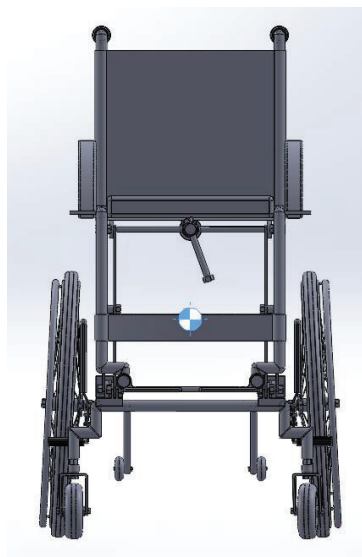


Figura 48: Centro de gravedad de la silla de ruedas elevada, alzado (Elaboración propia).

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

La posición del centro de gravedad de una silla de ruedas varía dependiendo del modelo y su geometría, aunque se encuentra en algún punto entre las ruedas traseras y delanteras.

Se puede apreciar que el centro de gravedad de la silla queda en su plano de simetría, entre los ejes de las ruedas delanteras y traseras, en las dos posiciones del mecanismo de elevación. La ubicación del cdg cuando el asiento está elevado es similar a la de una silla de ruedas convencional. Al elevarse el asiento, el centro de gravedad también se eleva, aunque no demasiado. Cuanto más alto esté el cdg menos estable será la silla. Por otra parte, al elevarse el asiento, como las barras de la tijera se desplazan hacia la zona delantera de la silla, el centro de gravedad también lo hace ligeramente. Este desplazamiento del centro de gravedad resulta favorable para evitar el vuelco de la silla hacia atrás. Este desplazamiento anterior también se aprecia en la silla de ruedas *Proactive Lift Solid*.

Cabe destacar que en este estudio se ha tenido en cuenta la definición de centro de gravedad como el punto ficticio donde convergen las fuerzas que actúan sobre la estructura, en lugar del término centro de gravedad utilizado para sillas de ruedas, el cual hace referencia a la posición del eje de las ruedas traseras respecto al respaldo. Según esta última definición de cdg, se aprecia que este modelo posee las ruedas traseras hacia delante, posición utilizada en sillas de ruedas activas porque requiere menos esfuerzo para autopropulsarse y maniobrar, disminuyendo el riesgo de lesiones en las extremidades superiores.

Teniendo en cuenta estos resultados y el estudio de resistencia del *Anexo II: Análisis estático del mecanismo de elevación*, se concluye que el modelo es adecuado. Sería objeto de estudio posterior realizar un prototipo y analizarlo correctamente antes de sacarlo al mercado.

5.3. MATERIALES FINALES

En el apartado *Estudio de materiales* se llevó a cabo una investigación acerca de los materiales utilizados hoy en día en las diferentes sillas de ruedas del mercado. Además, se limitaron las opciones a acero o aluminio, teniendo en cuenta las características que interesan en este producto. Las ventajas del acero son su precio y resistencia, frente al aluminio que es más ligero. Teniendo en cuenta el incremento del peso del producto por la incorporación del mecanismo de elevación, se ha considerado más importante que su peso no sea demasiado elevado, buscando la funcionalidad, sacrificando el precio total de la silla de ruedas. Para esta elección también se ha tenido en cuenta la resistencia del material, ya que es imprescindible que el producto sea suficientemente resistente para asegurar la seguridad del usuario.

Por tanto, se han estudiado las aleaciones de aluminio más utilizadas en las sillas de ruedas manuales y autopropulsables: aluminio 6061 y 7005. Dentro de estas aleaciones, se ha elegido aquella que soporte la carga máxima establecida para la silla de ruedas con un amplio margen de seguridad y que sea más económica. La aleación de aluminio

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

6061 tiene un precio inferior a la 7005 por lo que primero se ha comprobado este material.

Para el estudio de la resistencia del material se ha utilizado la herramienta *Simulation* del programa *Solidworks*, introduciendo el mecanismo de elevación, ya que es la única incorporación innovadora de esta silla de ruedas frente a otras del mercado que utilizan estos materiales. El estudio completo se puede ver en el *Anexo II: Análisis estático del mecanismo de elevación*.

Tal y como se analiza en el Anexo II, el material elegido para la silla de ruedas es el Aluminio 6061-T6, que tiene un límite elástico de 275 MPa y un límite de rotura de 310 MPa (véase Figura 49). Esta aleación ha sido tratada térmicamente para aumentar su dureza y resistencia, y se ha elegido frente a otras con diferentes tratamientos por su elevado límite elástico. Es cierto que se eleva el precio final del producto, aunque lo más importante es verificar la seguridad del ocupante. Por otra parte, también se ha tenido en cuenta que distintas partes del chasis y el mecanismo de elevación se encuentran soldadas (ver apartado *Proceso de fabricación*), por lo que el material elegido debe ser apto para la soldadura. La soldadura entre piezas de aluminio 6061-T6 es ampliamente utilizada y se obtienen uniones de calidad.



Figura 49: Aluminio 6061-T6 (Gabrian, s.f.).

Sin embargo, no todas las piezas de la silla de ruedas son de aluminio. El conjunto husillo-tuerca del mecanismo de elevación son de acero y bronce respectivamente, ya que se trata de la combinación de materiales más utilizada en esta aplicación. También los tornillos, tuercas y arandelas son de acero para asegurar las uniones. Los cojinetes son de cobre. El sistema de frenos también es de acero.

Por otra parte, las cubiertas de las ruedas traseras, delanteras y antivuelco son de caucho, con la diferencia de que las ruedas traseras son neumáticas mientras que las delanteras y antivuelco son macizas. Las llantas de las ruedas delanteras son de polipropileno, mientras las de las ruedas traseras así como los aros de propulsión sí son de aluminio 6061-T6. Las horquillas de las ruedas delanteras son de acero.

Tanto los reposabrazos como los reposapiés son de polipropileno, ya que se trata de un plástico resistente al desgaste ampliamente utilizado en estas aplicaciones. También las zonas recubiertas de plástico en el sistema de freno son de este material.

El respaldo es de nylon y se podrá adquirir de forma independiente un cojín lumbar acolchado para que sea más cómodo para el usuario. El material del cojín antiescaras depende de las necesidades del usuario. Por otro lado, los mangos de empuje son de espuma.

5.4. PROCESO DE FABRICACIÓN

Una vez se han determinado las dimensiones de las piezas y sus materiales, se especifica el proceso de fabricación de cada componente.

- Chasis:

Tanto el chasis inferior como el superior están formados por tubos huecos de aluminio 6061-T6 de 25 mm de diámetro y 3mm de espesor, de distintas longitudes, soldados para conseguir la geometría deseada.

Por tanto, se fabrican tubos por extrusión del material fundido a través de una matriz con la geometría determinada. Posteriormente, se cortan las barras para proceder a la unión mediante soldadura de las piezas. El material elegido permite realizar una soldadura de alta calidad. Se utilizará una soldadura TIG (Tungsten Inert Gas), ya que es la más utilizada en este tipo de aplicaciones. En este caso se emplean un electrodo de tungsteno y un gas inerte como argón o helio para proteger la soldadura frente a la exposición de oxígeno y nitrógeno, presentes en el ambiente. Este tipo de soldadura ofrece una apariencia limpia y uniforme. Posteriormente se realiza el taladrado de los agujeros necesarios para la ubicación de los tornillos.

- Mecanismo de elevación:

El proceso de fabricación del mecanismo de elevación depende de cada una de sus partes.

Por un lado, se adquieren las placas inferiores y superior mediante laminación y corte con sus dimensiones correspondientes. Se fabrican las piezas que constituyen los apoyos de las barras y el husillo mediante extrusión. Cabe destacar que algunas de estas piezas poseen ranuras, mecanizadas mediante fresado. Posteriormente se unen mediante soldadura TIG las placas al chasis y a las piezas de los apoyos. Las barras de la tijera, también de aluminio, se fabrican mediante extrusión. Los extremos superiores de la tijera en los que se colocan las ruedas, se encuentran soldados mediante TIG en su cara interior a las barras que las unen con la tuerca del conjunto husillo-tuerca. Por otro lado, las ruedas del mecanismo de elevación se fabrican por fundición con su posterior mecanizado para conseguir un acabado preciso. Además, el proceso de fabricación del husillo es el torneado, a partir del material en bruto. Este método se utiliza para piezas cilíndricas de alta precisión. Cabe destacar que los agujeros de las piezas se realizan mediante taladrado porque son pequeños y se necesita precisión.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

- Ruedas antivuelco:

Para la fabricación de las ruedas antivuelco se parte de los tubos de las dimensiones especificadas, fabricados también por extrusión de material, y se unirán mediante soldadura para obtener la geometría deseada. En el extremo se realiza un agujero taladrado por el que pasará el tornillo que une el tubo a la rueda, fabricada mediante inyección de plástico. Además, las barras se encuentran soldadas mediante soldadura TIG al chasis inferior.

- Reposabrazos:

Los reposabrazos se fabrican por inyección de plástico. De esta forma, se calienta el polipropileno hasta fundirlo y se inyecta en los moldes. El líquido toma la forma del molde hasta que se enfría y se solidifica.

- Freno:

El sistema de freno se va a comprar a una empresa externa. Sin embargo, se retirará el mango y se colocará el que se ha diseñado para este producto. El mango del sistema de freno se fabrica mediante inyección de plástico, siguiendo el procedimiento que se ha explicado anteriormente.

Las máquinas-herramienta y equipos necesarios para los procesos de fabricación mencionados son las siguientes:

- Prensa de extrusión.
- Máquina de corte por plasma.
- Laminadora en frío.
- Equipo de soldadura TIG (fuente de energía TIG, electrodo de tungsteno, gas de protección, antorcha TIG, material de aporte, equipos de protección y herramientas adicionales para la preparación de las piezas de trabajo).
- Taladradora.
- Fresadora.
- Torno.
- Máquina de moldeo por inyección de plástico.

No se especifica el proceso de fabricación del resto de componentes ya que se van a adquirir fabricados, preparados para el montaje.

5.5. ELECCIÓN DE COMPONENTES

Se ha diseñado la silla de ruedas con materiales y medidas utilizadas en otras sillas de ruedas del mercado para asegurar su estabilidad así como para favorecer la intercambiabilidad de componentes. Además, se busca que el producto sea lo más

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

económico posible por lo que, en algunas ocasiones, resulta más favorable comprar componentes listos para el montaje sin tener que fabricarlos. En este caso, se van a adquirir a empresas externas los siguientes elementos:

- Aluminio

Se adquieren 8,2 kg de aluminio para llevar a cabo los procesos de extrusión de tubos y otras geometrías, así como para el laminado de placas, que darán lugar al chasis y mecanismo de elevación (Amazon, s.f.).

- Acero

Se adquiere una barra de acero de 20 mm de diámetro y 480 mm de longitud para la fabricación del husillo (Amazon, s.f.).

- Polipropileno:

Se adquieren 2,2 kg de polipropileno para los posteriores procesos de inyección de plástico (Impresoras3D, s.f.).

- Tornillos y tuercas

Se necesitan tornillos M12 (Amazon, s.f.), M8 (Tornillos Express, s.f.) y M5 (Figuras 50 y 51), de diferentes longitudes y con sus correspondientes tuercas hexagonales (Amazon, s.f.). También se necesita una tuerca trapecial de bronce TR20x4 (Disumtec, s.f.).



Figura 50: Tornillos M5 x 40 mm (Amazon, s.f.).



Figura 51: Tornillos M5 x 16 mm (Tornillos Express, s.f.).

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

- Arandelas

Se necesitan dos arandelas normalizadas de tamaño M8 (Tornillos express, s.f.) y otras dos arandelas M12 (Figura 52).



Figura 52: Arandelas M12 (Tornillos express, s.f.).

- Cojinetes

Se necesitan dos cojinetes de diámetro exterior 12 mm y diámetro exterior 18 mm (0120-18), de 25 mm de longitud, otros dos cojinetes con la misma geometría pero longitud de 80 mm y dos cojinetes de diámetro interior 8 mm y exterior 16 mm (0080-16), de 50 mm de longitud (Amazon, s.f.).

- Conjunto ruedas delanteras

Se adquieren dos conjuntos de ruedas delanteras de 12,5 cm de diámetro y 4 cm de ancho, que incluyen las llantas y las cubiertas macizas. Se adquieren de la página online Ortoweb (Figura 53).



Figura 53: Ruedas delanteras (Ortoweb, s.f.).

- Conjunto ruedas traseras

Se adquieren dos conjuntos de ruedas traseras de 60 cm de diámetro que incluyen las llantas con radios de aluminio, cubiertas neumáticas y aros de propulsión de aluminio unidos a las llantas. El conjunto se muestra en la Figura 54.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023



Figura 54: Ruedas traseras (MIMAS Ortopedia , s.f.).

- Reposapiés

Se compran un par de reposapiés abatibles para chasis de 25 mm de diámetro (Figura 55).



Figura 55: Reposapiés (Amazon, s.f.).

- Frenos

Se compran dos juegos de frenos de presión simétricos (véase Figura 56).



Figura 56: Frenos (Amazon, s.f.).

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

- Respaldo

La elección del respaldo podrá variar por parte del usuario dependiendo de sus necesidades concretas (se comentó en el apartado *Ergonomía* la influencia de la clínica del ocupante en la altura del respaldo). Sin embargo, se propone un modelo de respaldo que será el predeterminado por la silla de ruedas (Figura 57).



Figura 57: Respaldo (Sunrise Medical, s.f.).

- Reposapiernas

La banda reposapiernas también se incluye en la silla como un accesorio adicional personalizable por el usuario. En la Figura 58 se muestra una opción compatible.



Figura 58: Banda reposapiernas (Amazon, s.f.).

- Mangos de empuje

Se compran un par de mangos de empuje para ofrecer una sujeción más ergonómica (Figura 59).



Figura 59: Mangos de empuje (Amazon, s.f.).

- Horquilla

También se compran dos horquillas para las ruedas delanteras, de geometría compatible con el chasis y las ruedas elegidas para este modelo (Figura 60).



Figura 60: Horquillas (Amazon, s.f.).

5.6. MONTAJE

Una vez conocidos los componentes de la silla de ruedas, es importante indicar el proceso de montaje del producto. Se va a seguir un orden visual ascendente para su correcta comprensión.

Para empezar, se coloca la cubierta de la rueda delantera sobre la llanta y se introducen los cojinetes en el interior del agujero del eje. Sobre las ruedas se coloca la horquilla, con los agujeros concéntricos a los de las llantas. Después se colocan las arandelas y se introducen los ejes de las ruedas delanteras. Luego se aprietan las tuercas al final de estos para fijar la unión. Posteriormente se introducen las horquillas en el chasis, enroscándolas.

En cuanto a las ruedas traseras, se repite el mismo procedimiento. Se colocan los neumáticos sobre las llantas (unidas previamente a los aros de propulsión), se introducen los cojinetes, se colocan las arandelas en los extremos y se hace pasar el eje a través del agujero destinado para esto. Después se fija la unión al chasis inferior, enroscándolas.

También hay que atornillar las ruedas antivuelco a las barras que las soportan, las cuales están unidas al chasis mediante soldadura. Hablando del chasis inferior, solo quedaría atornillar el sistema de freno.

A continuación se colocan las barras de la tijera del mecanismo de elevación con los agujeros concéntricos a los de los apoyos y se atornillan. Después, se fija también la unión entre cada par de barras de la tijera enroscando el tornillo que las mantiene unidas. Se colocan las ruedas del mecanismo de elevación junto a los agujeros de los otros extremos de las barras y se atornillan. Posteriormente se introduce la tuerca del conjunto husillo-tuerca en el interior de las barras que la conectan con el mecanismo de tijera, y se enrosca también el husillo en el interior de la tuerca. Después se introduce el

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

husillo en el interior del agujero que sirve de soporte en la placa superior del mecanismo de elevación y se fija su posición al chasis superior. También se introduce en el agujero del extremo del husillo la manivela y se enrosca la tuerca del otro lado. Queda atornillar los extremos de las barras de la tijera a los apoyos de la placa superior para que quede montado el mecanismo de elevación.

Continuando con las uniones del chasis superior, se introducen la banda reposapiernas y los reposapiés, y se colocan los topes de los reposapiés. Posteriormente, se atornillan en los laterales los reposabrazos. También se introduce el respaldo entre las barras del chasis superior y se coloca el cojín sobre el asiento. Finalmente, se introducen los mangos empujadores en los extremos traseros del chasis superior y queda totalmente montada la silla de ruedas.

5.7. IMAGEN CORPORATIVA

La imagen corporativa es esencial para un producto ya que permite que los clientes identifiquen la empresa, dotando al producto de un valor único. Además, favorece la diferenciación respecto de los competidores y facilita la comunicación.

Por tanto, se ha elegido un nombre para el producto y se ha diseñado el logotipo. Se trata de la silla de ruedas MONIMÓ. En el logotipo se incorporan las letras que componen la marca creando la silueta de una silla de ruedas (Figura 61).

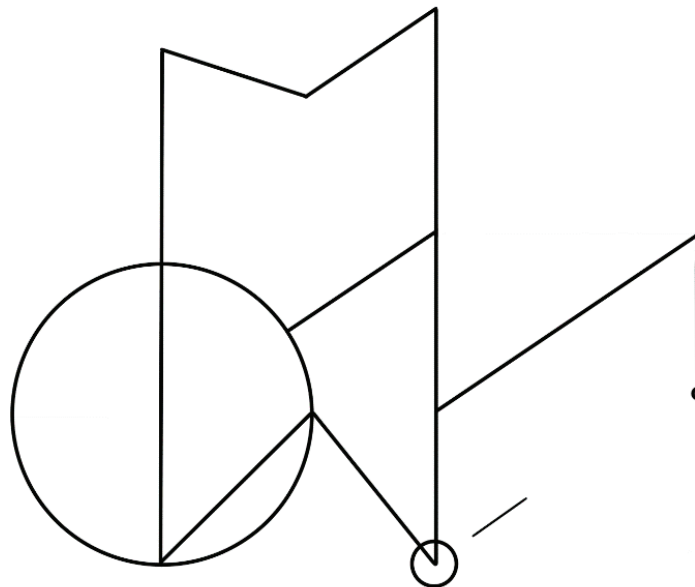


Figura 61: Logo MONIMÓ (Elaboración propia).

6. ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE DOCUMENTOS

El orden de prioridad de los documentos de este proyecto es el siguiente:

1. Planos
2. Pliego de condiciones
3. Presupuesto
4. Memoria

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

7. CONCLUSIONES

Tras realizar el estudio y diseño de la silla de ruedas MONIMÓ, se obtienen distintas conclusiones del proyecto:

- El precio final de venta del producto es de 1056,89 €, lo que supone un buen resultado teniendo en cuenta que uno de los objetivos era que fuese más económica y accesible.
- Las dimensiones totales máximas de la silla de ruedas cumplen la norma *UNE 111915:1991, Sillas de ruedas. Dimensiones totales máximas*. No obstante, se ha diseñado el producto con medidas utilizadas en distintas sillas de ruedas para garantizar la intercambiabilidad de componentes, por lo que si el usuario incorpora accesorios distintos a los estudiados durante la realización del proyecto, estas dimensiones pueden variar.
- Se ha obtenido un peso total de la silla de 17,671 kg. Este peso se considera adecuado ya que hay sillas de ruedas manuales autopropulsables incluso de 20 kg. Además, este modelo incorpora el mecanismo de elevación que incrementa el peso total del producto.
- Para la comprobación estructural de la silla de ruedas se ha realizado un análisis estático del mecanismo de elevación, obteniéndose resultados adecuados. Sin embargo, antes de ofertar este producto a la venta, para garantizar la seguridad del usuario, resulta necesaria la realización de un prototipo y un estudio de estabilidad completo del producto.
- Se considera objeto de estudio posterior, por tanto, la realización de un prototipo y estudio completo de la estabilidad de la silla de ruedas. También serían interesantes otras líneas de investigación futuras como el estudio de la ergonomía del accionamiento del sistema de elevación o el diseño de ajustes de posición de los diferentes componentes de la silla de ruedas. Por otra parte, sería conveniente reducir las limitaciones de la silla haciéndola más accesible.

Finalmente se puede concluir que se han completado los objetivos iniciales del proyecto satisfactoriamente.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO I: Memoria

02/11/2023

Firmado:

Rosa María Rodríguez Carmona

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'R' followed by a circle and a horizontal line, with a small flourish underneath.

DOCUMENTO II:
ANEXOS

ANEXO I:

CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL MECANISMO DE ELEVACIÓN

ANEXO I: CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL MECANISMO DE ELEVACIÓN

Tal y como se ha mencionado en el *Documento I: Memoria*, la silla de ruedas de este proyecto consta de un mecanismo de elevación mecánico de tijera, accionado mediante un husillo. Por tanto, se debe dimensionar el husillo y calcular sus condiciones de funcionamiento.

Con este objetivo se diseña un husillo de rosca trapecial de una sola entrada. Esta característica dota al husillo de irreversibilidad, evitando que gire mientras no se aplica una fuerza directamente sobre él. Por tanto, no necesita un mecanismo de seguridad adicional.

Los parámetros que definen el diseño de un husillo de rosca trapecial ISO se aprecian en las Figuras 1 y 2, obtenidas del formulario de la asignatura *Cálculo y diseño de máquinas* de la Universidad de Málaga.

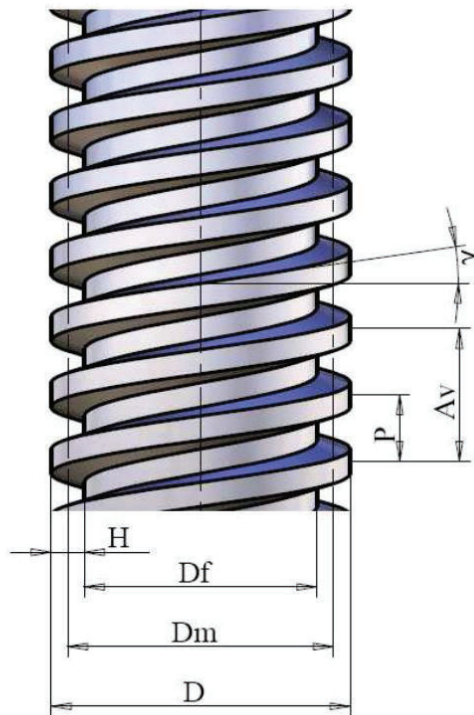


Figura 1: *Parámetros de diseño de un husillo* (Formulario de la asignatura Cálculo y diseño de máquinas de la UMA, 2014).

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO II: Anexos

02/11/2023

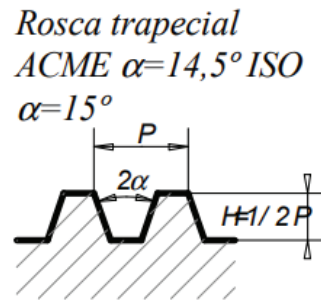


Figura 2: *Parámetros de diseño de una rosca trapecial* (Formulario de la asignatura Cálculo y diseño de máquinas de la UMA, 2014).

Siendo:

- P = Paso
- D = Diámetro exterior
- Df = Diámetro del núcleo
- Dm = Diámetro medio
- Av = Avance
- nt = Número de entradas
- H = Altura del filete
- λ = Ángulo de hélice
- α = Ángulo de flanco
- μ = Coeficiente de rozamiento
- W = Carga a elevar o descender. Suma de las fuerzas axiales sobre el tornillo.

Además, las fórmulas que relacionan estos parámetros se mencionan a continuación:

$$H = \frac{1}{2}P$$

$$Av = nt \cdot P$$

$$Dm = D - H$$

$$tg\lambda = \frac{nt \cdot P}{\pi \cdot Dm}$$

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO II: Anexos

02/11/2023

Por otra parte, para calcular la carga W se estudia la estructura de tijera. En la Figura 3 se muestra la estructura simplificada del mecanismo teniendo en cuenta las dimensiones de la silla de ruedas.

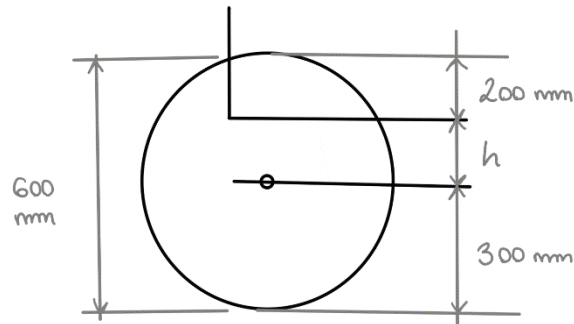


Figura 3: Dimensiones para tener en cuenta en el cálculo del mecanismo de elevación (Elaboración propia).

Restando se obtiene el valor de h , que hace referencia a la distancia entre las placas inferiores y superior del mecanismo de elevación cuando el asiento no está elevado. Este valor es de 100 mm.

Mediante el Teorema de Pitágoras se calcula la longitud de las barras del mecanismo de tijera (Figura 4).

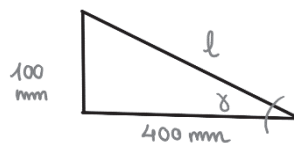


Figura 4: Cálculo de la longitud de la barra del mecanismo de tijera (Elaboración propia).

$$l = \sqrt{400^2 + 100^2} = 412,31 \text{ mm}$$

El ángulo de apertura de las barras de la tijera es γ :

$$\gamma = \arctan\left(\frac{100}{400}\right) = 14,036^\circ$$

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO II: Anexos

02/11/2023

Señalando cada tipo de apoyo, las reacciones y las fuerzas aplicadas se obtiene la siguiente estructura (Figura 5).

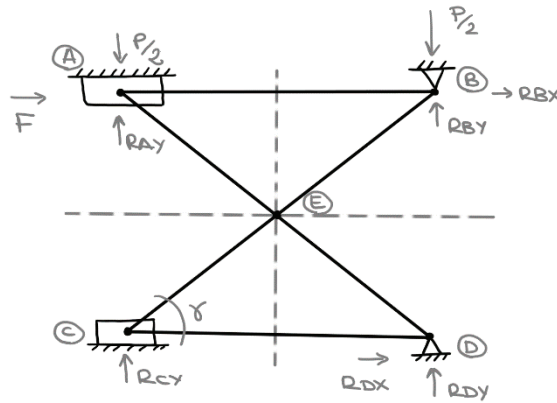


Figura 5: Reacciones y fuerzas aplicadas en los apoyos del mecanismo de tijera (Elaboración propia).

En la imagen anterior P hace referencia a la carga que soporta el mecanismo debido al peso del usuario. Se plantea el reparto de esta carga como $P/2$ para cada apoyo superior. Para una persona de 80 kg:

$$P = 80 \cdot 9,8 = 784 \text{ N}$$

Aplicando las ecuaciones de equilibrio y teniendo en cuenta las condiciones geométricas de la estructura de tijera se obtienen los siguientes resultados:

Ecuaciones de equilibrio:

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M = 0$$

Ecuaciones resultantes de aplicar las ecuaciones de equilibrio de fuerzas al conjunto y ecuaciones de equilibrio de momentos en cada nodo:

$$F + R_{bx} + R_{dx} = 0$$

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO II: Anexos

02/11/2023

$$P + Ray + Rby + Rcy + Rdy = 0$$

$$200P - 400Ray - 400Rcy + 100Rdx = 0$$

$$-200P + 400Rby + 400Rdy = 0$$

$$-400Rcy - 400Ray + 200P - 100F - 100Rbx = 0$$

$$-100F - 100Rbx + 400Rby - 200P + 400Rdy = 0$$

Se obtiene que son nulas las reacciones R_{ay} , R_{by} y R_{dx} . Además, la fuerza F coincide con la reacción horizontal de B (R_{bx}). Sin embargo, el sistema de ecuaciones anterior aún no se puede resolver, se necesita aplicar las condiciones geométricas del conjunto para definirlo por completo. Por tanto, se atiende a las fuerzas aplicadas en el punto E por cada una de las barras de la estructura.

Aplicando equilibrio estático en el punto E (Figura 6).

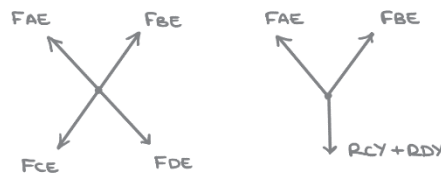


Figura 6: Fuerzas aplicadas en el punto E (Elaboración propia).

Atendiendo a la geometría de las fuerzas aplicadas en el punto A se obtiene:

$$\sum F_x = 0 ; F = F_{ae} \cdot \cos(14,036)$$

$$\sum F_y = 0 ; R_{ay} + F_{ae} \cdot \sin(14,036) - 392 = 0$$

$$F_{ae} = \frac{392 - R_{ay}}{\sin(14,036)}$$

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO II: Anexos

02/11/2023

Atendiendo a la geometría de las fuerzas aplicadas en el punto B se obtiene:

$$\sum F_x = 0; R_{bx} + F_{be} \cdot \cos(14,036) = 0$$

$$\sum F_y = 0; R_{by} + F_{be} \cdot \text{sen}(14,036) - 392 = 0$$

$$F_{be} = \frac{392 - R_{by}}{\text{sen}(14,036)}$$

Por tanto:

$$R_{cy} + R_{dy} = \cos(14,036) \cdot \frac{392}{\text{sen}(14,036)}$$

Asumiendo la coincidencia del valor de las reacciones verticales de los nudos C y D, y aplicando las nuevas ecuaciones obtenidas, se puede resolver por completo el problema:

- **F = 1568 N**
- $R_{ay} = 0$
- $R_{bx} = 1568 \text{ N}$
- $R_{by} = 0$
- $R_{dx} = 0$
- $R_{dy} = 784 \text{ N}$
- $R_{cy} = 784 \text{ N}$

Por tanto, el valor de carga W que se debe introducir en las fórmulas del cálculo del husillo es 1568 N. Cabe destacar que este valor de W se incrementa con el peso del usuario, y disminuye cuanto más elevado se encuentre el asiento porque el ángulo y aumentaría.

Una vez calculada la carga W se procede a dimensionar el husillo. Las relaciones de diámetro y paso más utilizadas aparecen en la Tabla 1.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO II: Anexos

02/11/2023

Tabla 1: Recomendación D-P (Formulario de la asignatura Cálculo y diseño de máquinas de la UMA, 2014).

Recomendación D - P														
D	16	20	24	28	30	32	36	40	44	48	50	52	60	70
P	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	8	9	10

Para una rosca trapecial ISO TR20x4 se obtienen los siguientes parámetros:

- P = 4 mm
- D = 20 mm
- nt = 1
- $\alpha = 15^\circ$

Aplicando las formulas mencionadas al principio se calculan el resto de los parámetros de diseño:

$$H = \frac{1}{2}P = 2 \text{ mm}$$

$$Av = nt \cdot P = 4 \text{ mm}$$

$$Dm = D - H = 18 \text{ mm}$$

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{nt \cdot P}{\pi \cdot Dm} \Rightarrow \lambda = 4,046^\circ$$

Calculados estos valores, se puede calcular cuánto se eleva el mecanismo por cada vuelta del husillo, la altura máxima de elevación y el número de vueltas necesarias para conseguir la elevación completa (Figura 7).

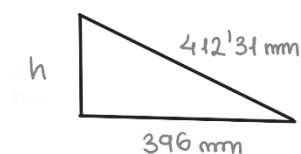


Figura 7: Elevación por cada giro del husillo (Elaboración propia).

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO II: Anexos

02/11/2023

Aplicando Pitágoras se obtiene un valor de $h = 114,82$ mm, lo que quiere decir que por cada vuelta del husillo, la tuerca avanza 4 mm y el mecanismo se eleva 14,82 mm por vuelta.

Teniendo en cuenta que se va a diseñar el mecanismo de elevación de forma que la altura máxima se obtenga cuando los apoyos móviles se encuentran en mitad de la plataforma, se calcula la altura máxima de elevación que se puede alcanzar (Figura 8).

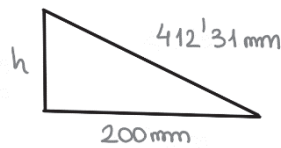


Figura 8: Elevación máxima del mecanismo de elevación (Elaboración propia).

Resolviendo Pitágoras, se obtiene una altura $h = 360,55$ mm. Restando los 100 mm iniciales, queda una altura máxima de elevación de 26 cm.

Por otra parte, resulta interesante conocer el número de vueltas del husillo necesarias para alcanzar esta elevación completa. Se calcula dividiendo la altura máxima a alcanzar entre la distancia que se eleva por cada vuelta del husillo:

$$\text{Vueltas} = \frac{260}{14,82} = 17,54$$

Se necesitan, por tanto, 17 vueltas y media del husillo para elevarse por completo.

Además, se estudia el par de subida y bajada de la rosca trapecial para conocer la fuerza que debe ejercer el usuario para accionar el mecanismo de elevación:

Par de subida:

$$T = \frac{Dm}{2} \cdot \frac{\mu + tg\lambda \cdot \cos\alpha}{\cos\alpha - \mu \cdot tg\lambda} = 3,98 \text{ Nm}$$

Teniendo en cuenta un coeficiente de rozamiento μ de 0,2 porque se trata de un husillo trapecial sin lubricación y con la aplicación de la fuerza con aceleración y frenos bruscos.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO II: Anexos

02/11/2023

Par de bajada:

$$T = \frac{Dm}{2} \cdot \frac{\mu + tg\lambda \cdot \cos\alpha}{\cos\alpha - \mu \cdot tg\lambda} = 1,90 \text{ Nm}$$

Finalmente se calcula la fuerza de accionamiento del husillo mediante la ecuación que relaciona el par de accionamiento con la distancia de aplicación. Teniendo en cuenta que la longitud de la manivela de accionamiento del mecanismo de elevación es de 150 mm:

$$F = \frac{2T}{d} = \frac{2 \cdot 3,98}{0,15} = 53 \text{ N} = 5,4 \text{ kg}$$

Se necesitan 5,4 kg de fuerza para accionar el mecanismo de elevación, considerándose un valor adecuado.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO II: Anexos

02/11/2023

Firmado:

Rosa María Rodríguez Carmona

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'R' followed by a circle and a horizontal line, with a small flourish at the end.

ANEXO II:
ANÁLISIS ESTÁTICO DEL
MECANISMO DE ELEVACIÓN

ANEXO II: ANÁLISIS ESTÁTICO DEL MECANISMO DE ELEVACIÓN

Para el diseño de esta silla de ruedas se han utilizado las dimensiones y materiales que se usan actualmente en los componentes de las sillas de ruedas existentes en el mercado. Sin embargo, este mecanismo de elevación es un complemento innovador en esta familia de productos, por lo que se va a estudiar su comportamiento para garantizar la seguridad del usuario. Además, sirve de ayuda para la elección final del material ya que resulta fundamental que soporte correctamente la carga máxima establecida para la silla de ruedas. Para este estudio se utiliza la herramienta *Simulation* de *Solidworks*, en concreto se realiza un análisis estático.

Para empezar, se introduce el ensamblaje del mecanismo de elevación en el programa y se establecen las características del estudio.

- Materiales

El material elegido para el estudio es la aleación de aluminio 6061-T6. Los únicos componentes con materiales distintos son el husillo de acero aleado fundido y la tuerca de bronce, así como tornillos y tuercas también de acero.

- Conexiones

Cabe destacar que, aunque se guarde el ensamblaje en el programa con sus restricciones de posición, hay que volver a introducir las en la simulación para su correcto estudio. Por tanto, se ha establecido una conexión de interacción global entre componentes de unión rígida, superficie a superficie, incorporando conectores de perno en la ubicación de los tornillos e interacciones locales de contacto en la ubicación de estas piezas.

- Sujeciones

Se han considerado sujeciones fijas (empotramientos) en las caras de abajo de las placas inferiores del mecanismo de elevación y control deslizante en las ruedas sobre las placas.

- Cargas externas

La carga máxima de las sillas de ruedas convencionales suele ser de 100 a 120 kg. Por tanto, la carga de este estudio consiste en una masa distribuida de 110 kg sobre la placa de elevación superior, incluyendo el efecto de la gravedad.

Una vez se han definido estos parámetros, se malla el conjunto. Se ha realizado una malla basada en curvatura de combinado porque ofrece buenos resultados, logrando el equilibrio entre precisión y eficiencia computacional. Se trata de una malla de tamaño estándar con elementos cuadráticos de alto orden. Se muestra una imagen del ensamblaje mallado en la Figura 1.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO II: Anexos

02/11/2023

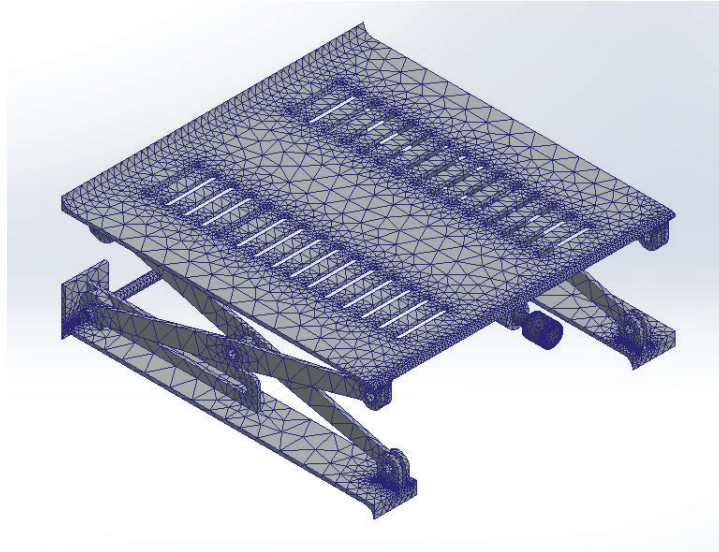


Figura 1: Malla del mecanismo de elevación (Elaboración propia).

Una vez mallado el conjunto, se ejecuta el estudio y se analizan los resultados. Para comprobar la estabilidad y resistencia de la pieza se realiza el estudio de tensiones de Von Mises para conocer el estado tensional del mecanismo de elevación. A continuación, en la Figura 2, se muestra el resultado.

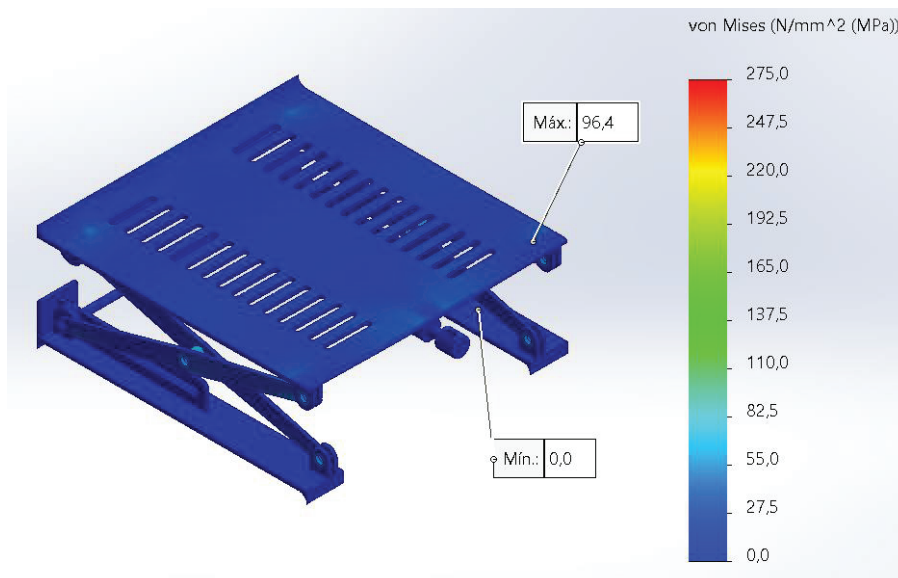


Figura 2: Tensiones del mecanismo de elevación (Elaboración propia).

La escala de colores se ha establecido para comparar estas tensiones con el límite elástico del material, ya que si se alcanzase ese valor las deformaciones serían permanentes. En la imagen se puede apreciar que el valor de tensión máximo es de 96,4 MPa para una carga de 110kg. Este valor está muy lejos del límite elástico del material (275 MPa) y de su límite de rotura (310 MPa), por lo que se considera adecuado con un gran margen de seguridad.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO II: Anexos

02/11/2023

También resulta interesante estudiar los desplazamientos que se producen en el conjunto al aplicar esta carga máxima. Son los siguientes (Figura 3):

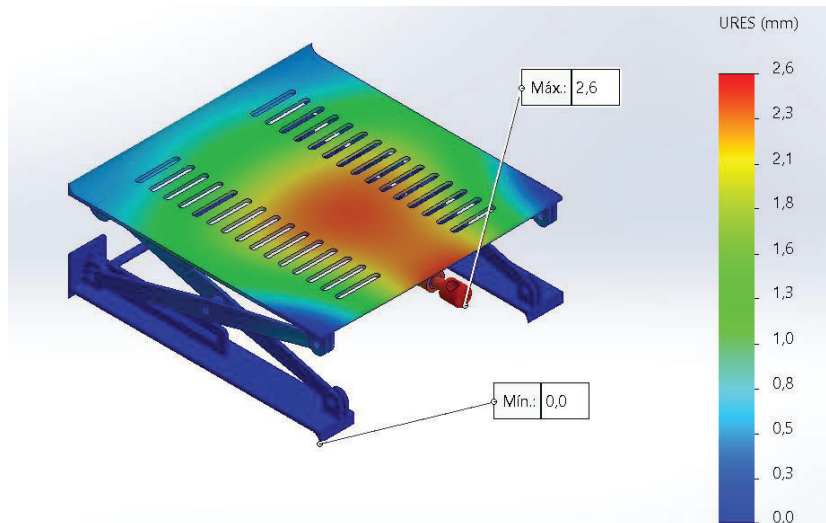


Figura 3: Desplazamientos del mecanismo de elevación (Elaboración propia).

El máximo desplazamiento que se produce es de 2,6 milímetros. Además, tal y como se ha comprobado con el análisis de tensiones, esta deformación no es permanente. Por tanto, se considera un resultado adecuado.

Por otra parte resulta interesante estudiar el mecanismo de elevación en su posición de máxima altura. Atendiendo a los apartados que se acaban de comentar, los resultados se muestran en las Figuras 4, 5 y 6.

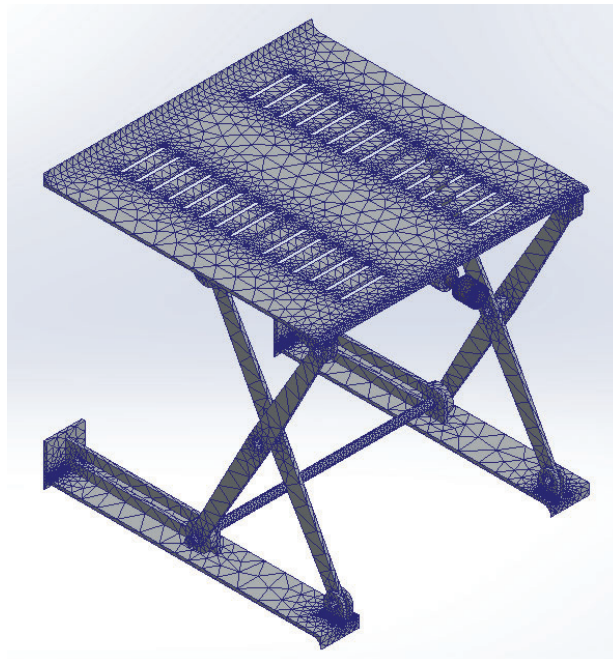


Figura 4: Malla del mecanismo de elevación en posición de altura máxima (Elaboración propia).

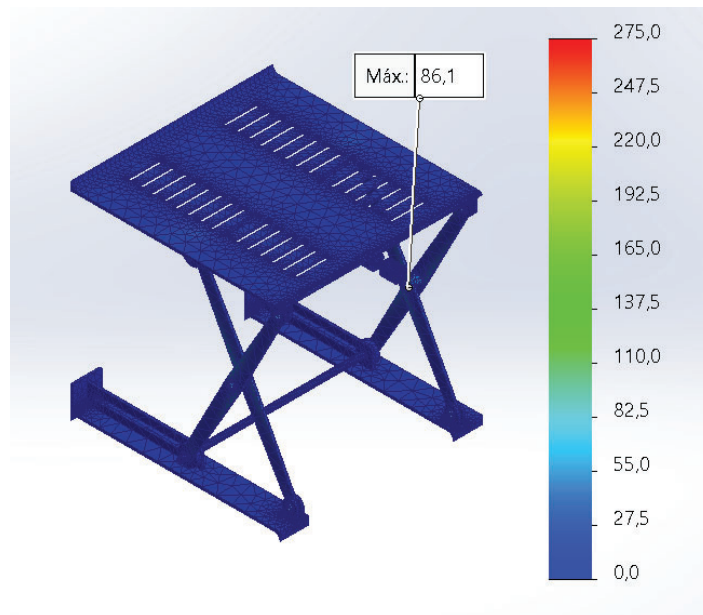


Figura 5: Tensiones del mecanismo de elevación en posición de máxima altura (Elaboración propia).

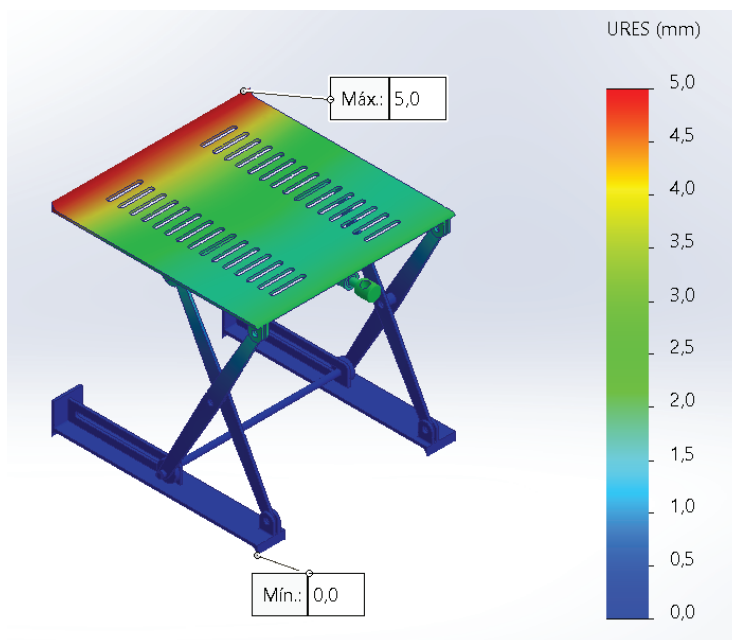


Figura 6: Desplazamientos del mecanismo de elevación en posición de máxima altura (Elaboración propia).

Los resultados son similares a los que ofrece el mecanismo de elevación en su posición inicial. La tensión máxima sigue siendo muy inferior al límite elástico. Por otra parte, los desplazamientos aumentan aunque siguen siendo pequeños. En conclusión, las dimensiones y los materiales elegidos son adecuados.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO II: Anexos

02/11/2023

Firmado:

Rosa María Rodríguez Carmona

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'R' followed by a circle and a horizontal line, with a small flourish underneath.

ANEXO III:
ESCALA ASIA

Graduación Función Motora

- 0 = Parálisis total
 - 1 = Contracción visible o palpable
 - 2 = Movimiento activo, rango de movimiento (ROM) completo con eliminación de gravedad
 - 3 = Movimiento activo, ROM completo contra la gravedad
 - 4 = Movimiento activo, ROM contra resistencia moderada en una posición muscular específica
 - 5 = (Normal) movimiento activo, ROM completo contra resistencia total en una posición muscular específica esperada en una persona sin deficiencia alguna
- NE** = No examinable (por inmovilización, dolor intenso tal que impide calificar al paciente, amputación de una extremidad, o contractura de más del 50% del ROM)
- 0*, 1*, 2*, 3*, 4*, NT*** = Condición no relacionada con una LME presente*

Graduación Sensitiva

- 0 = Ausente
 - 1 = Alterada, sea sensación disminuida o deficiente o hipersensibilidad.
 - 2 = Normal o intacta
- NE** = No Examinable
- 0*, 1*, NT*** = Presencia de una condición no relacionada a LME*
- *Nota:** Resultados motores o sensitivos anormales deben ser etiquetados con un "NE" para indicar una deficiencia debida a una condición que no está relacionada a LME. La condición no relacionada a LME debería explicarse en el recuadro de comentarios junto con la información de cómo se determina el puntaje con fines de clasificación (al menos normal / no normal para clasificación).

Cuándo Examinar Músculos No-Clave:

En un paciente con una clasificación de un aparente AIS B, la función de músculos no clave en más de 3 niveles por debajo del nivel motor en cada lado deben ser examinados, para clasificar la lesión con más veracidad (diferencia entre AIS B y C)

Movimiento	Nivel de raíz
Hombro: Flexión, extensión, abducción, aducción, rotación interna y externa Codo: Supinación	C5
Codo: Pronación Muñeca: Flexión	C6
Dedos: Flexión interfalángica proximal, extensión Pulgar: Flexión, extensión y abducción en el plano del pulgar	C7
Dedos: Flexión en articulación metacarpofalángica Pulgar: Oposición, aducción y abducción perpendicular a la palma	C8
Dedos: Abducción del índice	T1
Cadera: Aducción	L2
Cadera: Rotación externa	L3
Cadera: Extensión, abducción, rotación interna Rodilla: Flexión Tobillo: Inversión y eversión	L4
Dedos del pie: Extensión metacarpofalángica e interfalángica	
Hallux o dedo gordo del pie: flexión y abducción interfalángica proximal y distal	L5
Hallux: Aducción	S1

Escala de Deficiencia de ASIA (AIS)

A = Completa. No hay preservación de función motora ni sensitiva en los segmentos sacros S4-5.

B = Sensitiva Incompleta. Hay preservación de la función sensitiva pero no de la motora en los segmentos sacros más distales S4-5 (tacto fino o pinchazo en S4-5 o presión anal profunda), y no hay preservación de función motora en más de tres niveles por debajo del nivel motor en uno u otro lado del cuerpo.

C = Motora Incompleta. Se preserva la función motora en los segmentos sacros más caudales durante la contracción anal voluntaria (CAV) O el paciente cumple con los criterios de lesión sensitiva incompleta (función sensitiva preservada en los segmentos sacros S4-S5 al examinar TF, PP o PAP), con presencia de función motora en más de tres segmentos por debajo del nivel motor ipsilateral en cualquiera de los lados del cuerpo.

(Esto incluye funciones de músculos clave o no-clave en más de tres segmentos por debajo del nivel motor para determinar el estado motor incompleto). Para AIS C – menos de la mitad de las funciones de músculo clave por debajo del>NNL único tienen una clasificación de \geq mayor o igual que 3.

D = Motora Incompleta. El estado motor incompleto tal y como fue definido arriba, con al menos la mitad (la mitad o más) de la función de los músculos clave por debajo del>NNL con una clasificación de musculo mayor o igual a \geq 3.

E = Normal. Si la sensibilidad y la función motora que se examinan con el ISNCSCI se clasifican como normales en todos los segmentos, y el paciente tenía déficits previos, entonces la clasificación AIS es E. Alguien sin LME inicial no recibe grado AIS.

Usando NE: Para documentar los niveles sensitivo, motor, y el>NNL, el grado de Escala de Deficiencia de ASIA (AIS), y la zona de preservación parcial (ZPP) cuando resulta imposible determinarlos basados en los resultados del examen.



NORMAS INTERNACIONALES PARA LA CLASIFICACION NEUROLOGICA DE LESION DE LA MEDULA ESPINAL



Pasos en la Clasificación

El siguiente orden es el recomendado para determinar la clasificación en individuos con LME

1. Determinar el nivel sensitivo para el lado derecho e izquierdo
El nivel sensitivo es el dermatoma intacto más caudal, tanto para sensación de pinchazo como para tacto fino.

2. Determinar el nivel motor para el lado derecho e izquierdo.
Definido como el músculo más bajo que tiene al menos grado 3 (examinado en posición supina), siempre y cuando las funciones de los músculos clave representados en segmentos arriba de ese nivel se juzguen como intactos (grado 5)

Nota: en regiones en donde no hay dermatoma para examinar, el nivel motor se presume que sea el mismo que el nivel sensitivo, si la función motora por arriba de ese nivel es también normal.

3. Determinar el nivel neurológico de la lesión (NNL).

Esto se refiere al nivel más caudal de la médula con sensibilidad intacta y fuerza en músculos antigravitatorios (3 o más) siempre y cuando la función sensitiva y motora rostralmente es normal (intacta) respectivamente. El>NNL es el más cefálico de los niveles motor y sensitivo determinados en pasos 1 y 2.

4. Determinar si la lesión es Completa o Incompleta.

(i.e. ausencia o presencia de preservación sacra)

Si la contracción anal voluntaria = **No** Y todos los resultados sensitivos S4-5 = **0**

Y presión anal profunda = **No**, entonces la lesión es **Completa**.
De otra forma, la lesión es **Incompleta**.

5. Determinar el Grado de la Escala de Deficiencia de ASIA (AIS).

Es la lesión Completa? si Sí, AIS=A

No ↓

Es la lesión Motora Completa? si Sí, AIS=B

No ↓

(No=contracción anal voluntaria O función motora en más de tres niveles por debajo del nivel motor en cualquier lado, si el paciente tiene una clasificación sensitiva incompleta)

Al menos la mitad (la mitad o más) de los músculos clave por debajo del nivel neurológico de la lesión están en grado 3 o mejor?

No ↓

SI ↓

AIS=C

AIS=D

Si la sensibilidad y la función motora son normales en todos los segmentos, AIS = E

Nota: AIS E se usa en exámenes de seguimiento cuando una persona con una LME documentada ha recuperado función normal. Si durante el examen inicial no se encuentra déficit, la persona está neurológicamente intacta y la Escala de Deficiencia de ASIA no aplica.

6. Determine la zona de preservación parcial (ZPP).

La ZPP se usa solo en lesiones con ausente función motora (no CAV) O función sensitiva (no SAP, no sensibilidad al TF y Pinchazo) en los segmentos sacros más distales S4-5, y se refiere a aquellos dermatomas y miotomas distales a los niveles sensitivo y motor que permanecen parcialmente inervados. Con preservación sacra o función sensitiva, la ZPP sensitiva no es aplicable y por lo tanto "NA" se registra en la casilla de la hoja de trabajo. De igual manera, si CAV está presente, la ZPP no es aplicable y registrada como "NA"

ANEXO IV:
RENDER DEL PRODUCTO

ANEXO IV: RENDER DEL PRODUCTO

En este anexo se muestran render del producto, con distintos colores del chasis, para ofrecer una visión más realista del producto final (Figuras 1, 2 y 3). Estos render se han realizado con el programa *3ds Max*.



Figura 1: *Render de la silla de ruedas MONIMÓ azul (Elaboración propia).*



Figura 2: *Render de la silla de ruedas MONIMÓ roja (Elaboración propia).*

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO II: Anexos

02/11/2023



Figura 3: *Render de la silla de ruedas MONIMÓ verde (Elaboración propia).*

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO II: Anexos

02/11/2023

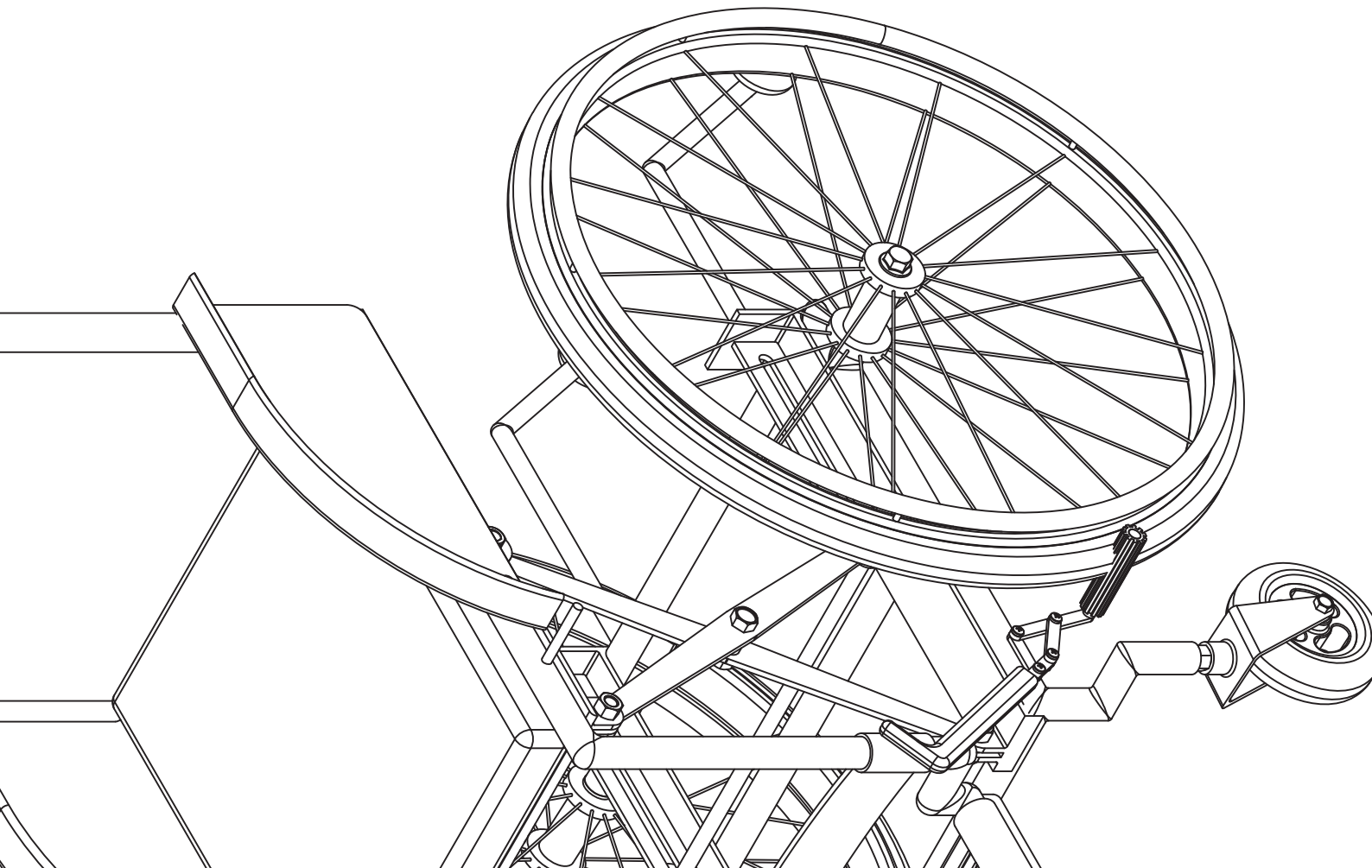
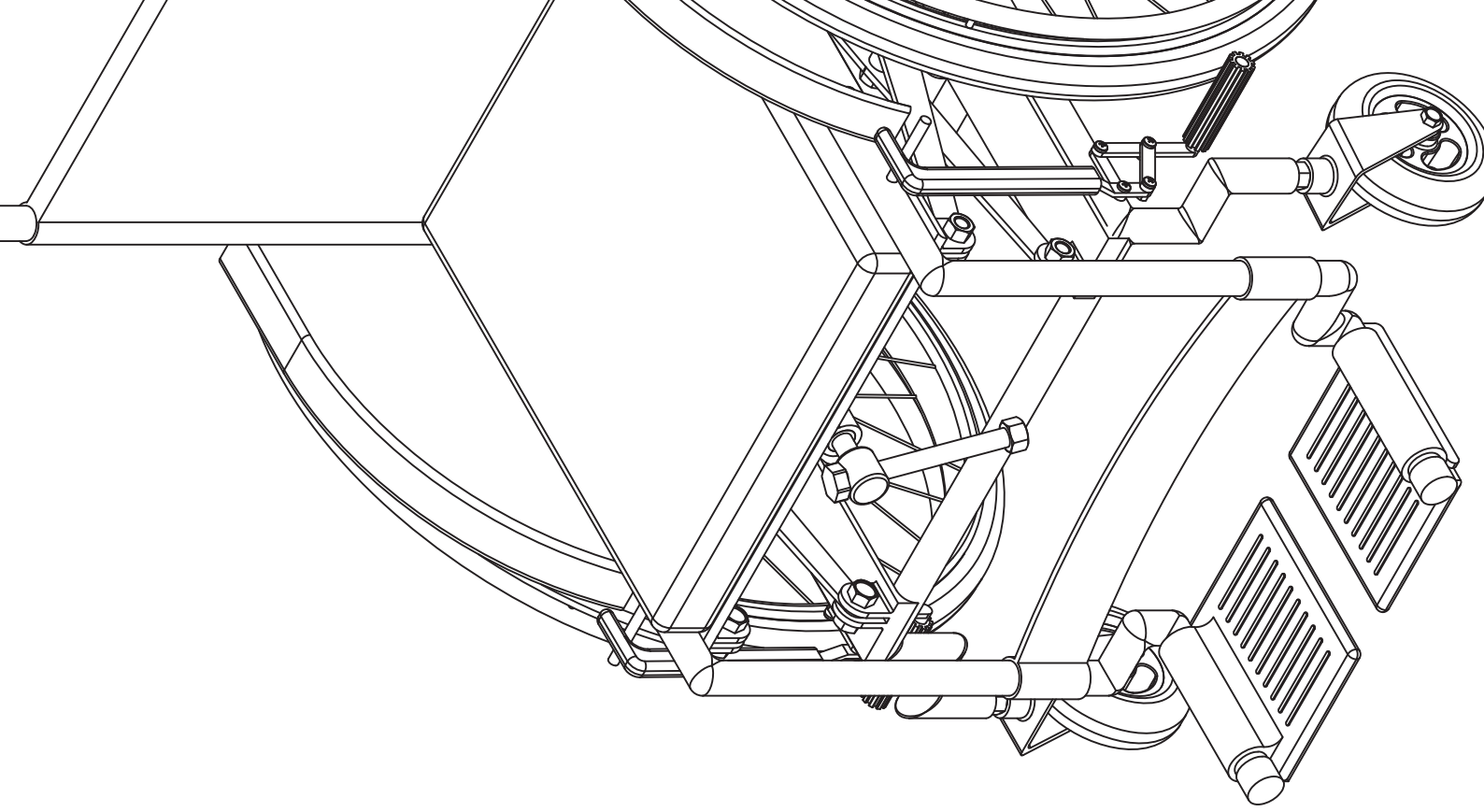
Firmado:

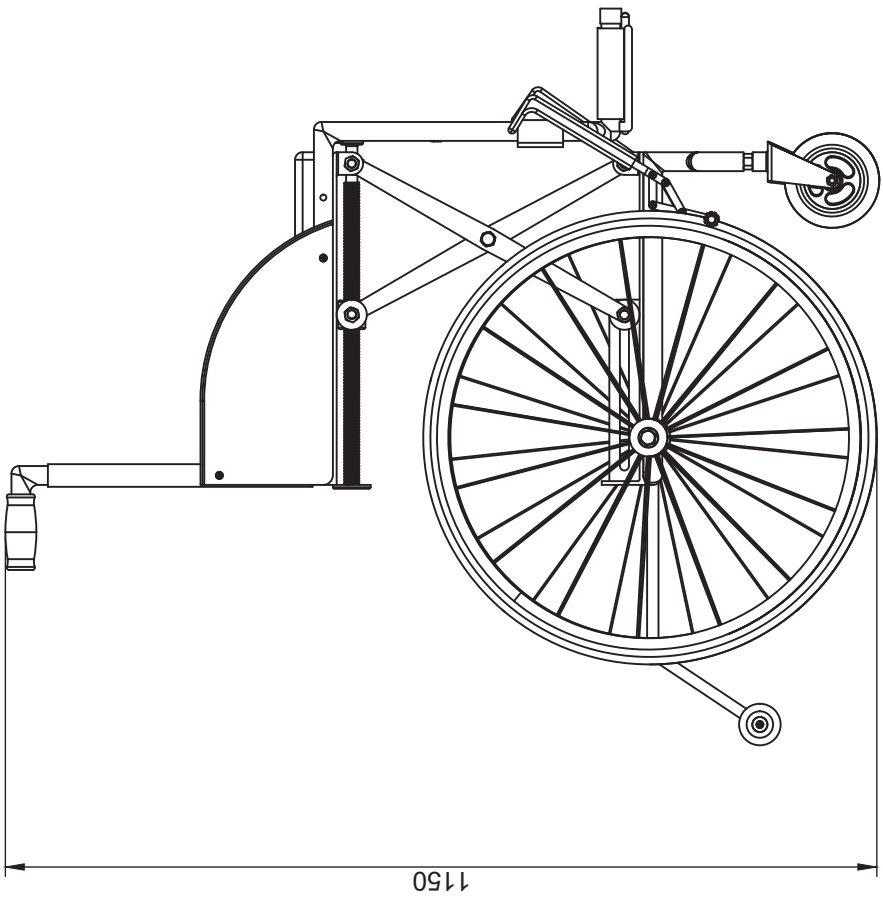
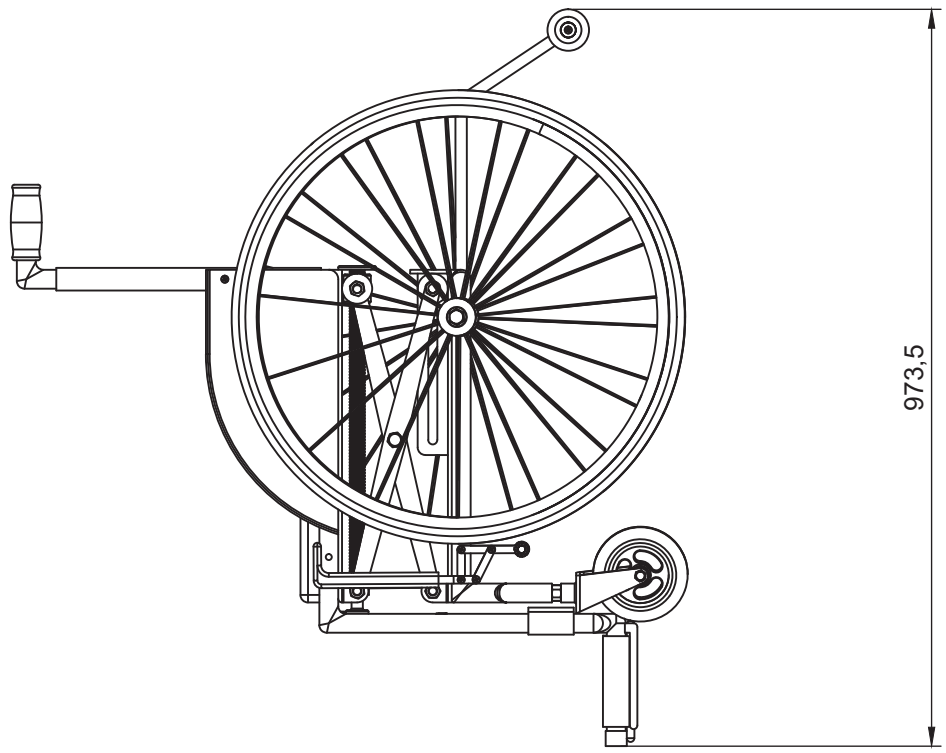
Rosa María Rodríguez Carmona

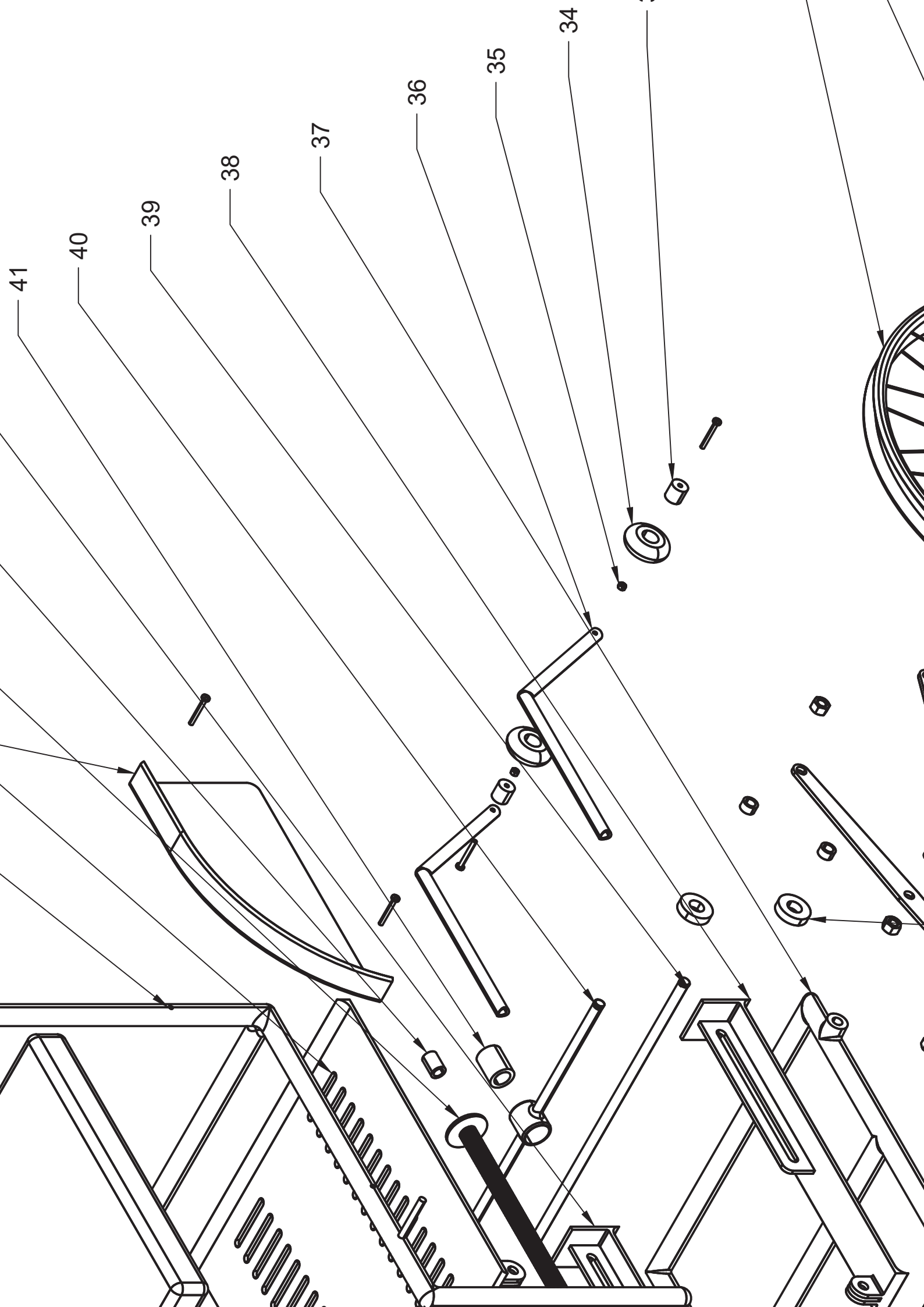
A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'R' followed by a circular flourish and a horizontal line extending to the right.

DOCUMENTO III:

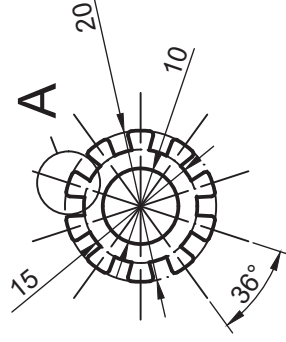
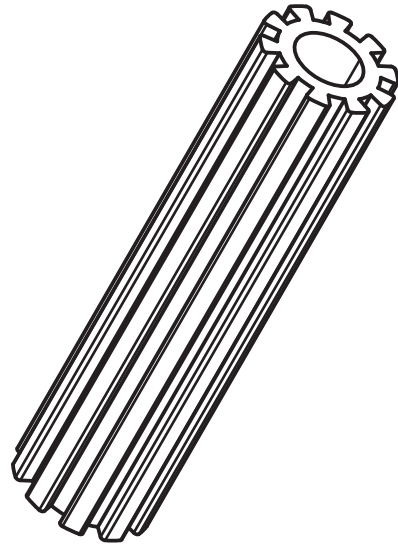
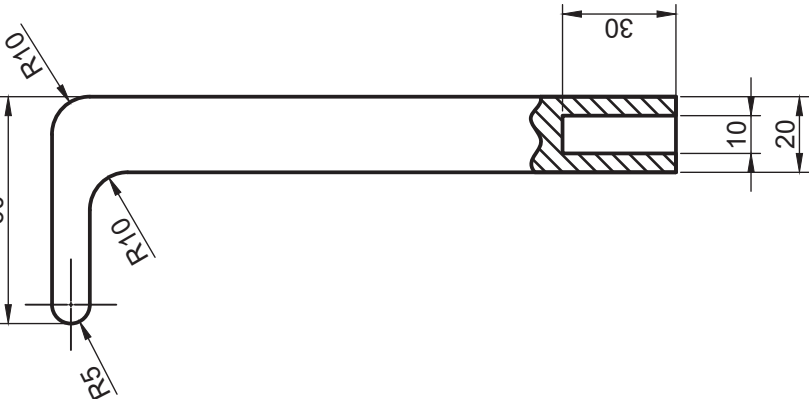
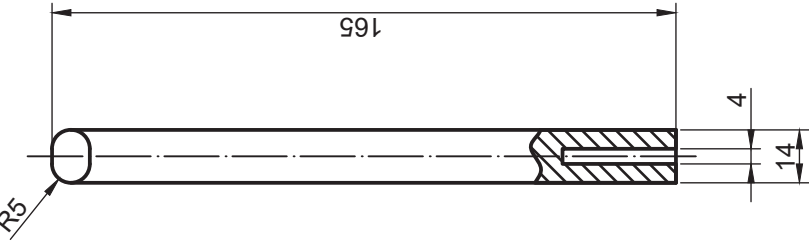
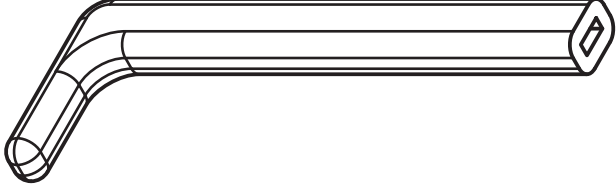
PLANOS



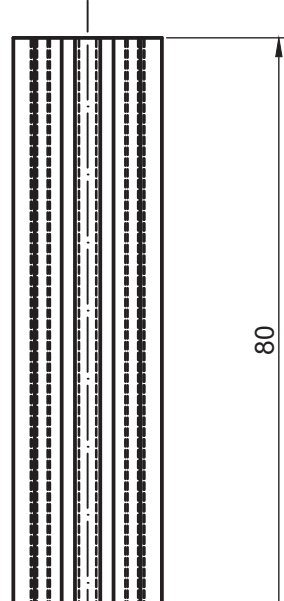




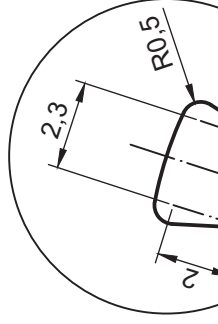
Nota: Todas las aristas exteriores de la Freno tienen un redondeo de 5 mm.



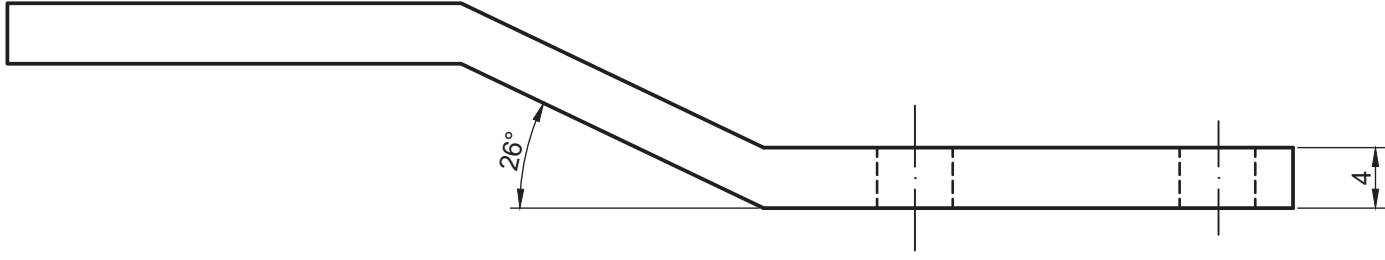
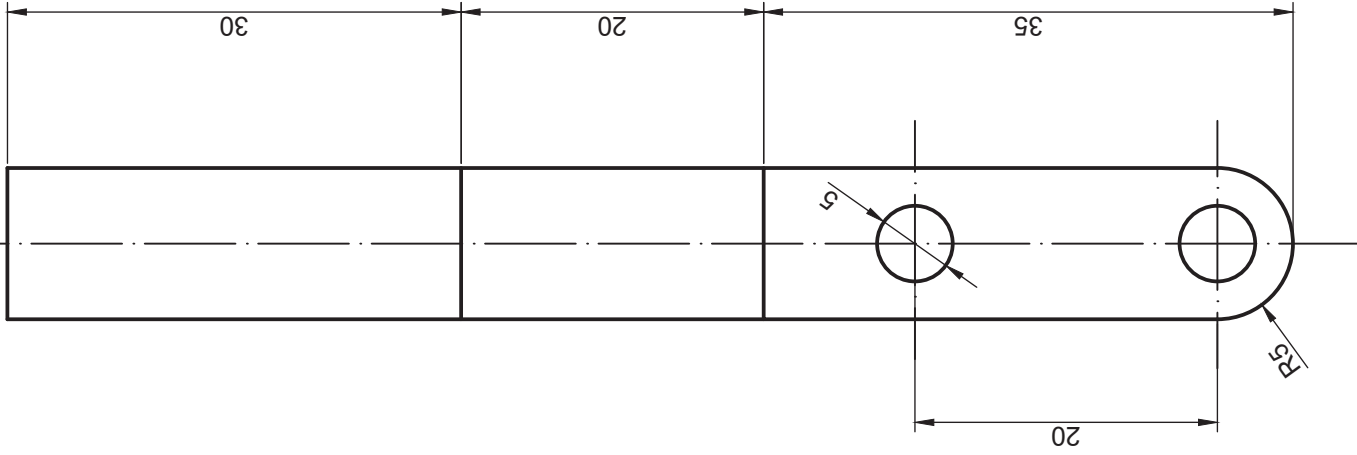
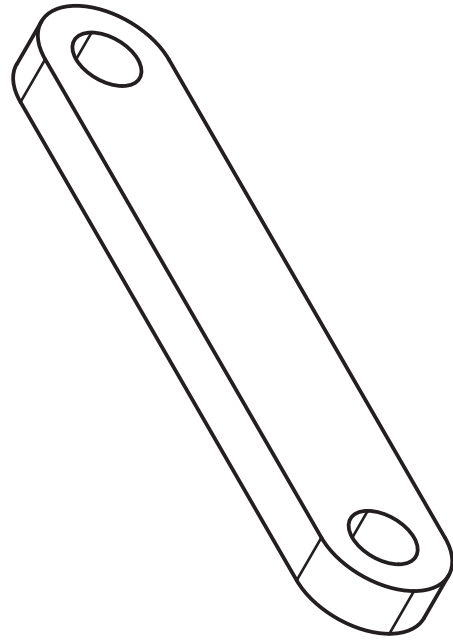
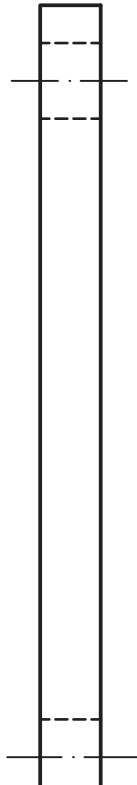
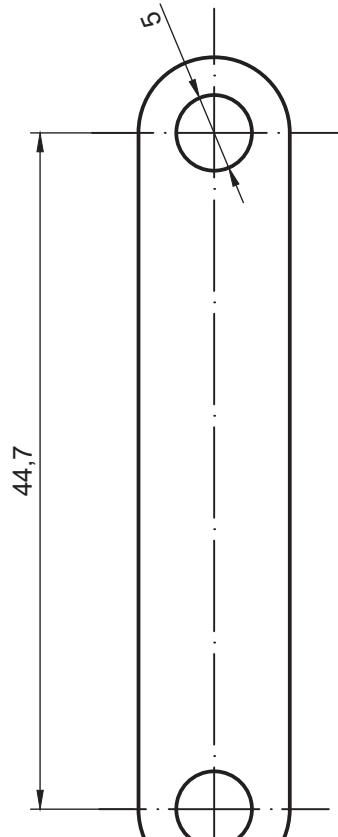
TOPE FRENO (1:1)

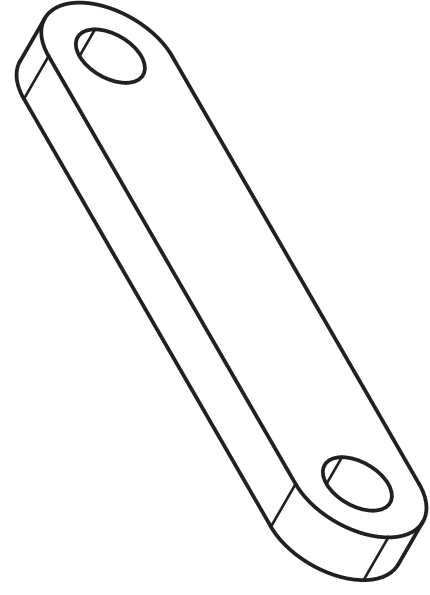
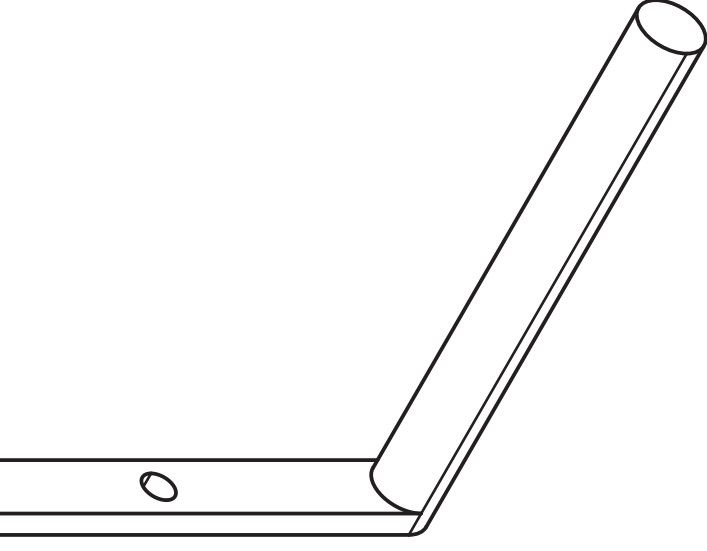
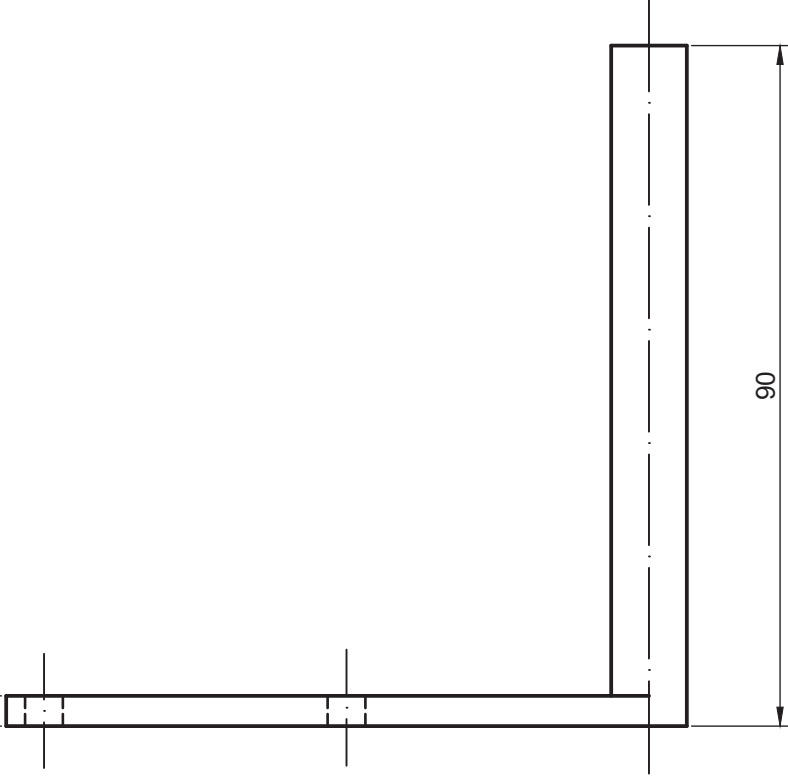
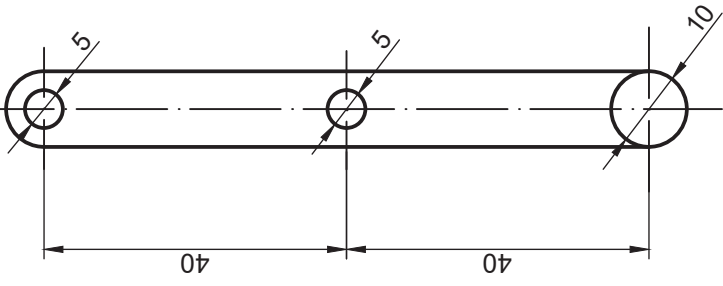


A (5:1)

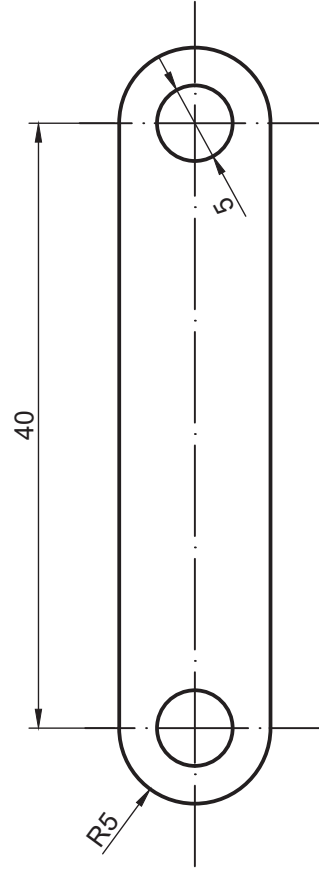


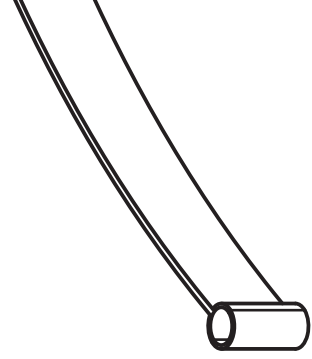
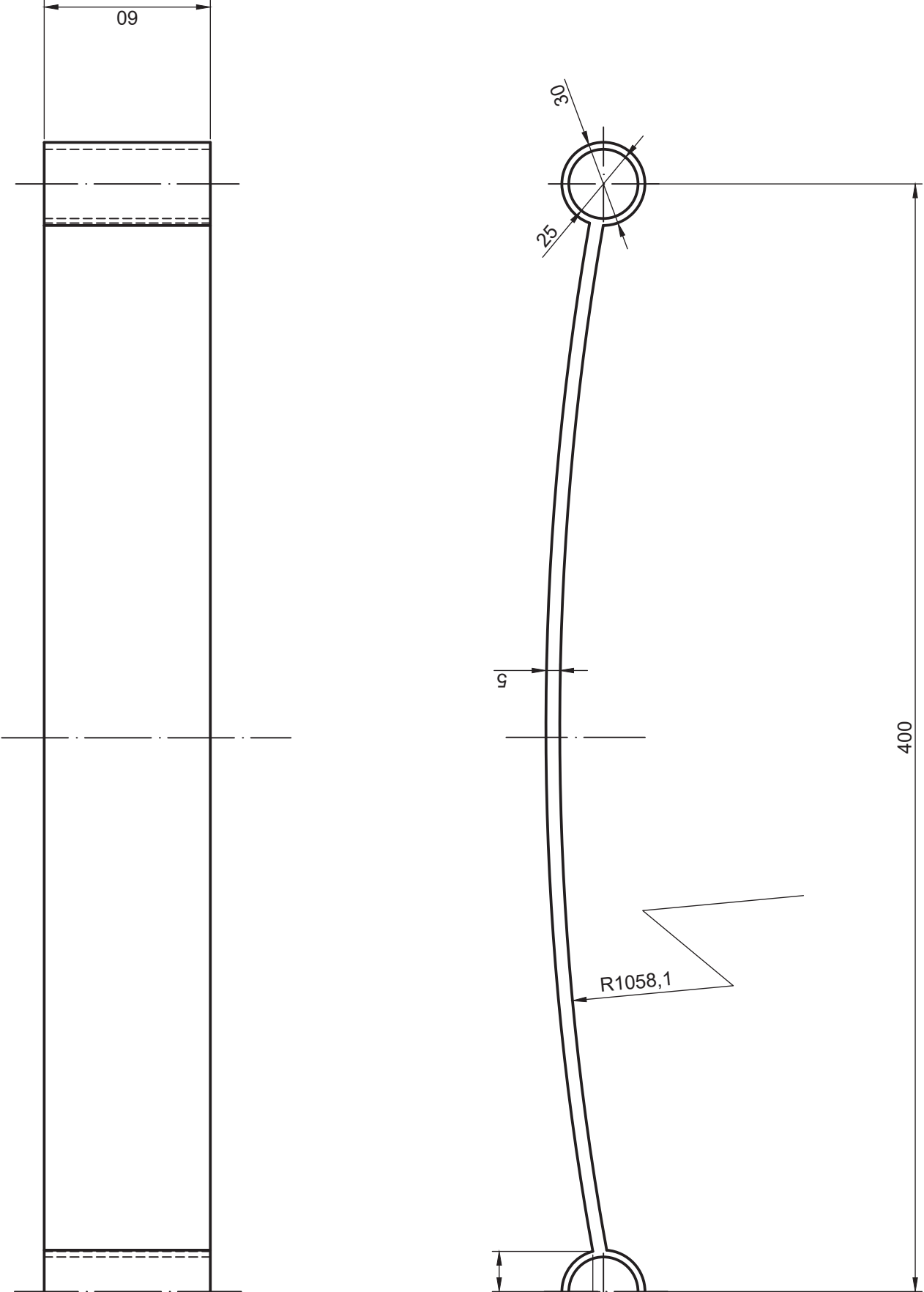
BARRA 1 FRENO

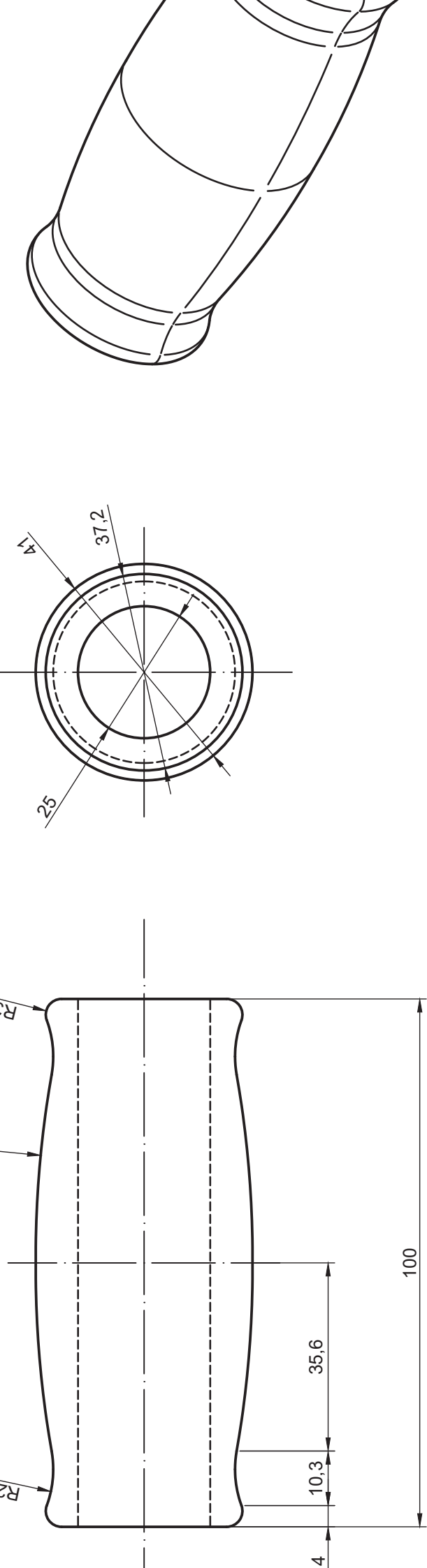




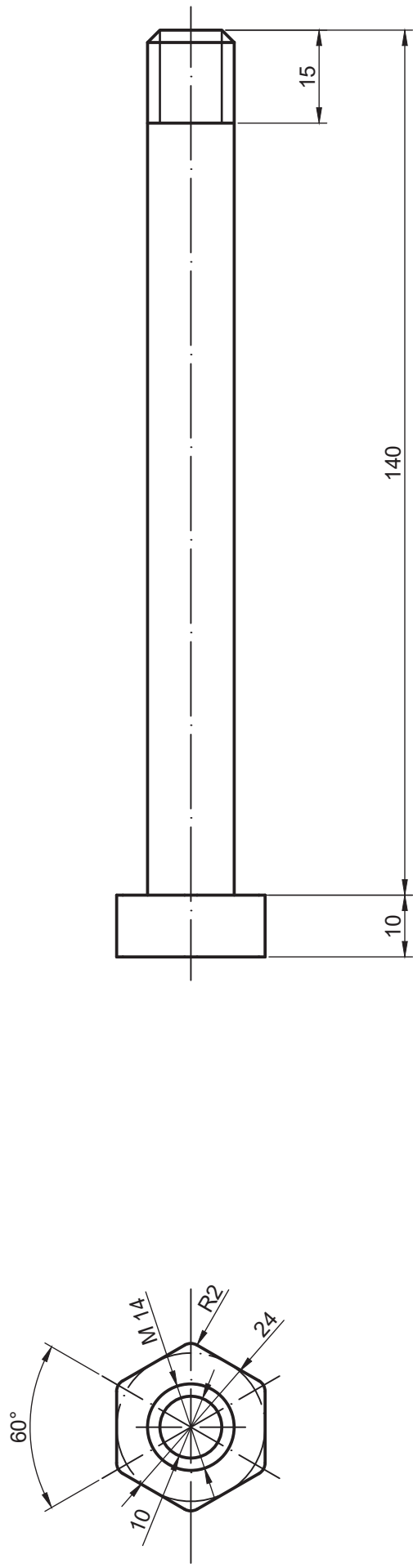
BARRA 4 FRENO (2:1)

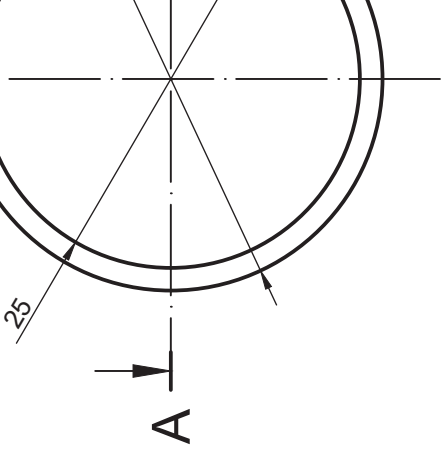




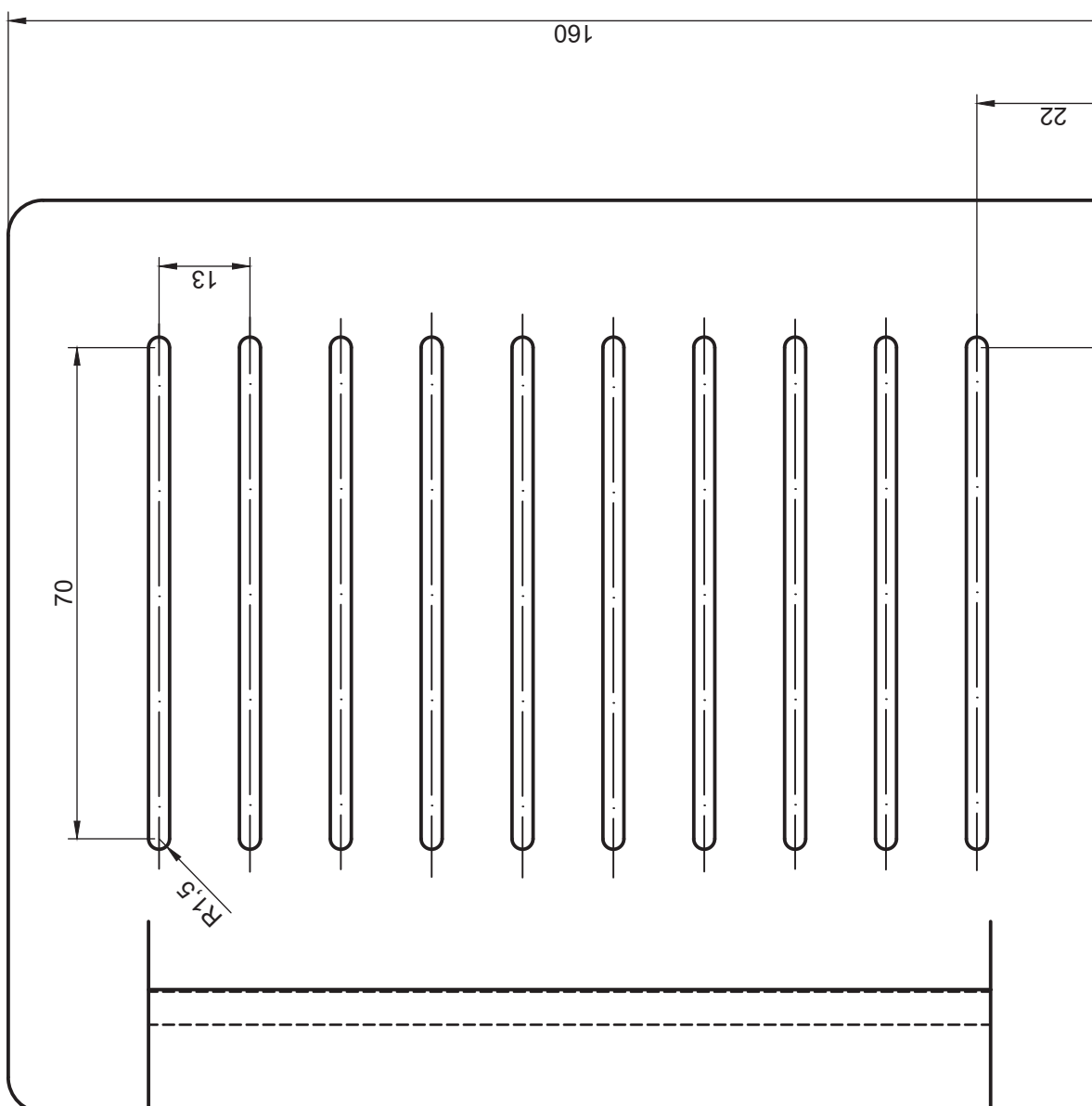
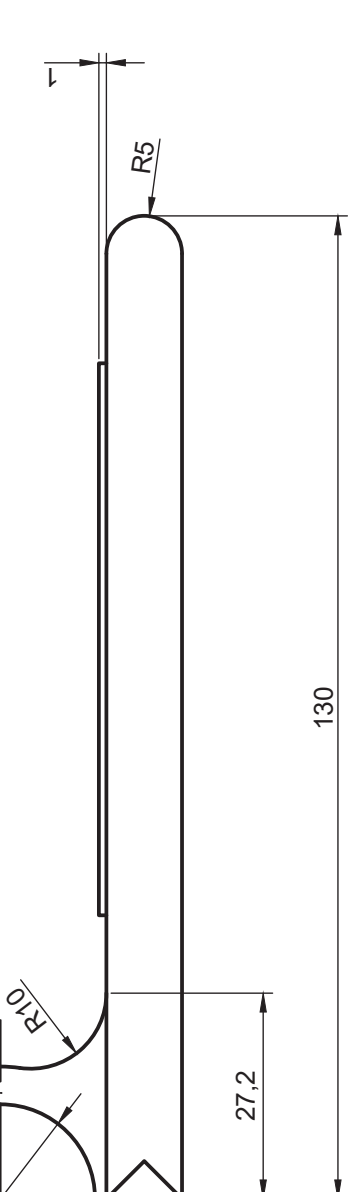
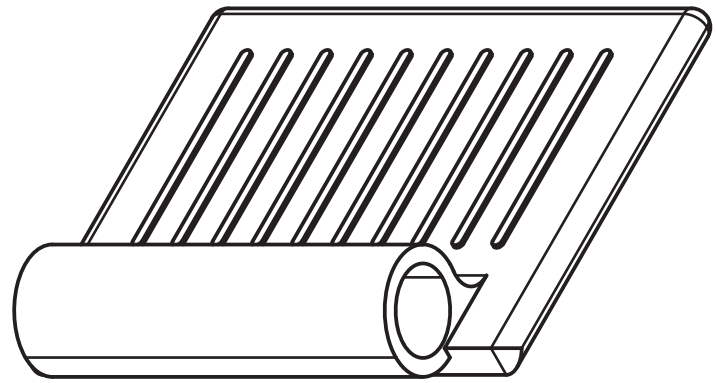
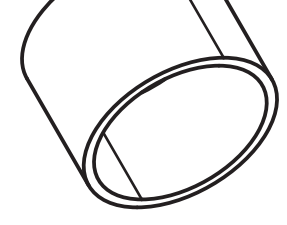
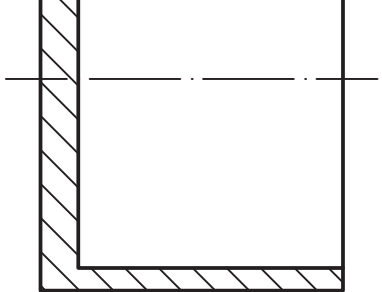


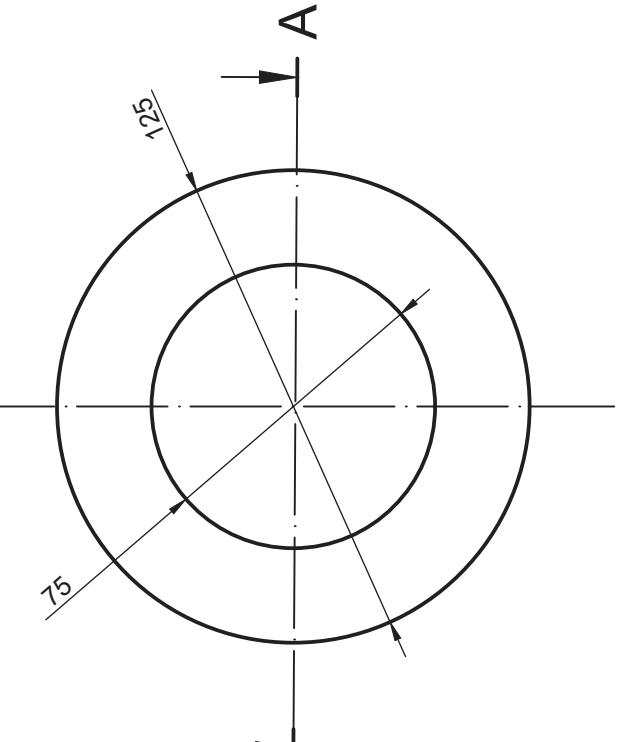
MANIVELA ELEVACIÓN



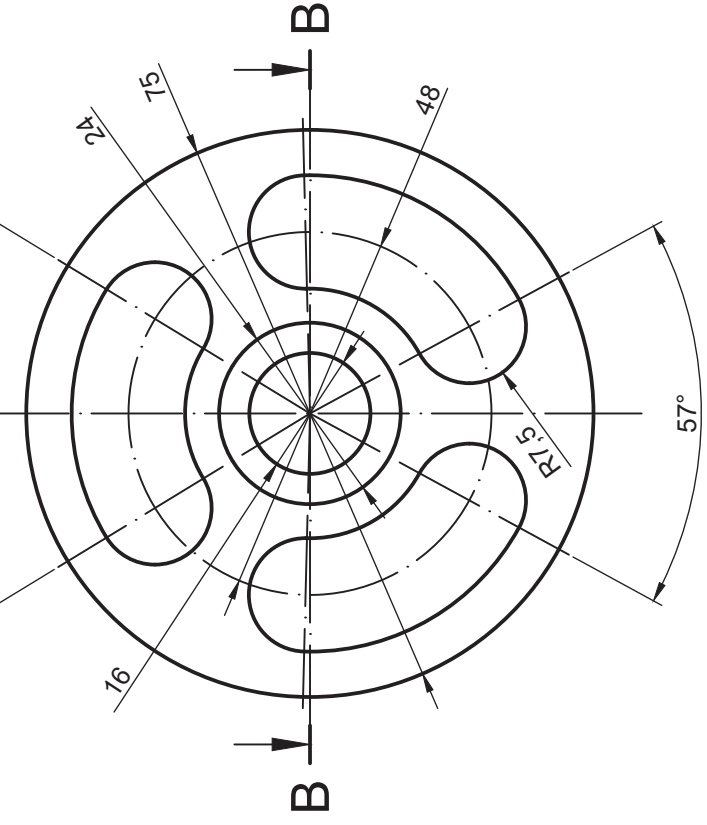
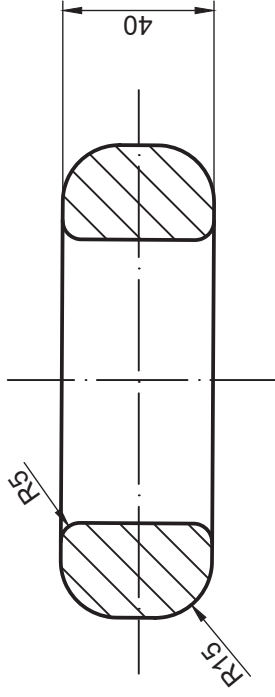


A-A (2:1)

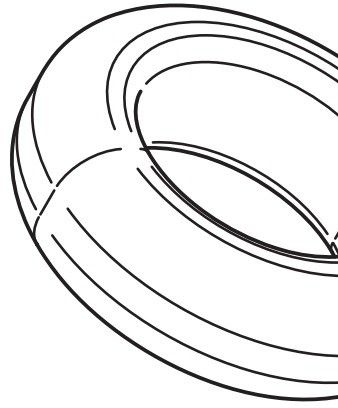
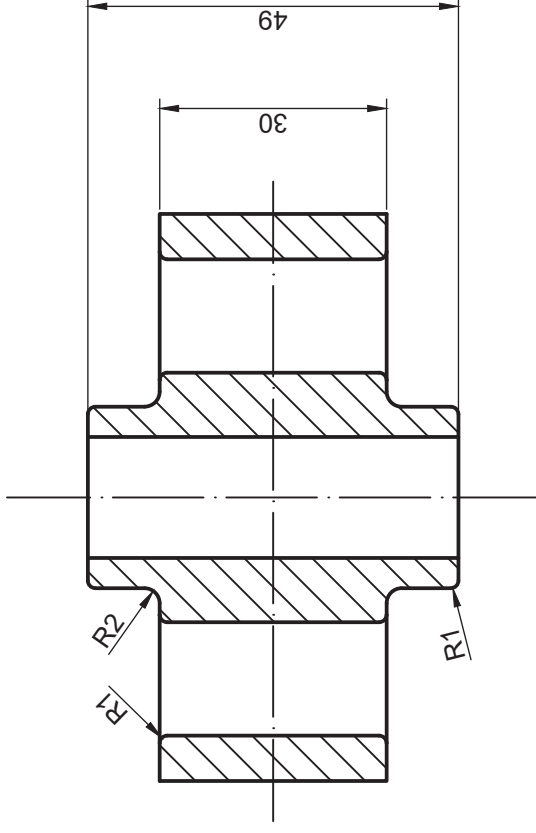


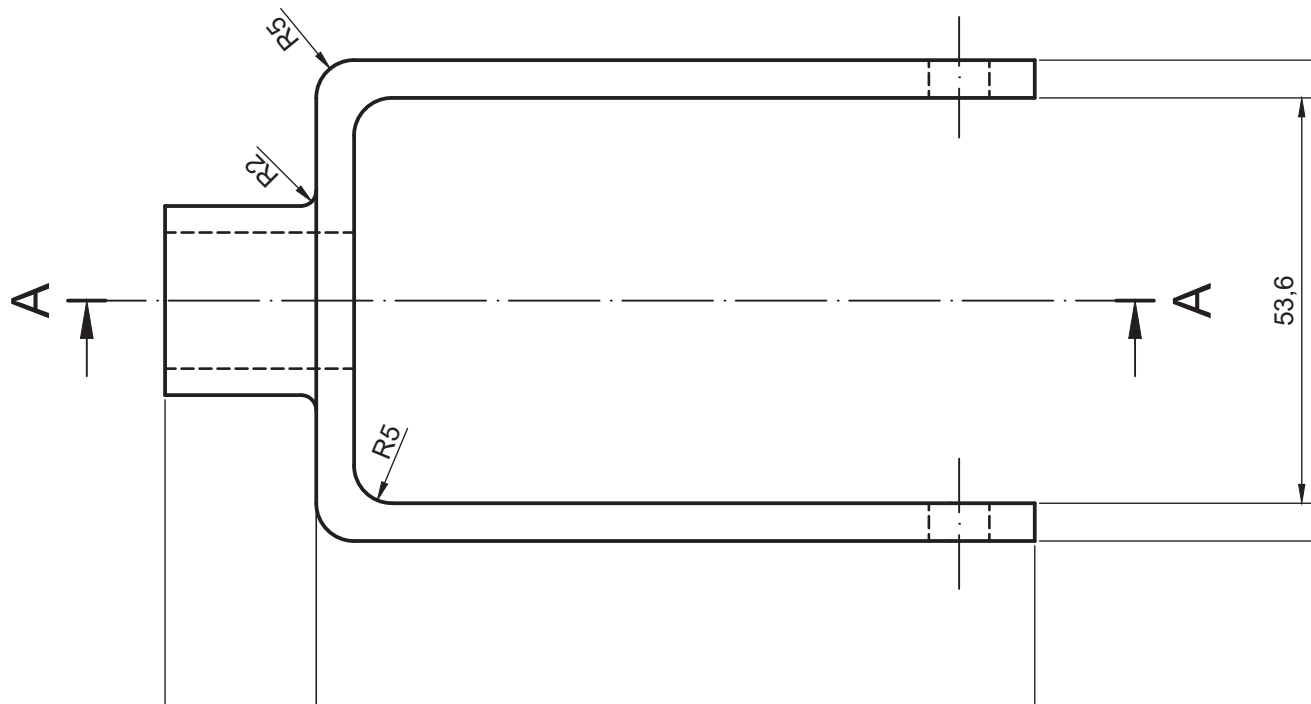
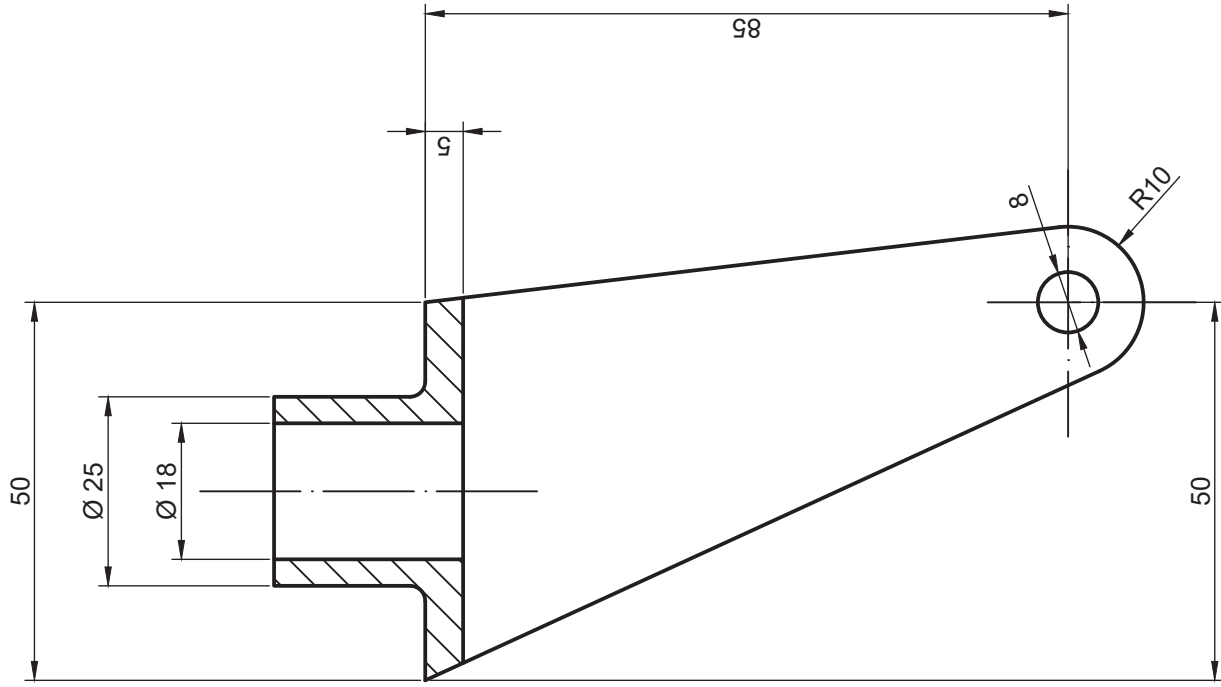


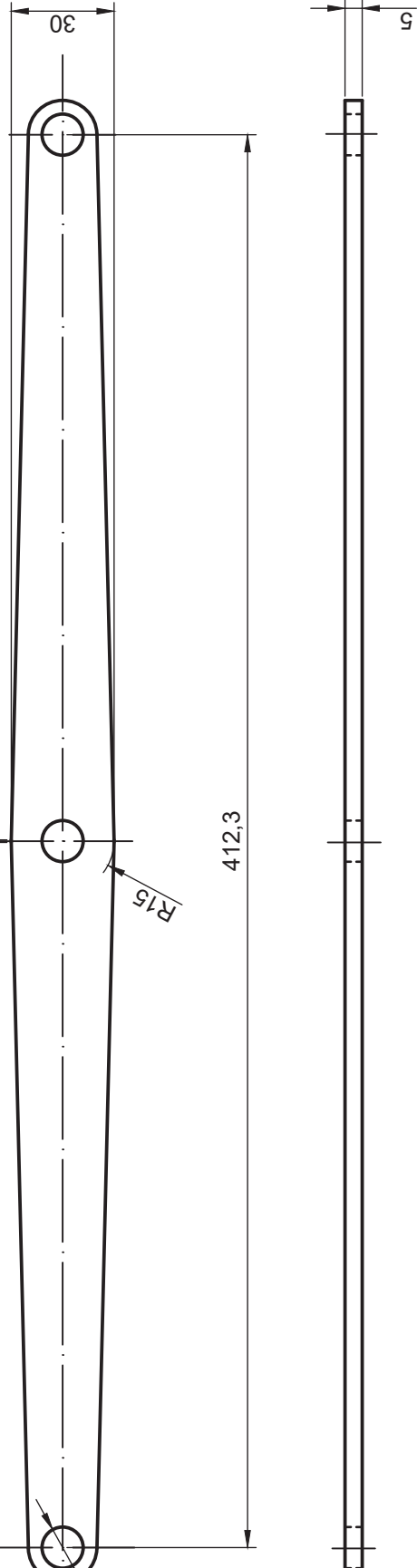
A-A (1:2)



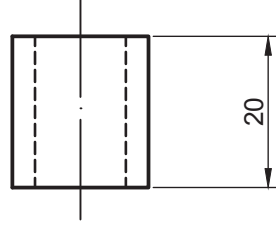
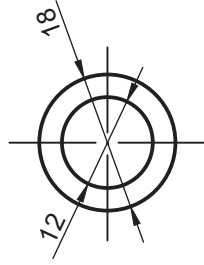
B-B (1:1)



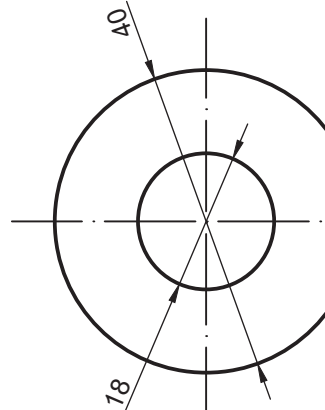


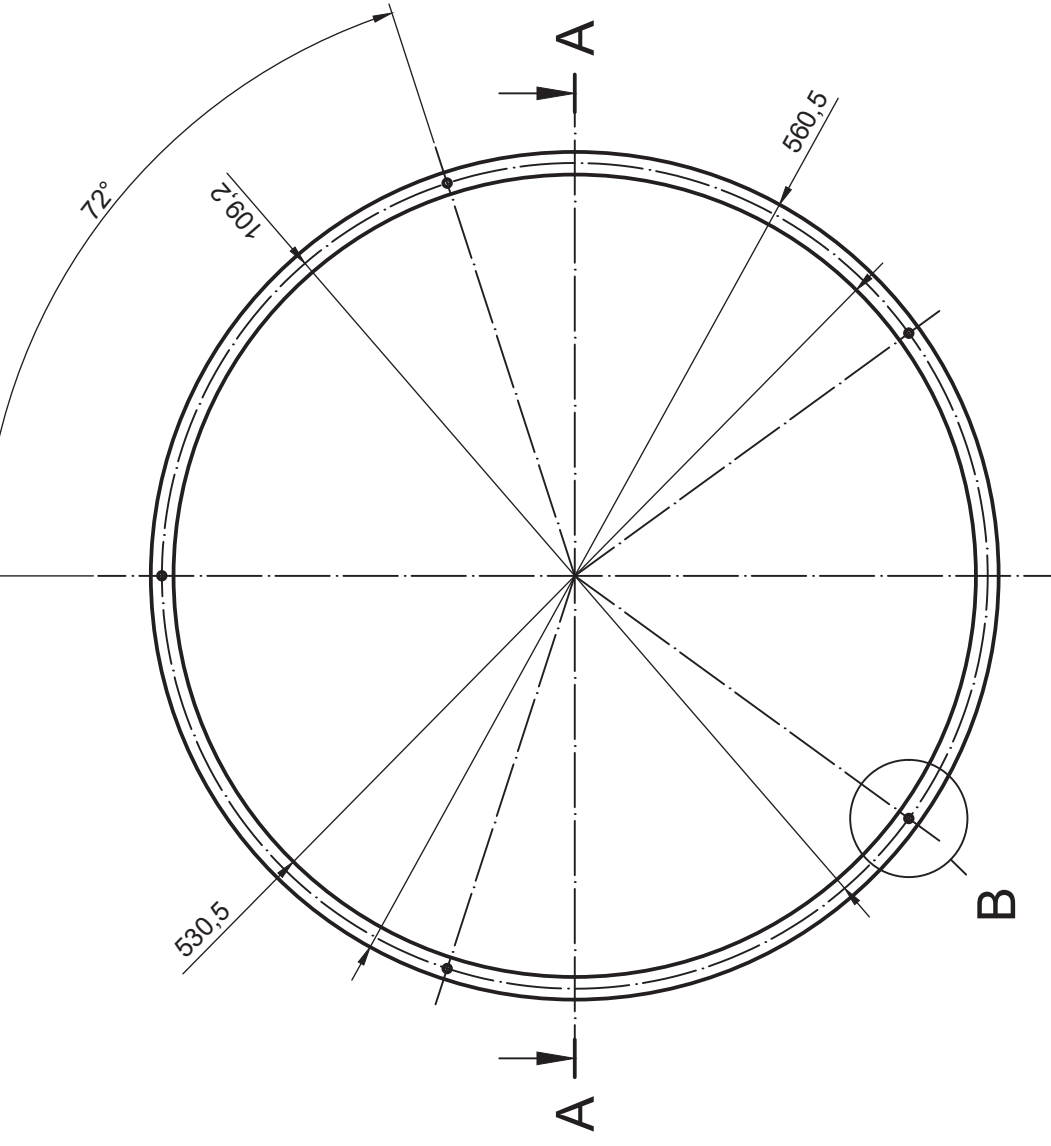


JUNTA BARRAS TIJERA (1:1)

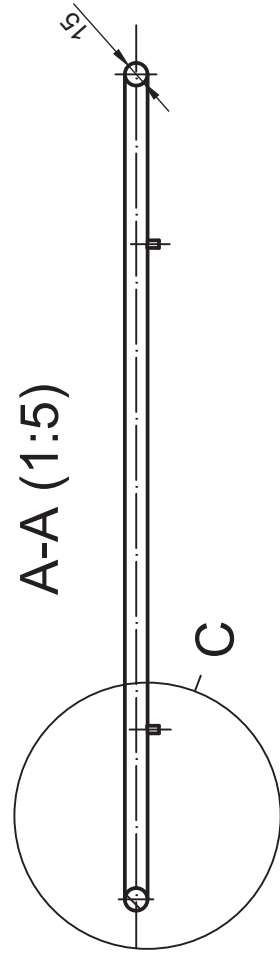


RUEDA ELEVACIÓN (1:1)

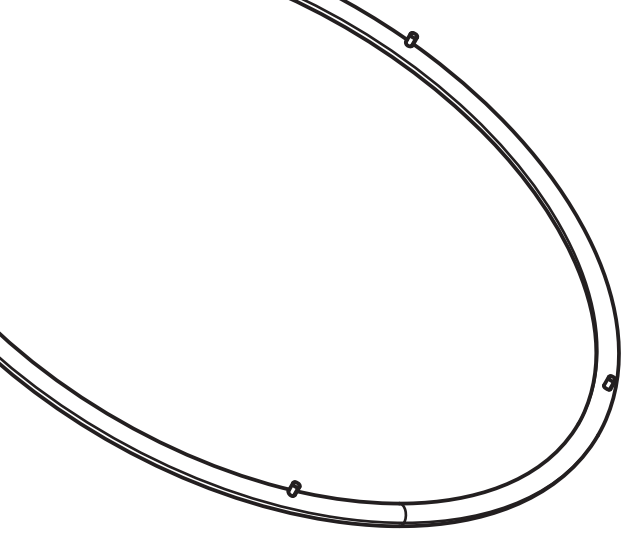
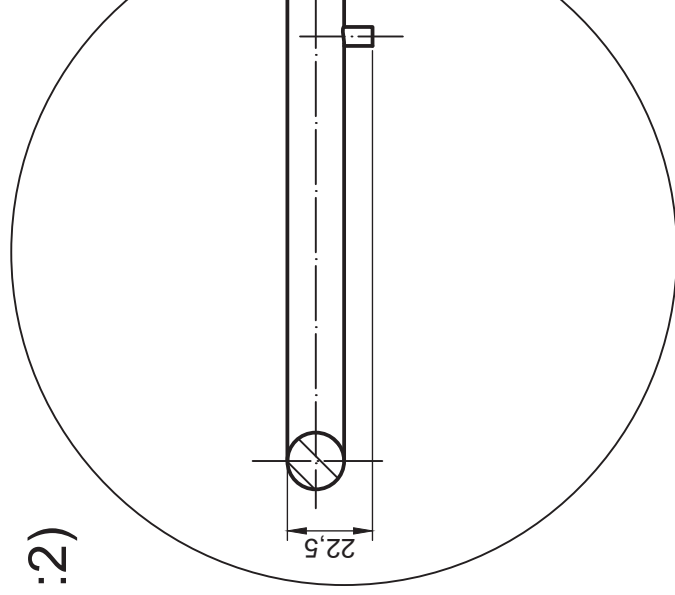


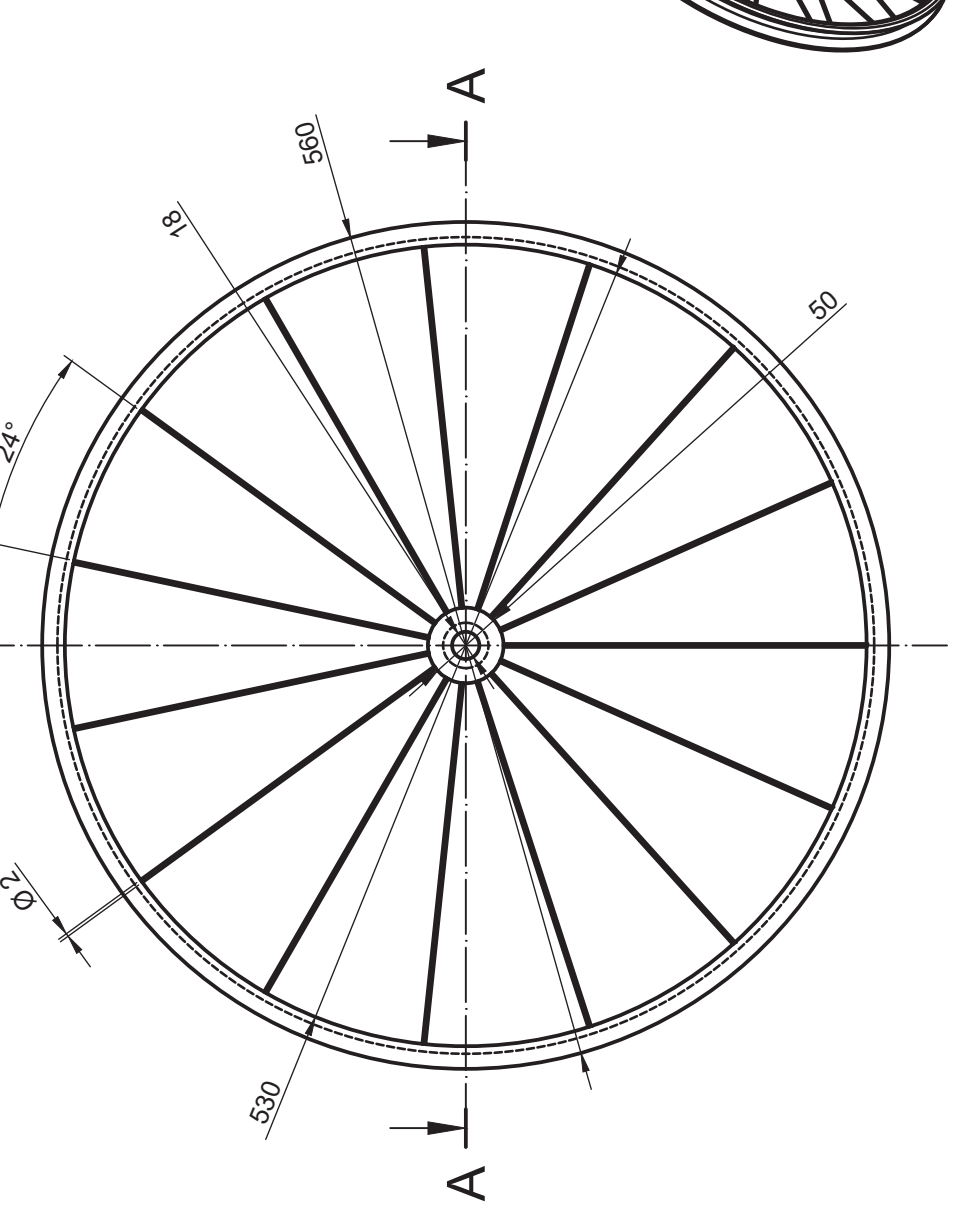
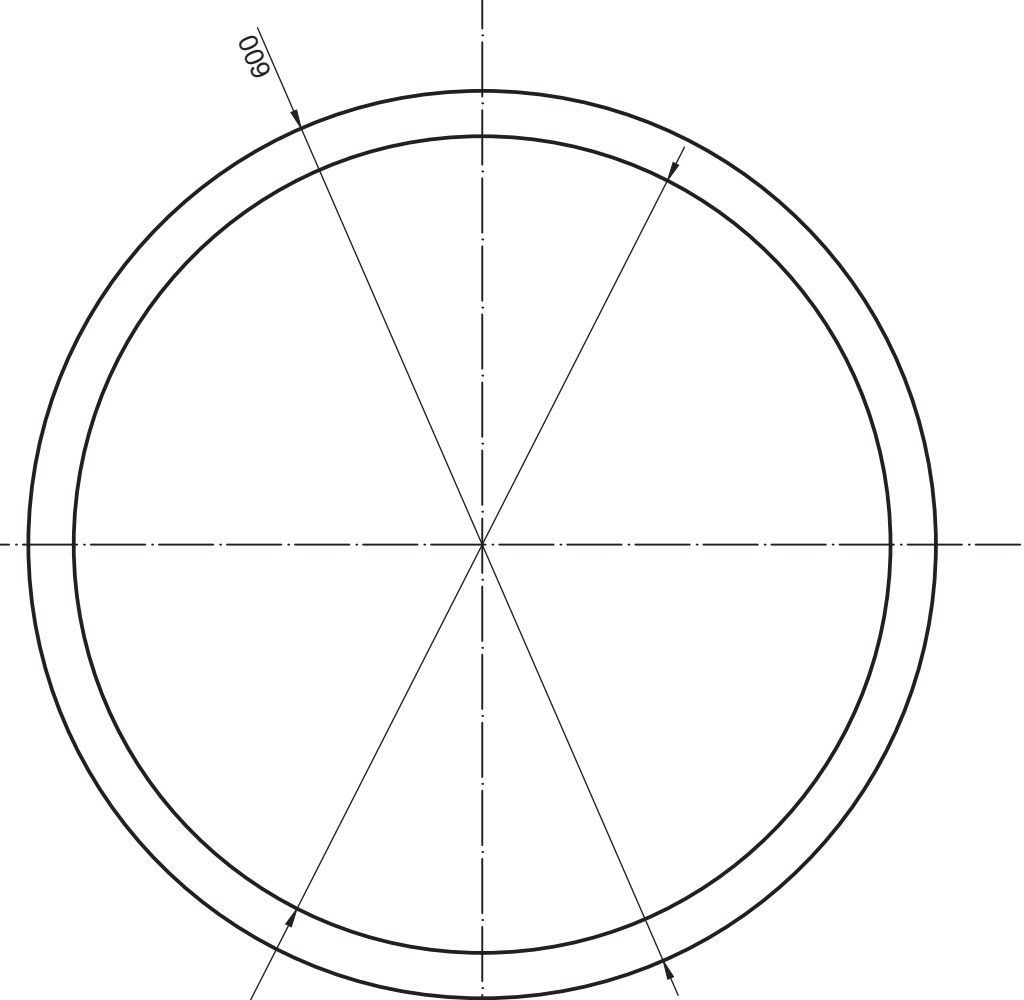


2)

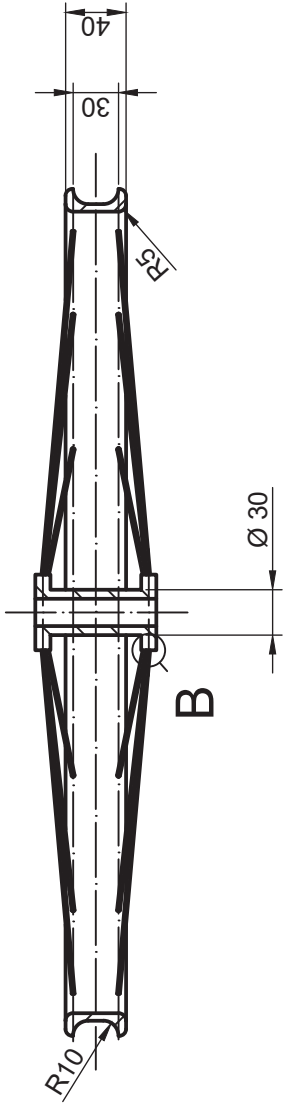
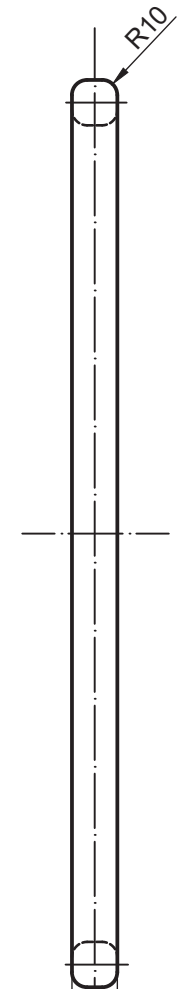


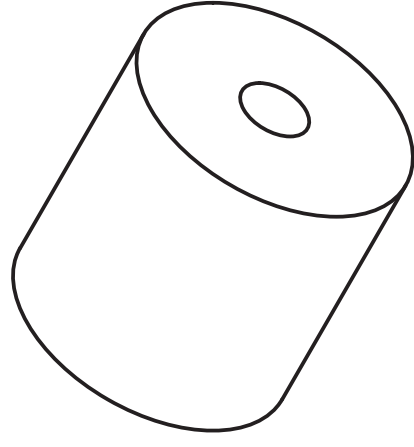
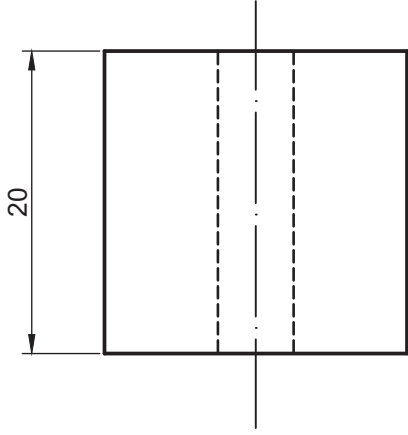
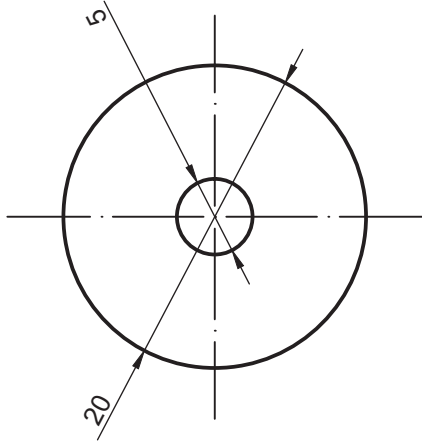
C (1:2)



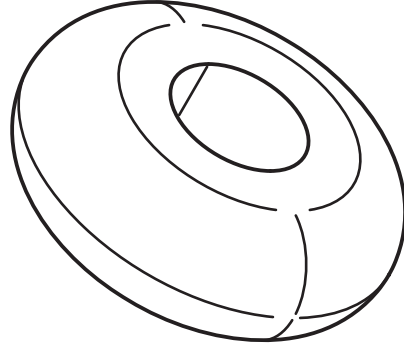
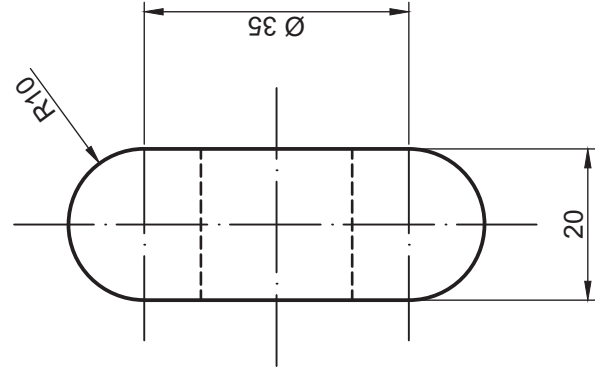
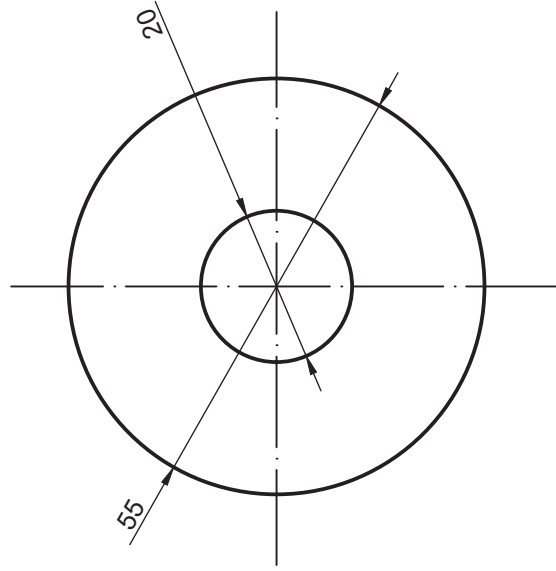


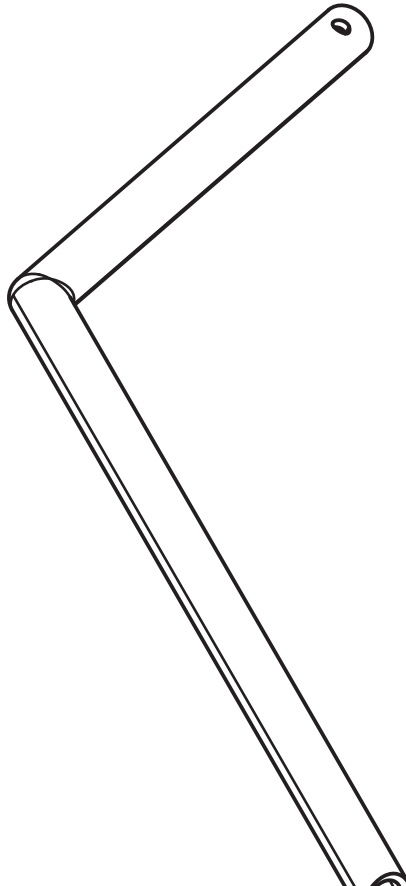
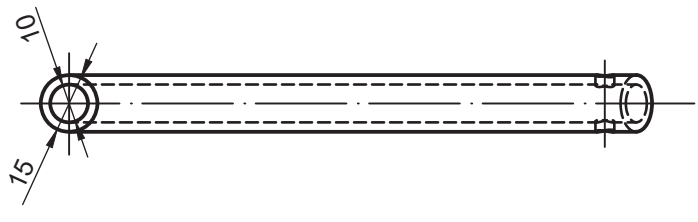
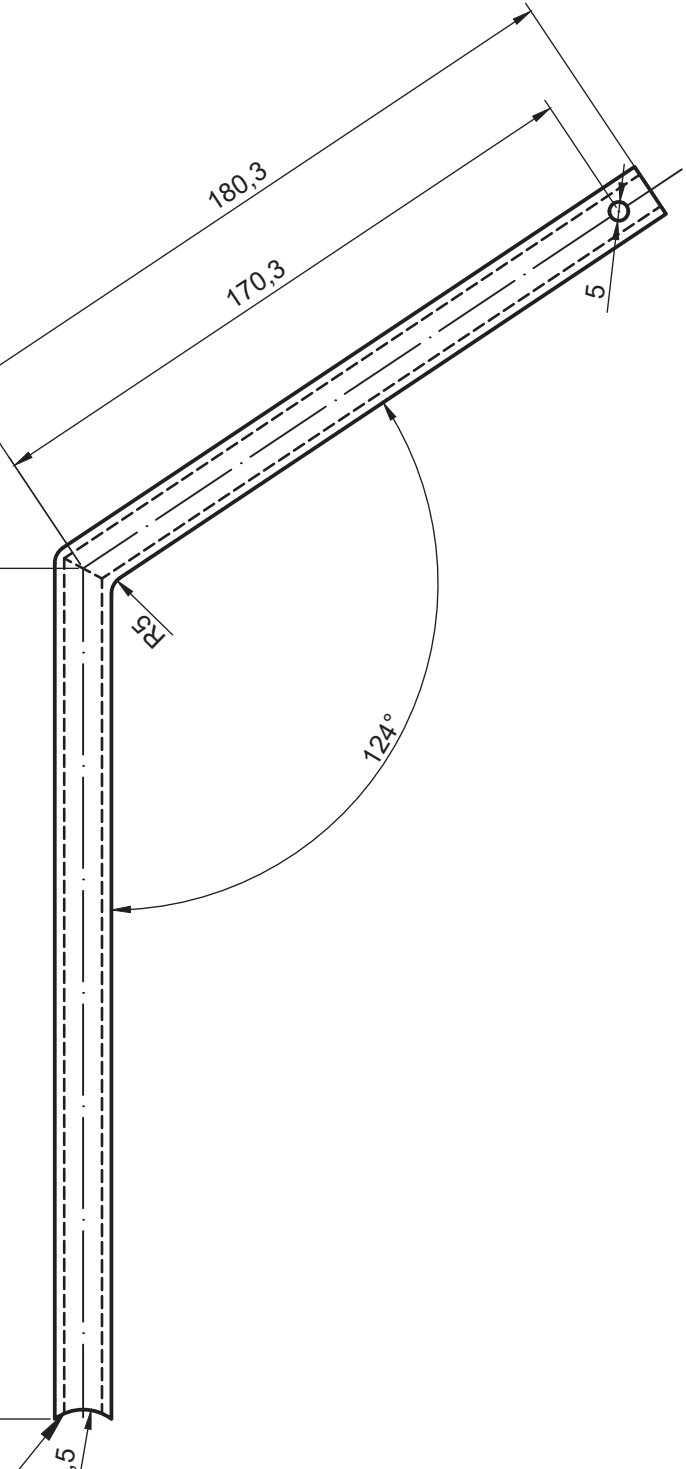
A-A (1:5)





RUEDA ANTIVUELCO (1:1)

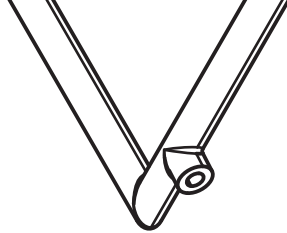
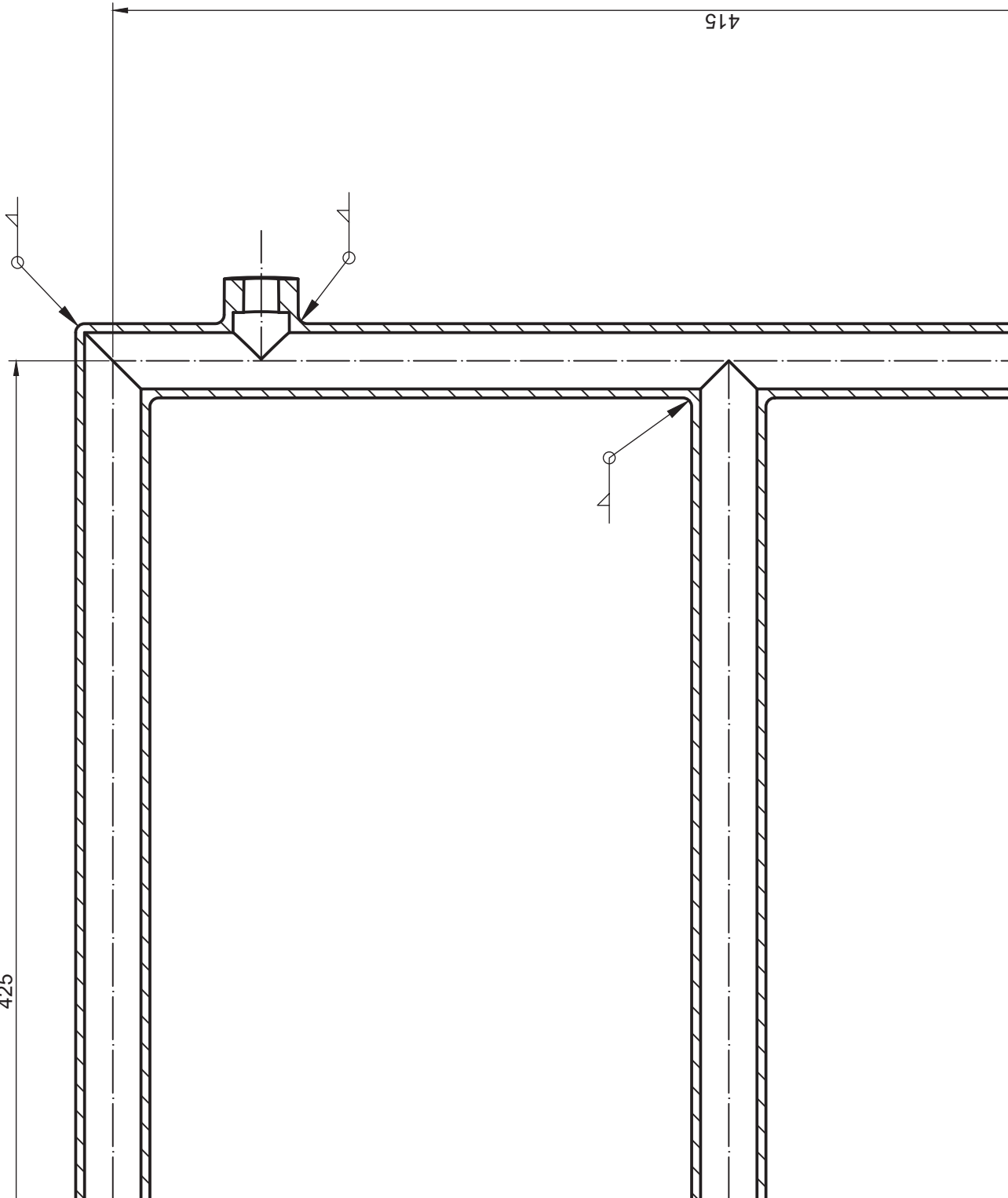
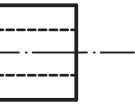




A-A (1:2)

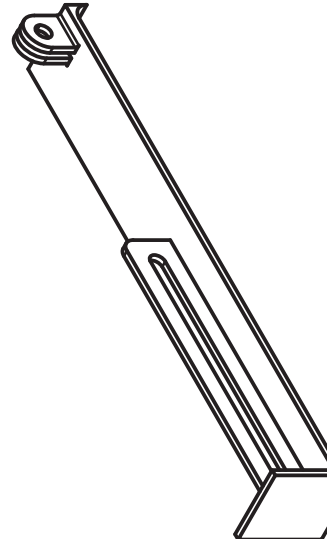
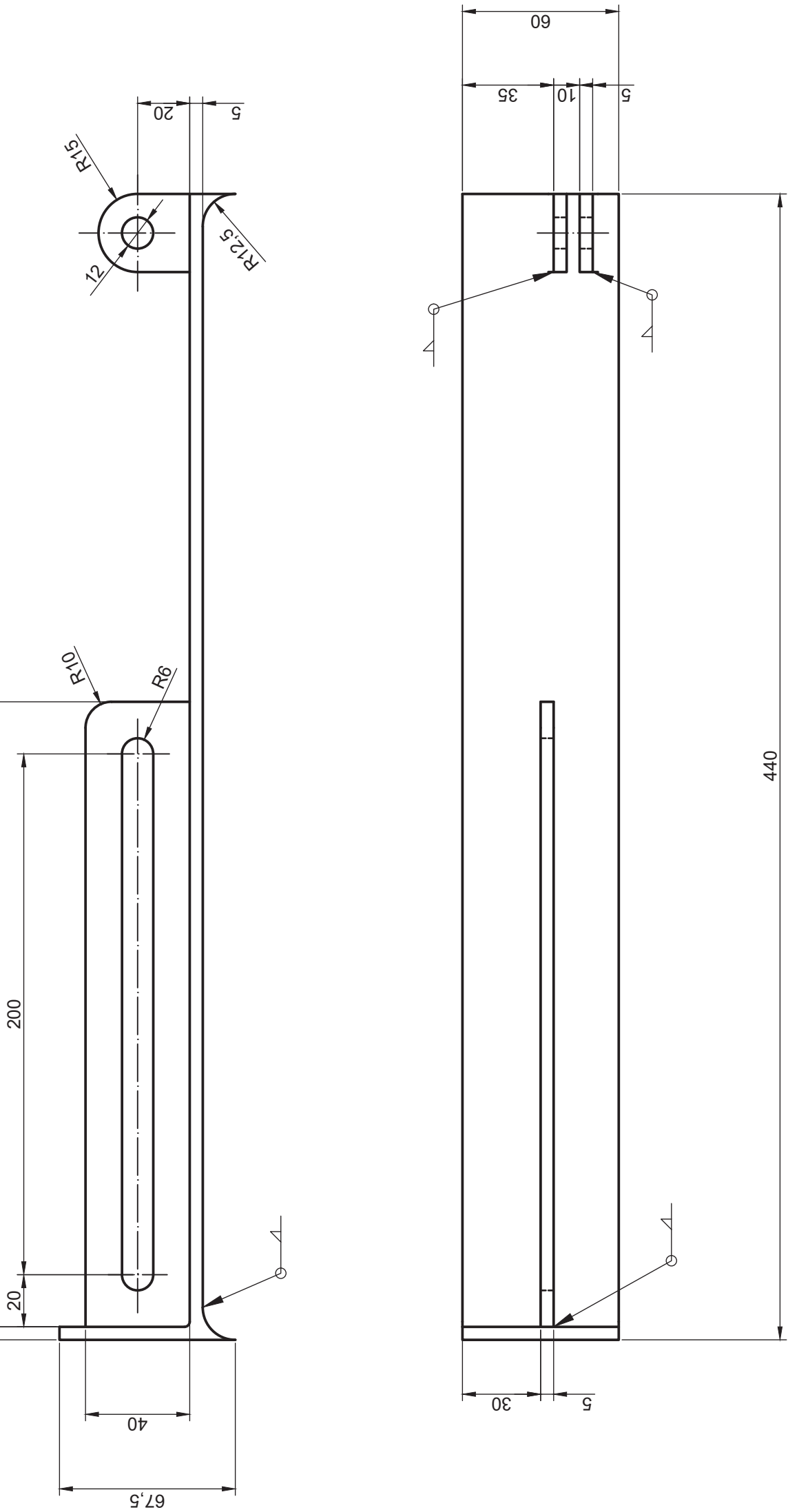
425

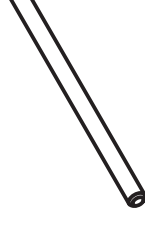
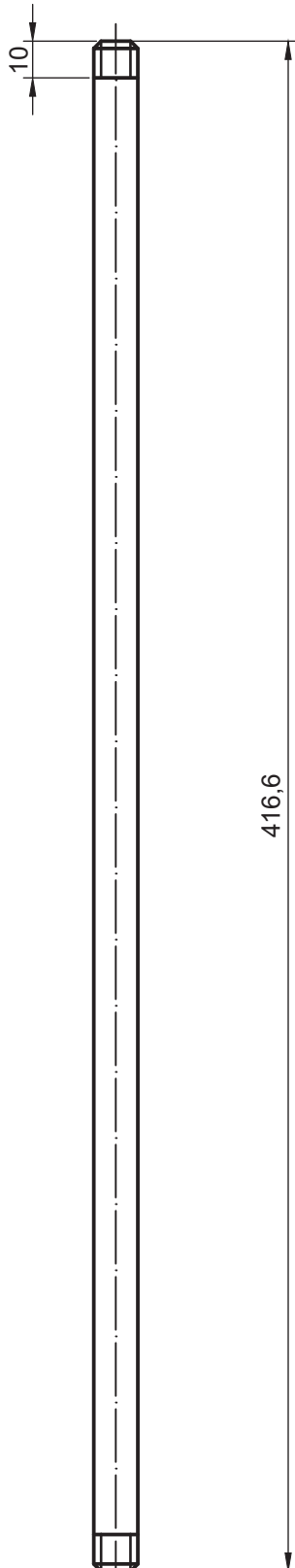
415



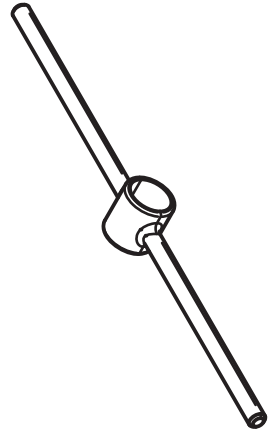
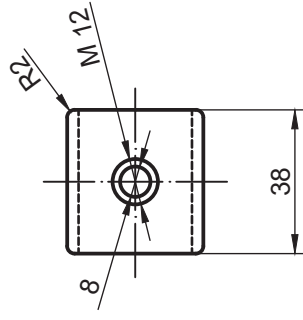
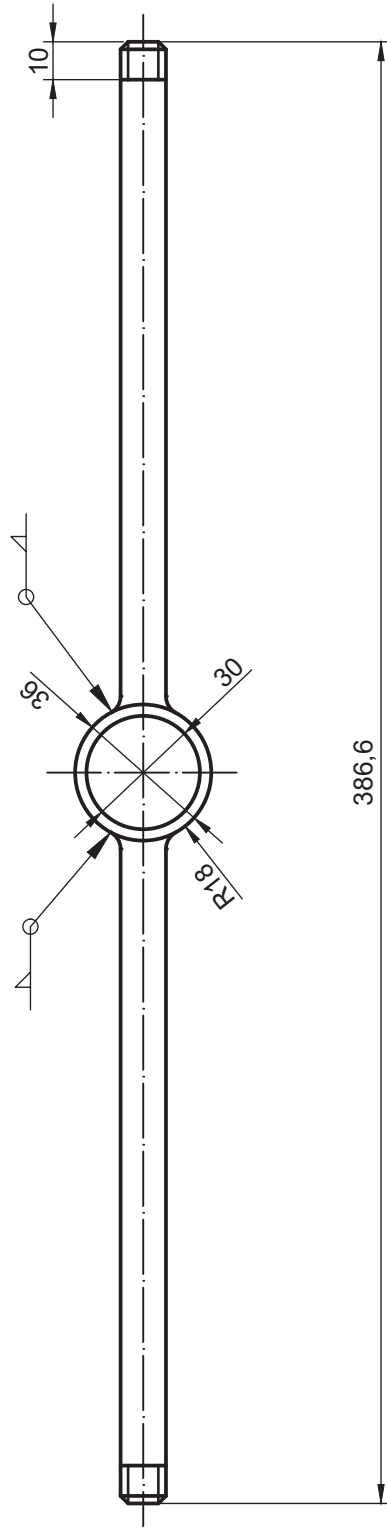
Nota: Soldadura TIG, en
componen el chas

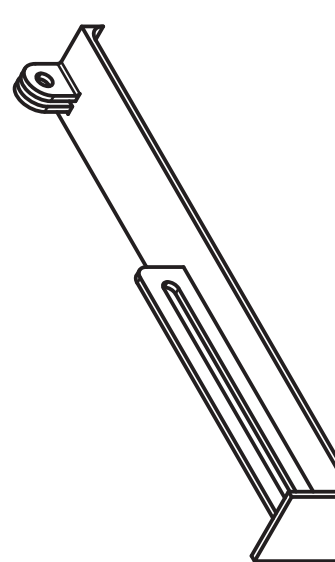
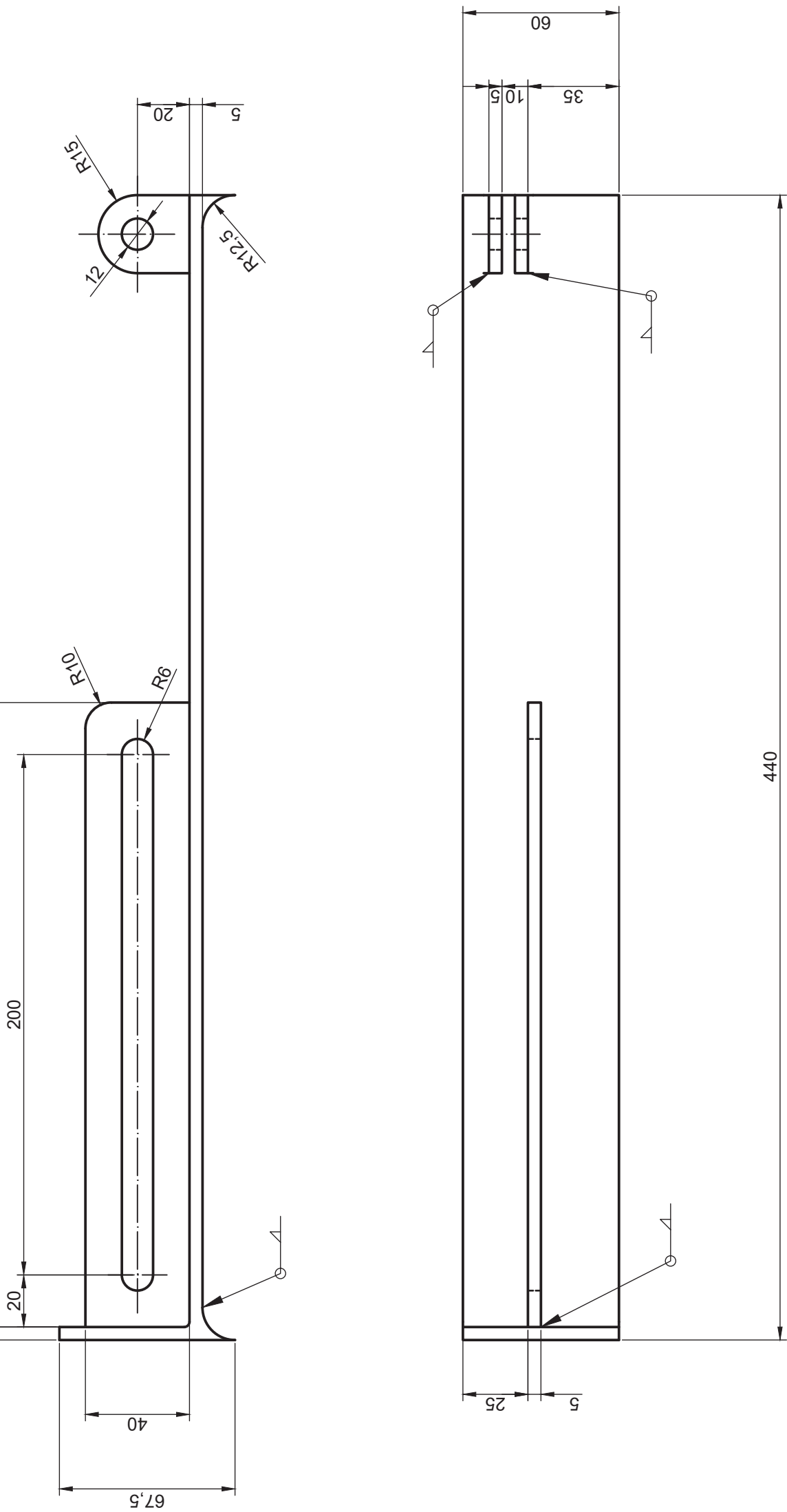
Diámetro y espes



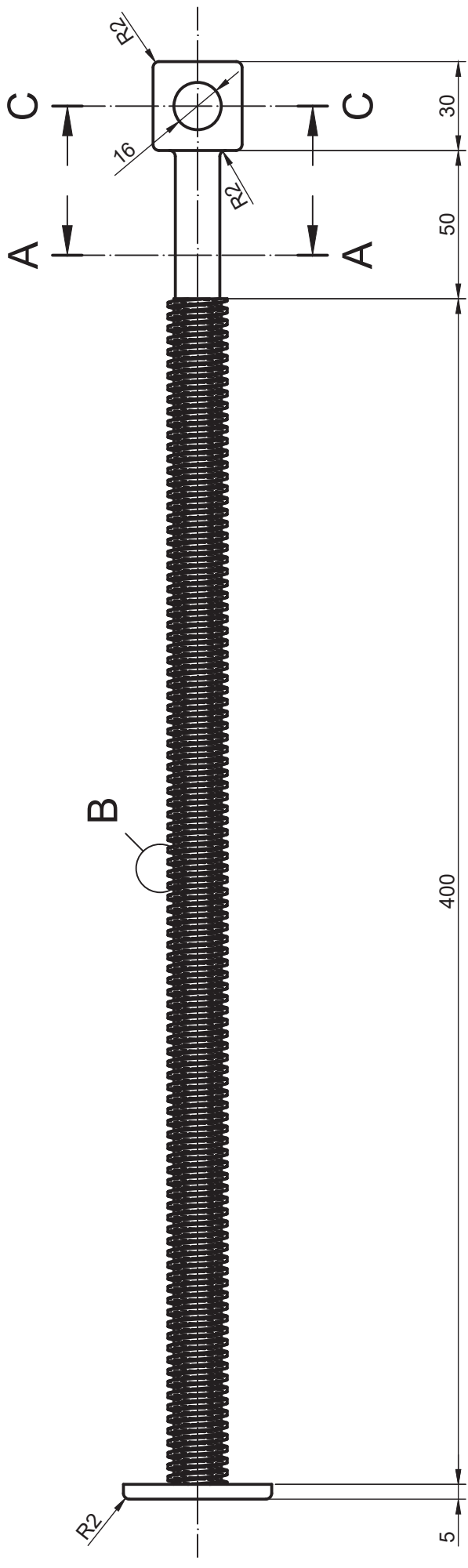


UNIÓN TUERCA TIJERAS

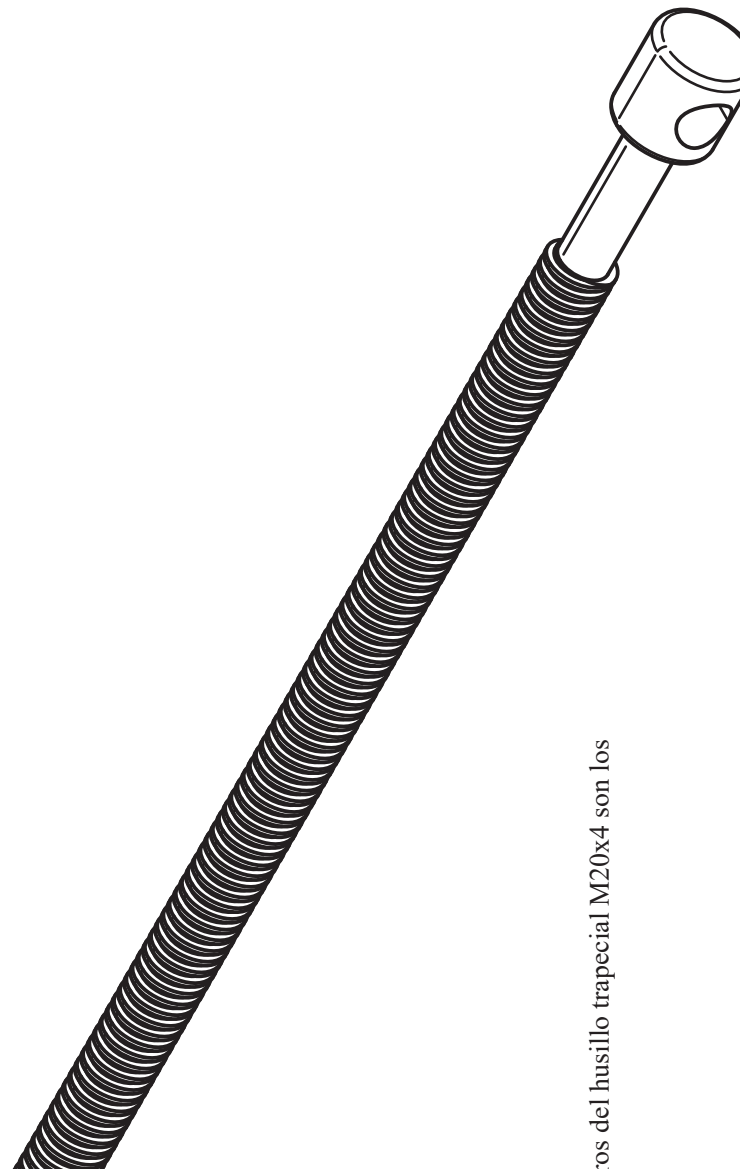
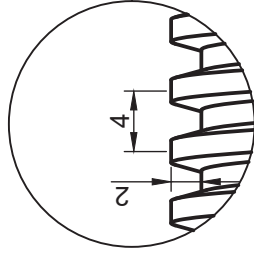




2)

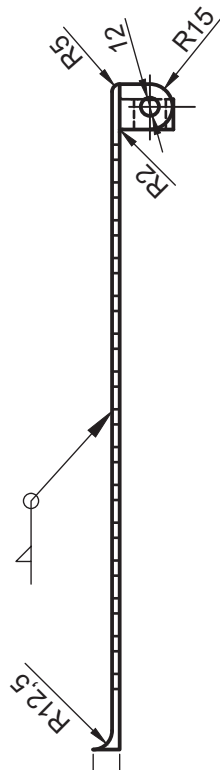
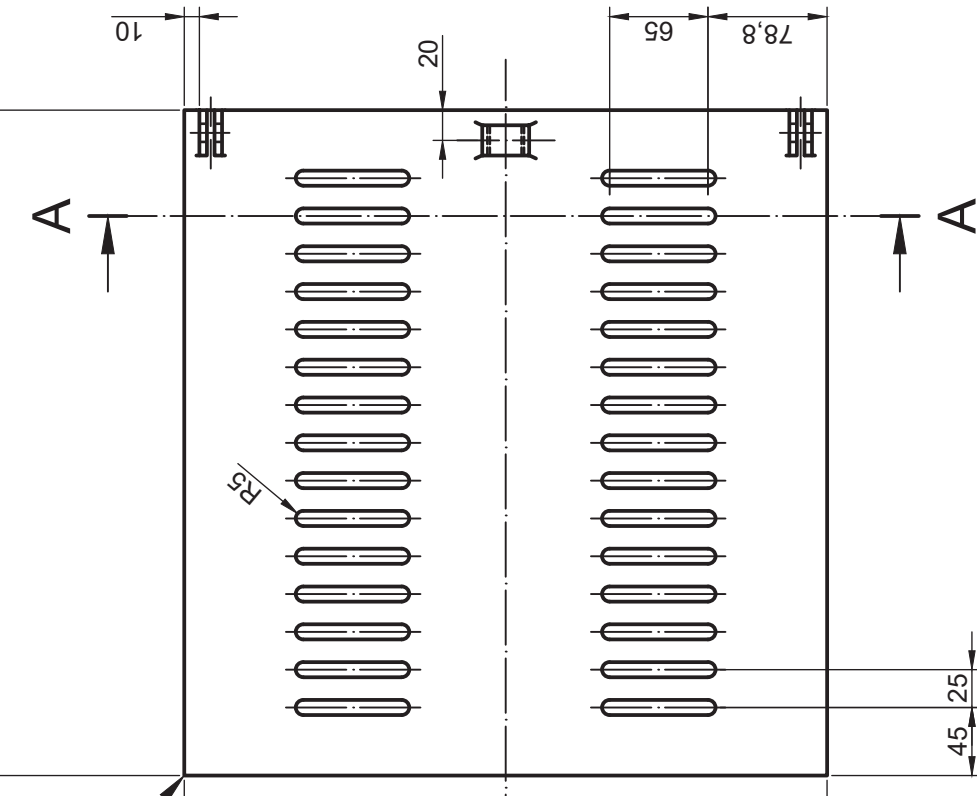
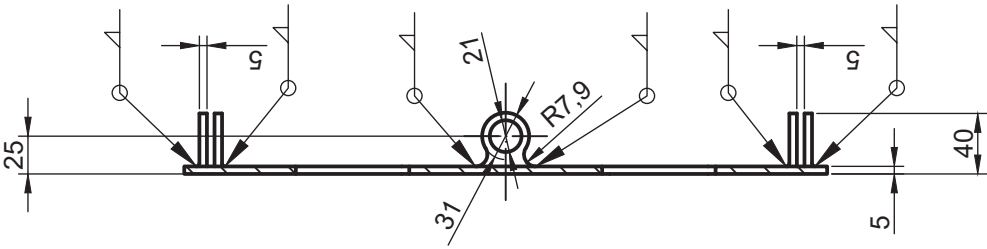
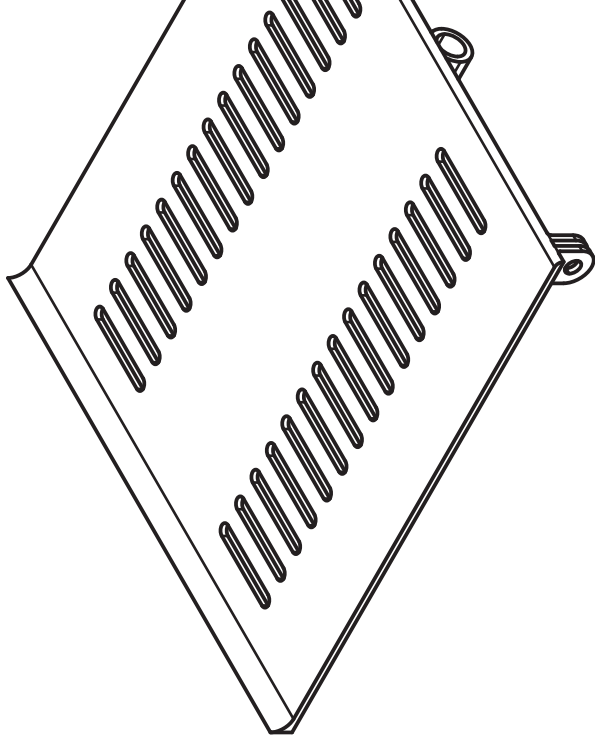


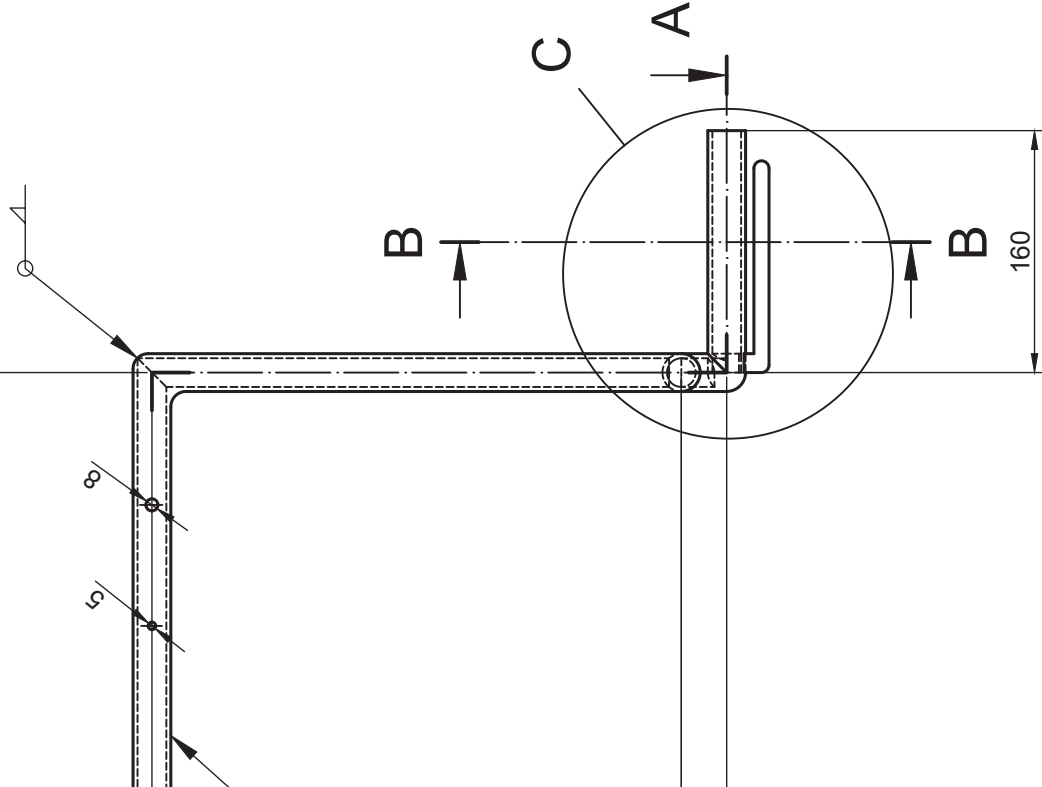
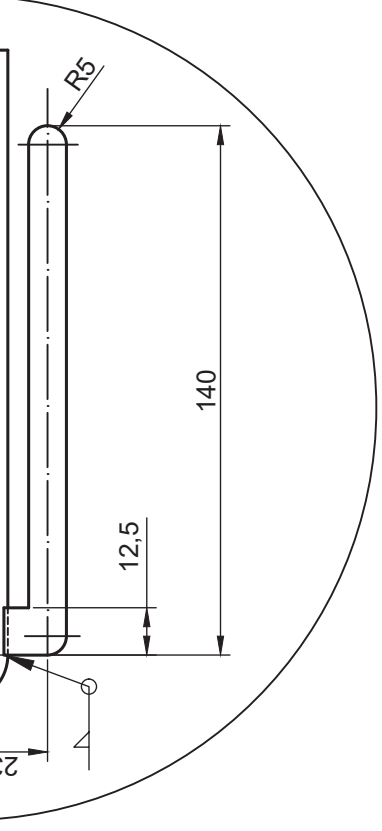
B (2:1)



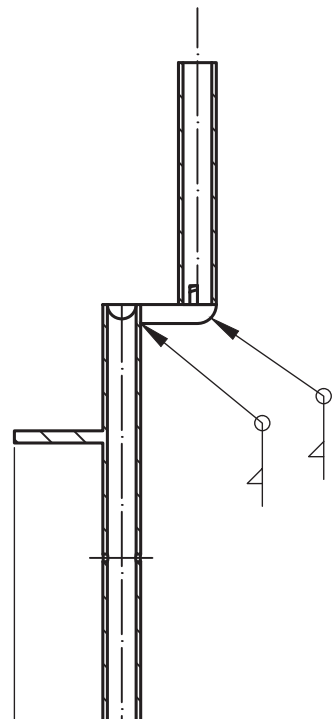
ros del husillo trapecial M20x4 son los





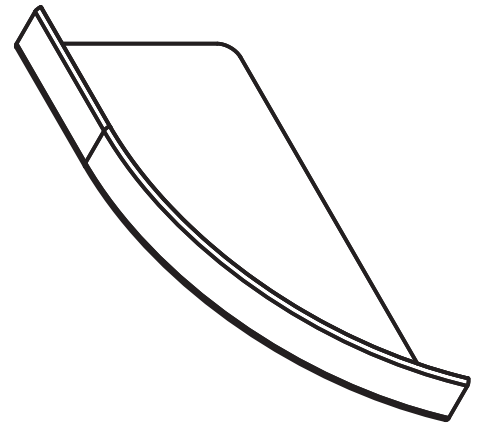
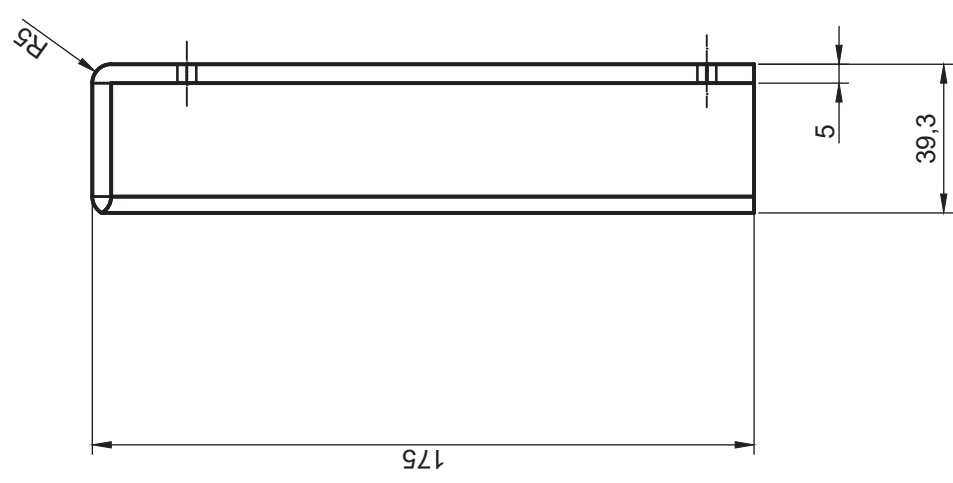
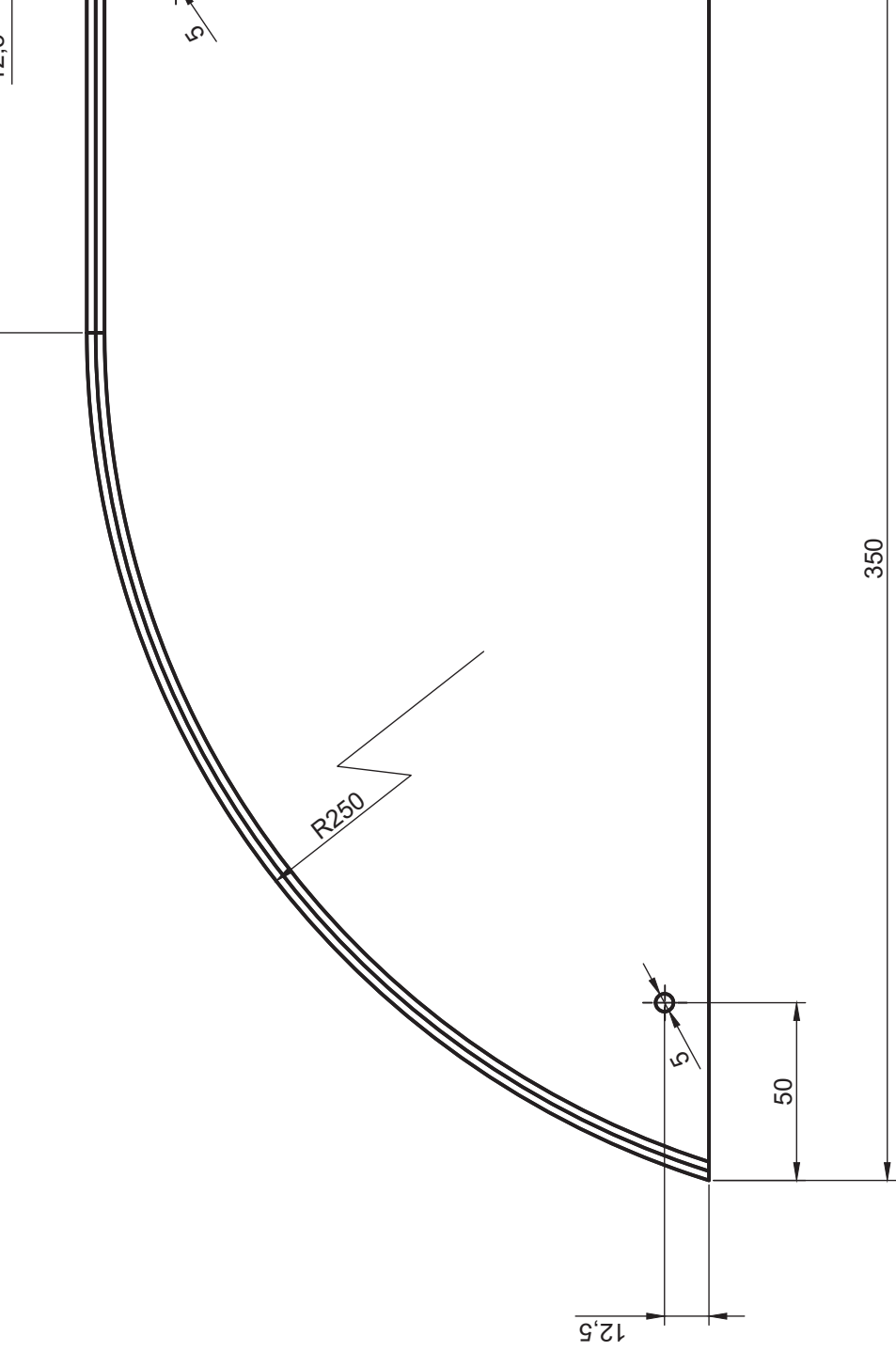


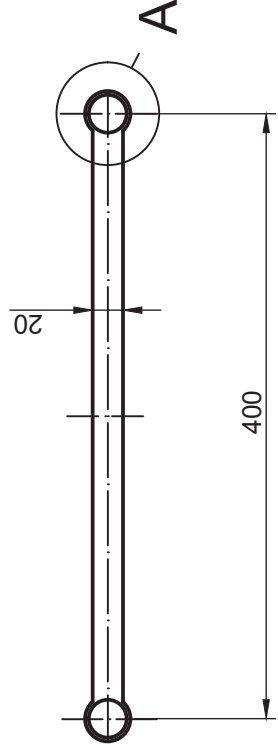
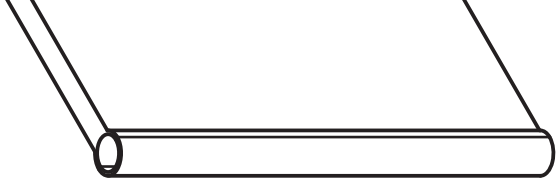
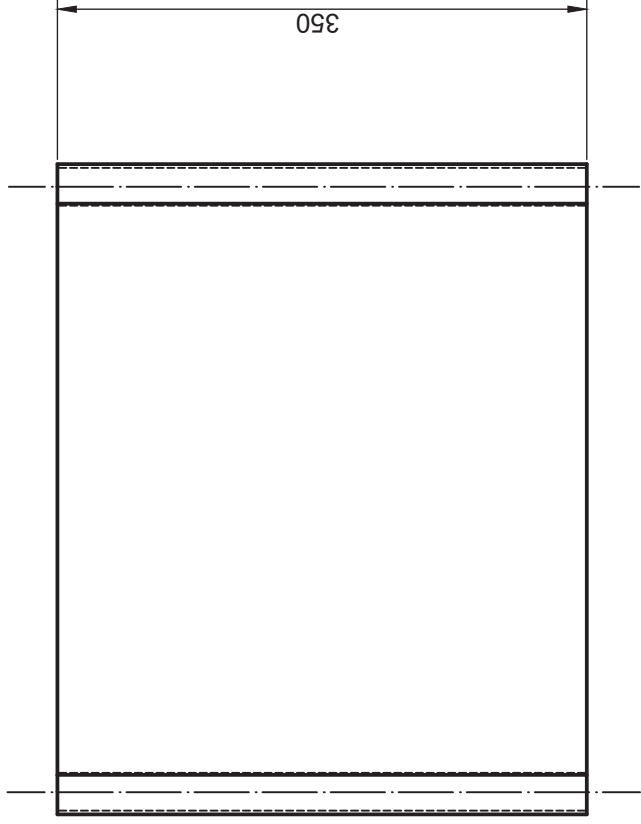
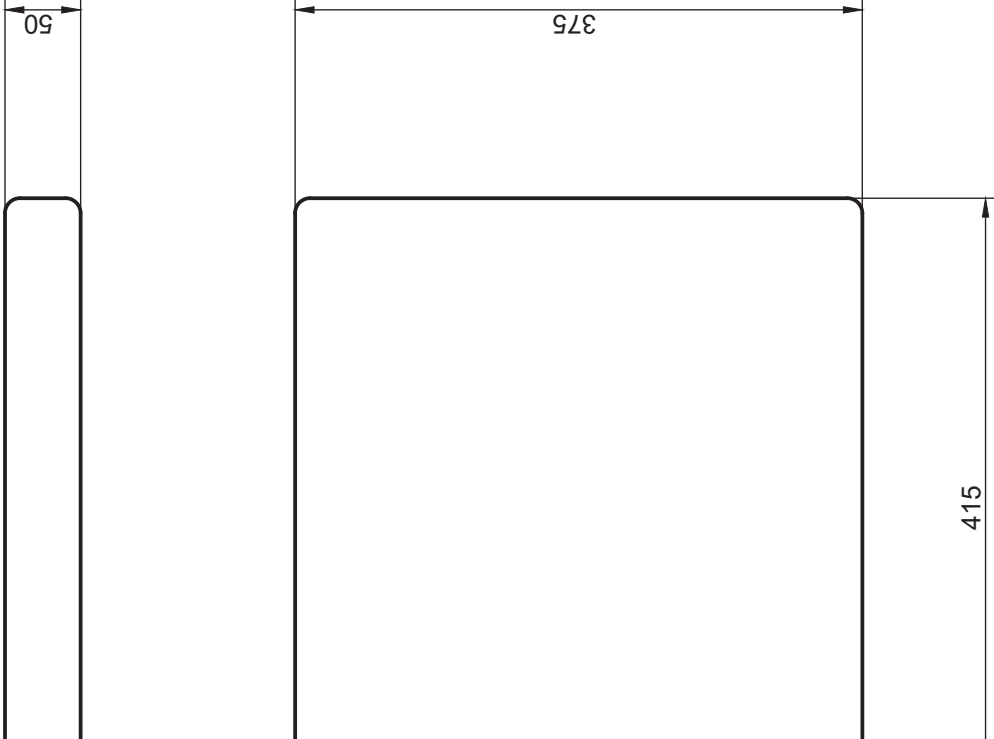
B-B (1:5)



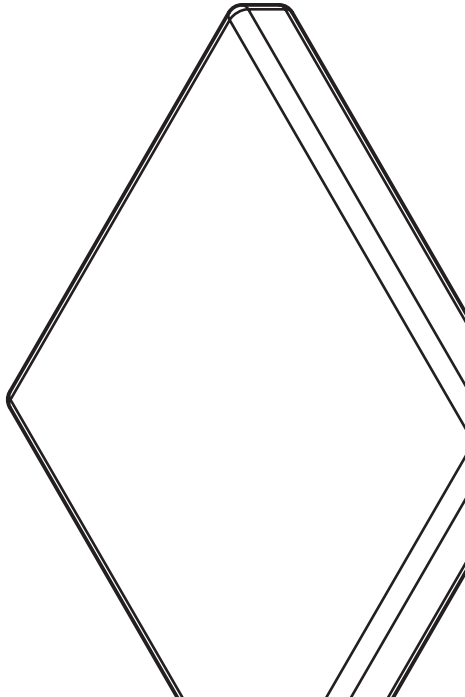
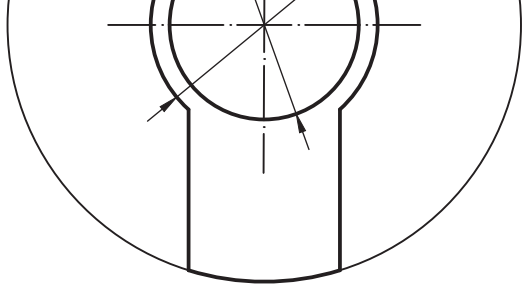
Nota: Soldadura TIG, en ángulo y por todo el perímetro. Entre todas componen el chasis y a la placa superior de elevación.

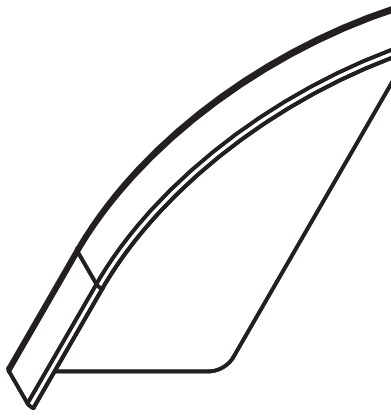
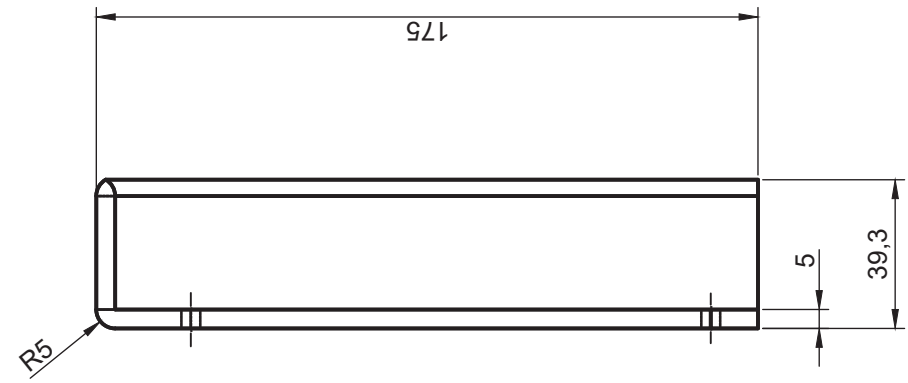
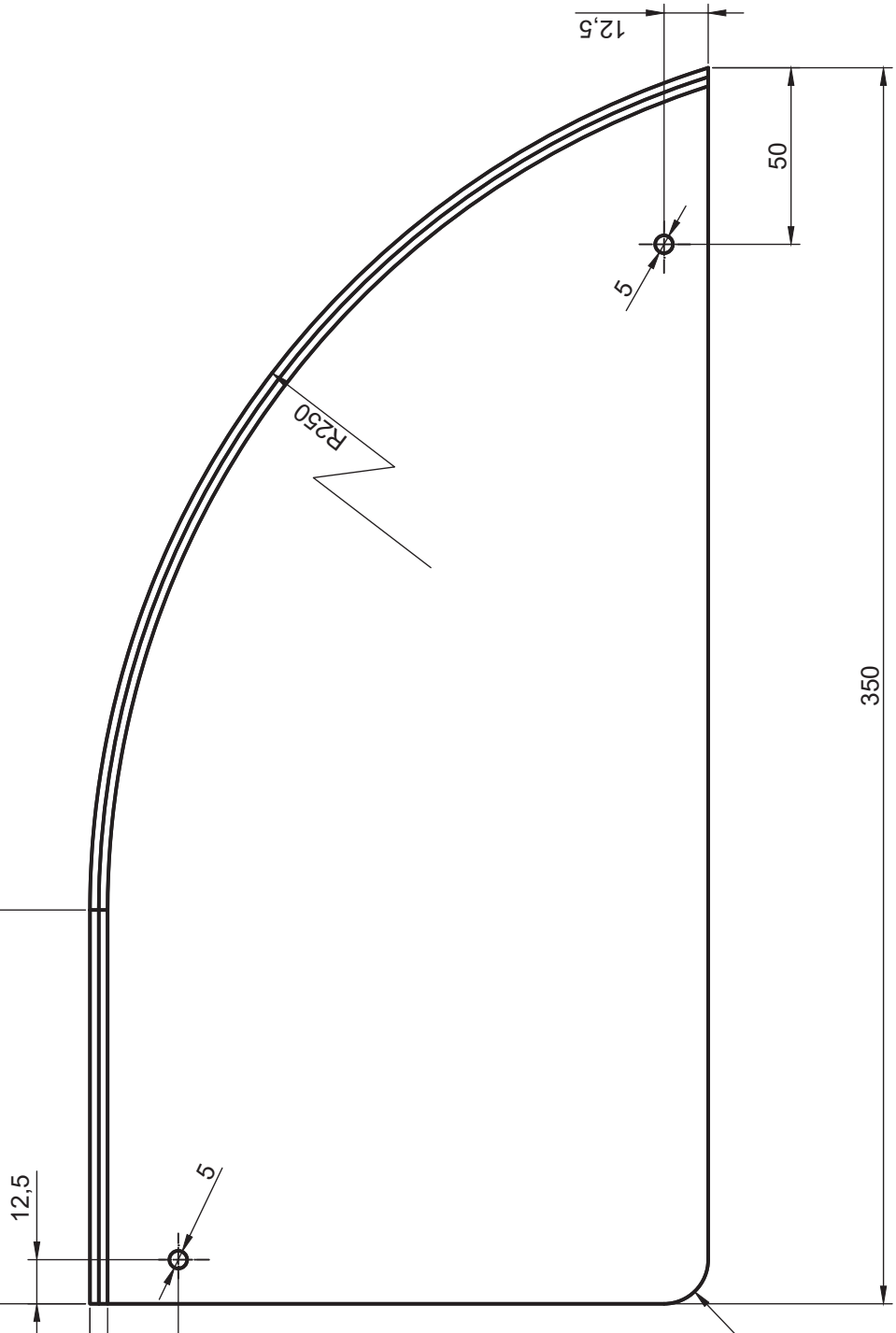
Diámetro y espesor de las barras constantes





A (1:1)





DOCUMENTO IV:
PLIEGO DE CONDICIONES

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO IV: Pliego de condiciones

02/11/2023

ÍNDICE

1. DISPOSICIONES GENERALES	1
1.1. Objetivo	1
1.2. Alcance del pliego de condiciones	1
2. CONDICIONES TÉCNICAS.....	2
2.1. Especificaciones generales	2
2.2. Materiales y componentes.....	2
3. CONDICIONES LEGALES	3
4. CONDICIONES ECONÓMICAS	3

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO IV: Pliego de condiciones

02/11/2023

1. DISPOSICIONES GENERALES

1.1. OBJETIVO

Durante este proyecto se ha realizado el estudio y diseño de una silla de ruedas manual, autopropulsable y elevable mediante un sistema mecánico de tijera. El objetivo de este producto es favorecer la independencia de los usuarios así como mejorar las interacciones sociales. Por otra parte, se ha buscado que la silla de ruedas sea accesible económicamente, ya que los productos competidores poseen un precio considerablemente elevado, que no todo el mundo se puede permitir.

Por otra parte, resulta de vital importancia la funcionalidad y seguridad del producto. Por tanto en algunos estudios, como la elección del material de la silla, se ha sacrificado el aspecto económico.

1.2. ALCANCE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

El Pliego de Condiciones se reconoce como un documento fundamental en la redacción de un proyecto técnico, estableciendo unos requisitos técnicos, legales y económicos mínimos que se deben cumplir durante su ejecución.

En este documento se detallan los materiales necesarios para la fabricación final del producto. Por otra parte, se establecen claramente los derechos y responsabilidades de las partes involucradas: la entidad responsable de la creación del producto y el futuro usuario. También se especifican las condiciones económicas del proyecto, indicando los parámetros que se han tenido en cuenta para la realización del presupuesto.

Además, este proyecto está conformado por seis documentos:

- Documento I: Memoria.
- Documento II: Anexos.
- Documento III: Planos.
- Documento IV: Pliego de Condiciones.
- Documento V: Mediciones.
- Documento VI: Presupuesto.

El orden de prioridad establecido entre los documentos del proyecto es el siguiente:

1. Planos
2. Pliego de condiciones
3. Presupuesto
4. Memoria

2. CONDICIONES TÉCNICAS

Durante este Pliego de Condiciones técnicas se presentan las características técnicas y funcionales de la silla de ruedas objeto de estudio de este proyecto, para garantizar la calidad y seguridad del producto final.

2.1. ESPECIFICACIONES GENERALES

Las dimensiones máximas de la silla de ruedas deben cumplir la norma *UNE 111915:1991, Sillas de ruedas. Dimensiones totales máximas*, y son las siguientes:

- Ancho total: 67,85 cm.
- Longitud total: 97,35 cm.
- Alto total: 89 cm.

El mecanismo de elevación permite incrementar la altura del asiento en 26 cm, quedando el asiento a una altura total de 76 cm sobre el nivel del suelo. Además, para evitar posibles accidentes, la silla de ruedas cuenta con un mecanismo de seguridad para que el asiento no se pueda elevar si las ruedas no están frenadas.

Por otra parte, el peso total del conjunto es de 17,671 kg y permite una carga máxima de 110 kg.

2.2. MATERIALES Y COMPONENTES

El chasis y el mecanismo de elevación se han diseñado de Aluminio 6061-T6, ya que se necesita un material ligero y estable para la estructura de la silla de ruedas. Cabe destacar que el conjunto husillo-tuerca del mecanismo de elevación son de acero y bronce respectivamente. También los tornillos, tuercas y arandelas son de acero para asegurar las uniones, y los cojinetes de cobre. Además de estos materiales, se encuentran componentes de nylon, polipropileno, espuma y caucho.

La silla de ruedas incluye todos los accesorios necesarios para el uso del producto salvo el cojín. El público objetivo al que va dirigido el producto necesita un cojín antiescaras para evitar la aparición de úlceras por presión. Este elemento no se incluye con la silla, ya que cada usuario puede tener una clínica diferente y por tanto necesitará un cojín antiescaras de distintas prestaciones. Además, la silla de ruedas está diseñada para cubrir la característica innovadora de la elevación del asiento pero no pretende ser una silla única de uso diario. Por tanto, es probable que el usuario disponga previamente de un cojín antiescaras que pueda utilizar con este producto, disminuyendo el coste final de compra de esta silla de ruedas. Otros componentes como el respaldo y la banda reposapiernas están incluidas en la silla pero existe la opción de adquirir otro modelo si el usuario lo prefiere. Además, se ha diseñado con medidas comunes en sillas de ruedas por lo que algunos componentes pueden ser intercambiables, facilitando la búsqueda de piezas de repuesto si fuese necesario.

3. CONDICIONES LEGALES

Las normas aplicadas a sillas de ruedas y que por tanto se han tenido en cuenta para la realización de este proyecto son las siguientes:

UNE 111914-11:1999, Sillas de ruedas. Parte 11: Maniqués de ensayo.

UNE 111915:1991, Sillas de ruedas. Dimensiones totales máximas.

UNE-EN 12183:2014, Sillas de ruedas de propulsión manual. Requisitos y métodos de ensayo.

Se debe tener en cuenta en el caso de intercambiar componentes de la silla de ruedas que las dimensiones totales no superen las establecidas por la norma:

- Ancho total: entre 50 y 70 cm.
- Longitud total: 120 cm.
- Alto total: entre 89 y 105 cm.
- Altura del respaldo: entre 30 y 50 cm.
- Profundidad del asiento: entre 40 y 50 cm.
- Ancho del asiento: entre 35 y 50 cm.
- Altura del reposabrazos: entre 20 y 30 cm.
- Altura del reposapiés: entre 30 y 50 cm.

Además, antes de que este producto salga al mercado se debe realizar un prototipo que cumpla con todas las normas de seguridad y estabilidad, aprobando los ensayos realizados con los maniqués.

4. CONDICIONES ECONÓMICAS

El presupuesto se encuentra en el documento V del proyecto. En él se especifican cada uno de los costes derivados de compras de elementos externos, fabricación y mano de obra.

Al coste de fabricación de este producto se añaden los costes generales, que representan el 10% del total, y el margen de beneficio industrial, que equivale al 6%. Sobre la suma parcial resultante de estos componentes, se aplica un Impuesto al Valor Agregado (IVA) del 21%.

El precio final de la silla de ruedas elevable y autopropulsable es de 1056,89 €.

Tal y como se ha indicado anteriormente, este producto se ha diseñado teniendo en cuenta medidas utilizadas por otros modelos de sillas de ruedas del mercado para encontrar accesorios compatibles. El precio de la silla de ruedas incluye todos los elementos necesarios para su correcta utilización, sin incluir el cojín. El resto de los accesorios se deben adquirir de manera independiente.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO IV: Pliego de condiciones

02/11/2023

Firmado:

Rosa María Rodríguez Carmona

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'R' followed by a circle and a horizontal line, with some additional scribbles below.

DOCUMENTO V:
MEDICIONES

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO V: Mediciones

02/11/2023

ÍNDICE

1.	MATERIALES PARA FABRICACIÓN	1
2.	COMPONENTES DE COMPRA EXTERNA.....	2

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO V: Mediciones

02/11/2023

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO V: Mediciones

02/11/2023

1. MATERIALES PARA FABRICACIÓN

A continuación, en la Tabla 1, se indica la cantidad de material necesario para la fabricación de cada uno de los componentes.

Tabla 1: *Materiales para fabricación* (Elaboración propia).

Identificador	Material	Descripción	Cantidad (kg)
C.1.1	Aluminio 6061-T6	TOTAL	8,2
C.1.1.1	Aluminio 6061-T6	Chasis inferior	1,4
C.1.1.2	Aluminio 6061-T6	Chasis superior	2,1
C.1.1.3	Aluminio 6061-T6	Mecanismo de elevación	4,5
C.1.1.4	Aluminio 6061-T6	Barra rueda antivuelco der	0,1
C.1.1.5	Aluminio 6061-T6	Barra rueda antivuelco izq	0,1
C.1.2	Polipropileno	TOTAL	2,2
C.1.2.1	Polipropileno	Rueda antivuelco der	0,4
C.1.2.2	Polipropileno	Rueda antivuelco izq	0,4
C.1.2.3	Polipropileno	Reposabrazos derecho	0,3
C.1.2.4	Polipropileno	Reposabrazos izquierdo	0,3
C.1.2.5	Polipropileno	Mango del freno der	0,4
C.1.2.6	Polipropileno	Mango del freno izq	0,4

2. COMPONENTES DE COMPRA EXTERNA

A continuación, en la Tabla 2, se indican los componentes que se adquieren a empresas externas.

Tabla 2: Componentes de compra externa (Elaboración propia).

Identificador	Descripción	Unidades
C.2.1	Conjunto ruedas delanteras	2
C.2.2	Conjunto ruedas traseras	2
C.2.3	Par de reposapiés	1
C.2.4	Par de frenos	1
C.2.5	Respaldo	1
C.2.6	Banda reposapiernas	1
C.2.7	Par de mangos de empuje	1
C.2.8	Horquilla rueda delantera	2
C.2.9	Tornillo M12 x 100	2
C.2.10	Tornillo M12 x 80	2
C.2.11	Tornillo M12 x 20	6
C.2.12	Tornillo M8 x 70	2
C.2.13	Tornillo M5 x 13	4
C.2.14	Tornillo M5 x 40	10
C.2.15	Tuerca hexagonal M12	13
C.2.16	Tuerca hexagonal M8	2
C.2.17	Tuerca hexagonal M5	14
C.2.18	Arandela M12	2
C.2.19	Arandela M8	4
C.2.20	Cojinete 0150-21	1
C.2.21	Cojinete 0120-18	8
C.2.22	Cojinete 0080-16	2
C.2.23	Barra acero	1
C.2.24	TR20x4	1

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO V: Mediciones

02/11/2023

Firmado:

Rosa María Rodríguez Carmona

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'R' followed by a circle and a horizontal line, with some additional scribbles below.

DOCUMENTO VI:
PRESUPUESTO

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO VI: Presupuesto

02/11/2023

ÍNDICE

1.	PRECIOS UNITARIOS	1
1.1.	Precio unitario de materiales para fabricación	1
1.2.	Precio unitario de componentes de compra externa	1
1.3.	Precio unitario de fabricación	2
1.4.	Precio unitario de mano de obra.....	4
2.	PRESUPUESTOS PARCIALES.....	5
2.1.	Presupuestos parciales de materiales para fabricación	5
2.2.	Presupuestos parciales de componentes de compra externa.....	5
2.3.	Presupuestos parciales de fabricación	6
2.4.	Presupuesto parcial de mano de obra	7
3.	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN	8
4.	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA.....	9

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO VI: Presupuesto

02/11/2023

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO VI: Presupuesto

02/11/2023

1. PRECIOS UNITARIOS

Para empezar se va a calcular el coste unitario de cada uno de los componentes de la silla de ruedas. Con este objetivo, se divide este apartado en materiales para fabricación, componentes de compra a empresas externas, coste de fabricación y precio derivado de la mano de obra.

1.1. PRECIO UNITARIO DE MATERIALES PARA FABRICACIÓN

Tabla 1: Precio unitario de materiales para fabricación (Elaboración propia).

ID	Material	Cantidad (kg)	Precio unitario (cifra)	Precio unitario (letra)
C.1.1	Aluminio 6061-T6	1	26,88 €	Veintiséis euros con ochenta y ocho céntimos
C.1.2	Polipropileno	1	27,99 €	Veintisiete euros con noventa y nueve céntimos

1.2. PRECIO UNITARIO DE COMPONENTES DE COMPRA EXTERNA

Tabla 2: Precio unitario de componentes de compra externa (Elaboración propia).

ID	Descripción	Unidades	Precio unitario (cifra)	Precio unitario (letra)
C.2.1	Conjunto ruedas delanteras	Item	21,55 €	Veintiún euros con cincuenta y cinco céntimos
C.2.2	Conjunto ruedas traseras	Item	58,00 €	Cincuenta y ocho euros
C.2.3	Par de reposapiés	Item	19,39 €	Diecinueve euros con treinta y nueve céntimos
C.2.4	Par de frenos	Item	19,89 €	Diecinueve euros con ochenta y nueve céntimos
C.2.5	Respaldo	Item	20,63 €	Veinte euros con sesenta y tres céntimos

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO VI: Presupuesto

02/11/2023

C.2.6	Banda reposapiernas	Item	11,99 €	Once euros con noventa y nueve céntimos
C.2.7	Par de mangos de empuje	Item	3,99 €	Tres euros con noventa y nueve céntimos
C.2.8	Horquilla rueda delantera	Item	20,78 €	Veinte euros con setenta y ocho céntimos
C.2.9	Tornillo M12 x 100	Item	5,00 €	Cinco euros
C.2.10	Tornillo M12 x 80	Item	4,50 €	Cuatro euros con cincuenta céntimos
C.2.11	Tornillo M12 x 20	Item	1,80 €	Un euro con ochenta céntimos
C.2.12	Tornillo M8 x 70	Item	1,10 €	Un euro con diez céntimos
C.2.13	Tornillo M5 x 13	Item	0,70 €	Setenta céntimos
C.2.14	Tornillo M5 x 40	Item	0,85 €	Ochenta y cinco céntimos
C.2.15	Tuerca hexagonal M12	Item	1,01 €	Un euro con un céntimo
C.2.16	Tuerca hexagonal M8	Item	0,74 €	Setenta y cuatro céntimos
C.2.17	Tuerca hexagonal M5	Item	0,62 €	Sesenta y dos céntimos
C.2.18	Arandela M12	Item	0,07 €	Siete céntimos
C.2.19	Arandela M8	Item	0,11 €	Once céntimos
C.2.20	Cojinete 0150-21	Item	4,83 €	Cuatro euros con ochenta y tres céntimos
C.2.21	Cojinete 0120-18	Item	3,66 €	Tres euros con sesenta y seis céntimos
C.2.22	Cojinete 0080-16	Item	2,33 €	Dos euros con treinta y tres céntimos
C.2.23	Barra de acero	Item	41,00 €	Cuarenta y un euros
C.2.24	TR20x4	Item	36,30 €	Treinta y seis euros con treinta céntimos

1.3. PRECIO UNITARIO DE FABRICACIÓN

Para tener en cuenta el coste de los procesos de fabricación en el presupuesto de la silla de ruedas, se estima el coste de alquilar las máquinas-herramienta y equipos necesarios para llevarlo a cabo. Además, se impone un precio de producción en función del tiempo para cada proceso de fabricación. Se tiene también en cuenta el precio de la luz actualmente.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO VI: Presupuesto

02/11/2023

Las máquinas herramienta necesarias para la fabricación se han indicado en el apartado *Procesos de fabricación del Documento I: Memoria*. El precio de alquiler de los equipos, teniendo en cuenta transporte, queda:

- Prensa de extrusión: 1,20 €/h.
- Máquina de corte por plasma: 1,51 €/h.
- Laminadora en frío: 1,04 €/h.
- Equipo de soldadura TIG: 0,81 €/h.
- Taladradora: 0,48 €/h.
- Fresadora: 0,28 €/h.
- Torno: 0,42 €/h.
- Máquina de moldeo por inyección de plástico: 0,95 €/h.

Por tanto, el precio total de alquiler de maquinaria por hora es de: 6,69 €/h, lo que se traduce en 160,56€ al día. Sin embargo, no se fabrica únicamente una silla de ruedas al día. Se estima una producción de 100 productos diarios, por lo que el precio del alquiler de maquinaria para una sola silla de ruedas sería **0,07€**.

Por otra parte, el precio de la luz a día 22 de octubre de 2023 es de 0.1294 €/kWh. Teniendo en cuenta el coste de los procesos de fabricación, así como la electricidad que consume cada equipo, se estima un precio unitario del proceso.

Tabla 3: Precio unitario de los procesos de fabricación (Elaboración propia).

ID	Máquina herramienta	Unidades	Precio unitario del proceso (cifra)	Precio unitario del proceso (letra)
C.3.1	Prensa de extrusión	Item	1,13 €/h	Un euro con trece céntimos/hora
C.3.2	Máquina de corte por plasma	Item	1,42 €/h	Un euro con cuarenta y dos céntimos/hora
C.3.3	Laminadora en frío	Item	0,98 €/h	Noventa y ocho céntimos/hora
C.3.4	Equipo de soldadura TIG	Item	0,78 €/h	Setenta y ocho céntimos/hora
C.3.5	Taladradora	Item	0,60 €/h	Sesenta céntimos/hora
C.3.6	Fresadora	Item	1,25 €/h	Un euro con veinticinco céntimos/hora
C.3.7	Torno	Item	1,14 €/h	Un euro con catorce céntimos/hora
C.3.8	Moldeo por inyección de plástico	Item	1,32 €/h	Un euro con treinta y dos céntimos/hora

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO VI: Presupuesto

02/11/2023

1.4. PRECIO UNITARIO DE MANO DE OBRA

Para estimar el precio unitario de la mano de obra se ha tenido en cuenta el sueldo medio de un ingeniero (15,38 €/h) y el número de trabajadores en función del número de procesos de fabricación.

Tabla 4: Precio unitario de mano de obra (Elaboración propia).

ID	Descripción	Unidades	Precio unitario (cifra)	Precio unitario (letra)
C.4.1	Mano de obra	Item	123,04 €/h	Ciento veintitrés euros con cuatro céntimos/hora

2. PRESUPUESTOS PARCIALES

A continuación se calculan los presupuestos parciales de cada uno de los subapartados mencionados anteriormente.

2.1. PRESUPUESTOS PARCIALES DE MATERIALES PARA FABRICACIÓN

Tabla 5: Presupuestos parciales de materiales para fabricación (Elaboración propia).

ID	Material	Cantidad (kg)	Precio unitario (cifra)	Precio total (cifra)
C.1.1	Aluminio 6061-T6	8,2	26,88 €	220,42 €
C.1.2	Polipropileno	2,2	27,99 €	61,58 €
				282,00 €

2.2. PRESUPUESTOS PARCIALES DE COMPONENTES DE COMPRA EXTERNA

Tabla 6: Presupuestos parciales de componentes de compra externa (Elaboración propia).

ID	Descripción	Unidades	Precio unitario (cifra)	Precio total (cifra)
C.2.1	Conjunto ruedas delanteras	2	21,55 €	43,10 €
C.2.2	Conjunto ruedas traseras	2	58,00 €	116,00 €
C.2.3	Par de reposapiés	1	19,39 €	19,39 €
C.2.4	Par de frenos	1	19,89 €	19,89 €
C.2.5	Respaldo	1	20,63 €	20,63 €
C.2.6	Banda reposapiernas	1	11,99 €	11,99 €
C.2.7	Par de mangos de empuje	1	3,99 €	3,99 €
C.2.8	Horquilla rueda delantera	2	20,78 €	41,56 €

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO VI: Presupuesto

02/11/2023

C.2.9	Tornillo M12 x 100	2	5,00 €	10,00 €
C.2.10	Tornillo M12 x 80	2	4,50 €	9,00 €
C.2.11	Tornillo M12 x 20	6	1,80 €	10,80 €
C.2.12	Tornillo M8 x 70	2	1,10 €	2,20 €
C.2.13	Tornillo M5 x 13	4	0,70 €	2,80 €
C.2.14	Tornillo M5 x 40	10	0,85 €	8,5 €
C.2.15	Tuerca hexagonal M12	13	1,01 €	13,13 €
C.2.16	Tuerca hexagonal M8	2	0,74 €	1,48 €
C.2.17	Tuerca hexagonal M5	14	0,62 €	8,68 €
C.2.18	Arandela M12	2	0,07 €	0,14 €
C.2.19	Arandela M8	4	0,11 €	0,44 €
C.2.20	Cojinete 0150-21	1	4,83 €	4,83 €
C.2.21	Cojinete 0120-18	8	3,66 €	29,28 €
C.2.22	Cojinete 0080-16	2	2,33 €	4,66 €
C.2.23	Barra de acero	1	41,00 €	41,00 €
C.2.24	TR20x4	1	36,30 €	36,30 €
				459,79 €

2.3. PRESUPUESTOS PARCIALES DE FABRICACIÓN

En la siguiente tabla se estima el tiempo que tardará en completarse cada uno de los procesos de fabricación para una única silla de ruedas.

Tabla 7: Presupuestos parciales de los procesos de fabricación (Elaboración propia).

ID	Máquina herramienta	Unidades	Precio unitario del proceso (cifra)	Precio total del proceso (cifra)
C.3.1	Prensa de extrusión	0,17 h	1,13 €/h	0,19 €

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO VI: Presupuesto

02/11/2023

C.3.2	Máquina de corte por plasma	0,05 h	1,42 €/h	0,07 €
C.3.3	Laminadora en frío	0,17 h	0,98 €/h	0,17 €
C.3.4	Equipo de soldadura TIG	0,5 h	0,78 €/h	0,39 €
C.3.5	Taladradora	0,05 h	0,60 €/h	0,03 €
C.3.6	Fresadora	0,17 h	1,25 €/h	0,21 €
C.3.7	Torno	0,17 h	1,14 €/h	0,19 €
C.3.8	Moldeo por inyección de plástico	0,02 h	1,32 €/h	0,03 €
				1,28 €

2.4. PRESUPUESTO PARCIAL DE MANO DE OBRA

Tabla 8: Presupuesto parcial de mano de obra (Elaboración propia).

ID	Descripción	Unidades	Precio unitario (cifra)	Precio total (cifra)
C.4.1	Mano de obra	8 h	123,04 €/h	984,32 €

3. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN

En este apartado se calcula el presupuesto de ejecución material o coste de fabricación del producto, teniendo en cuenta los valores calculados de costes por adquisición de elementos externos, materiales, procesos de fabricación y mano de obra.

Además, se debe tener en cuenta que el coste calculado de la mano de obra hace referencia a las ocho horas de trabajo diarias de las personas que se ocupan de los procesos de fabricación. Además, se ha estimado que en un día de trabajo se producen 100 unidades de sillas de ruedas, por lo que para calcular el coste de una silla de ruedas se divide el valor de la mano de obra entre el número de unidades.

Por otra parte a los presupuestos parciales de la ejecución de los procesos de fabricación se añade el coste calculado de alquiler de maquinaria.

Tabla 9: *Presupuesto de ejecución* (Elaboración propia).

Presupuestos parciales	Coste total (cifra)
Materiales para fabricación	282,00 €
Componentes de compra externa	459,79 €
Fabricación	1,35 €
Mano de obra	9,84 €
	752,98 €

Se obtiene un Presupuesto de Ejecución de 752,98 € (Setecientos cincuenta y dos euros con noventa y ocho céntimos).

4. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

Finalmente, se calcula el precio de venta del producto teniendo en cuenta los gastos generales, el beneficio industrial y el IVA (Impuesto al Valor Agregado).

Presupuesto de ejecución	752,98 €
Gastos generales (10%)	75,30 €
Beneficio industrial (6%)	45,18 €
Total parcial	873,46 €
IVA (21%)	183,43 €
	1056,89 €

El Presupuesto asciende a **MIL CINCUENTA Y SEIS EUROS con OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.**

A 22 de octubre de 2023.

Estudio y diseño de una silla de ruedas elevable y autopropulsable

DOCUMENTO VI: Presupuesto

02/11/2023

Firmado:

Rosa María Rodríguez Carmona

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'R' followed by a circle and a horizontal line, with some additional scribbles below.