



Universidad de
Oviedo



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

ÁREA DE DISEÑO Y FABRICACIÓN

DISEÑO DE SILLA DE RUEDAS CON MECANISMO DE ASISTENCIA A LA BIPEDESTACIÓN

D. LABANDA MÉNDEZ, Adrián
TUTOR: D. JESÚS ÁNGEL PÉREZ FERNÁNDEZ

FECHA: JULIO 2023

ÍNDICE

ÍNDICE	1
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1.- MOTIVACIÓN	4
1.2.- OBJETIVOS Y ALCANCE.....	4
2. ESTADO DEL ARTE.	6
2.1.- ANTECEDENTES.....	6
2.1.1.- <i>Definición de discapacidad</i>	6
2.1.2.- <i>Clasificación de la discapacidad de acuerdo con la OMS</i>	6
2.1.3.- <i>Discapacidad en España</i>	7
2.1.4.- <i>Entorno físico</i>	9
2.1.5.- <i>Accesibilidad</i>	10
2.1.6.- <i>La silla de ruedas</i>	11
2.1.6.1.- Tipos de sillas de ruedas	12
2.1.6.2.- Silla de ruedas de bipedestación	16
2.1.6.3.- Componentes básicos de una silla de ruedas	19
2.1.7.- <i>Normativa</i>	23
2.2.- CONSIDERACIONES BIOMECÁNICAS	23
2.2.1.- <i>Influencias en el proceso de propulsión</i>	24
2.2.2.- <i>Postura en la silla de ruedas</i>	26
2.2.3.- <i>Elementos que afectan a la movilidad</i>	28
2.3.- REQUERIMIENTOS DE LA SILLA DE RUEDAS	29
2.3.1.- <i>Seguridad</i>	29
2.3.2.- <i>Costo</i>	30
2.3.3.- <i>Mecanismo de accionamiento a posición bípeda</i>	31
2.4.- FUNCIONES DE LA SILLA DE RUEDAS.....	31
2.4.1.- <i>Entradas</i>	31
2.4.2.- <i>Actividades del sistema</i>	32
2.4.3.- <i>Salidas</i>	32
3. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO.....	34
3.1.- PÚBLICO OBJETIVO	34

3.2.-	DIMENSIONES BÁSICAS DE LA SILLA DE RUEDAS	34
3.3.-	MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS	35
3.4.-	DIMENSIONES DE LA SILLA	36
3.4.1.-	<i>Amplitud del asiento</i>	36
3.4.2.-	<i>Profundidad asiento</i>	36
3.4.3.-	<i>Elevación del asiento</i>	36
3.4.4.-	<i>Elevación del reposabrazos</i>	37
3.4.5.-	<i>Longitud entre los reposabrazos</i>	37
3.4.6.-	<i>Elevación del respaldo</i>	37
3.4.7.-	<i>Amplitud del respaldo</i>	37
3.5.-	SELECCIÓN DE MATERIAL Y COMPONENTES	38
3.5.1.-	<i>Chasis</i>	39
3.5.2.-	<i>Material</i>	40
3.5.3.-	<i>Asiento</i>	41
3.6.-	CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD	41
3.7.-	DISEÑO DEL MECANISMO BIPEDESTADOR	43
3.8.-	DISEÑO DE DETALLE.....	45
3.8.1.-	<i>Dimensionamiento del chasis</i>	46
3.8.2.-	<i>Dimensionamiento de la estructura del asiento</i>	47
3.8.3.-	<i>Dimensionamiento de la estructura del respaldo</i>	48
3.8.3.1.-	<i>Diseño de las sujeciones del asiento y respaldo</i>	49
3.8.4.-	<i>Dimensionamiento de las ruedas traseras</i>	50
3.8.5.-	<i>Dimensionamiento de las ruedas delanteras</i>	50
3.9.-	SELECCIÓN DEL ACTUADOR	51
3.10.-	SELECCIÓN DE LA BATERÍA.....	56
3.10.1.-	<i>Diseño carcasa de batería</i>	56
3.11.-	CONTROLADOR	58
3.12.-	FRENOS	58
3.13.-	RODAMIENTOS.....	60
3.13.1.-	<i>Rodamientos ruedas delanteras</i>	61
3.13.2.-	<i>Rodamiento ruedas traseras</i>	61
3.14.-	TOPES	63
3.14.1.-	<i>Topes limitadores frontales</i>	63
3.14.2.-	<i>Topes guía</i>	64
3.14.3.-	<i>Topes de reposo</i>	65
3.14.4.-	<i>Topes de seguridad</i>	66
3.15.-	ELEMENTOS DE SUJECIÓN	67

4.	ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN	68
4.1.-	ANÁLISIS DEL CHASIS	68
4.2.-	ANÁLISIS DEL RESPALDO.....	72
4.3.-	ANÁLISIS DEL EJE DE UNIÓN DE RUEDA Y CHASIS	73
5.	PRESUPUESTO.....	76
5.1.-	COSTO DE MATERIALES.....	76
5.2.-	COSTO DE MONTAJE	78
5.3.-	COSTO TOTAL	79
6.	CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.....	80
6.1.-	CONCLUSIONES.....	80
6.2.-	LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.....	81
7.	BIBLIOGRAFÍA	82
8.	ANEXO	84
8.1.-	PLANOS.....	84

1. Introducción.

1.1.- Motivación

Existe un sector de la población que requiere el uso de silla de ruedas para desplazarse, pero presenta dificultades físicas significativas para incorporarse. Con el objetivo de aliviar esta tarea, el presente TFG se enfocará en el diseño de una silla de ruedas con un mecanismo incorporado que ayude a realizar esta acción, minimizando el esfuerzo físico necesario de los usuarios para llevar a cabo esta tarea.

1.2.- Objetivos y alcance

El principal objetivo del presente proyecto es implementar la función de asistencia a la bipedestación en una silla de ruedas consiguiendo de esta manera mejorar la calidad de vida de las personas que sufren de dificultades físicas para realizar la incorporación desde una posición sedente a bípeda.

Esta función añadida a la silla de ruedas ayudará a estas personas en su actividad diaria, permitiéndoles desplazarse a cualquier lugar y, una vez allí, adquirir una posición erguida sin realizar un gran esfuerzo para realizar acciones cotidianas que requieran esta posición. El propósito es proporcionar a los usuarios cierto grado de independencia al eliminar la necesidad de ayuda de otra persona para ponerse de pie.

Además, esta función proporcionará beneficios adicionales. En particular, al permitir a los usuarios mantenerse en posición bípeda durante más tiempo gracias al mecanismo de elevación, se facilitará la circulación sanguínea en los extremos distales. Esto ayudará a evitar perturbaciones óseas y úlceras causadas por la presión ejercida en largos periodos de inmovilidad.

Este proyecto está destinado a las personas que pueden moverse por sí mismas, pero con dificultades para realizar trayectos largos, por lo que se diseña una silla de ruedas

con un mecanismo de elevación que sirva como ayuda para adquirir una posición erguida, les brinde apoyo al sentarse y les permita volver a obtener una posición bípeda de nuevo.

2. Estado del arte.

2.1.- Antecedentes

2.1.1.-Definición de discapacidad

Para la Organización Mundial de la Salud (OMS), se entiende como discapacidad a aquella restricción o impedimento de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para el ser humano (itpcd, s.f.). La discapacidad se caracteriza por alteraciones en el desempeño de una actividad rutinaria normal, los cuales pueden ser temporales o permanentes, reversibles o surgir como consecuencia directa de la discapacidad o como una respuesta del propio individuo, sobre todo la psicológica, a deficiencias físicas, sensoriales o de otro tipo.

La discapacidad es un término general que abarca las deficiencias, las restricciones de la participación y las limitaciones de la actividad. Las deficiencias son problemas que afectan a una estructura o función corporal; las restricciones de la participación son problemas para participar en situaciones vitales y las limitaciones de la actividad son dificultades para ejecutar acciones o tareas.

Con estas definiciones se resume que, la discapacidad, es toda limitación en la actividad diaria de la persona y restricción en la participación en la sociedad, que se origina en una deficiencia y que afecta a una persona de forma permanente.

2.1.2.-Clasificación de la discapacidad de acuerdo con la OMS

- Discapacidad física:

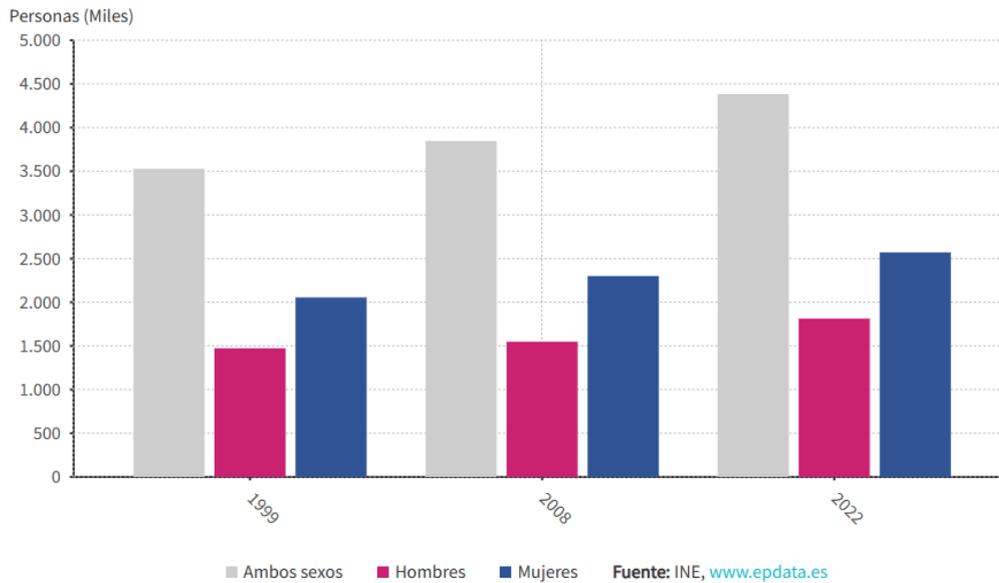
Es la clasificación que cuenta con las alteraciones más frecuentes como secuelas de lesión medular (parapléjico o cuadripléjico), poliomielitis y amputaciones.

- **Discapacidad sensorial:**
Comprende a las personas con deficiencias auditivas y visuales y a quienes presentan problemas en la comunicación lenguaje.
- **Discapacidad intelectual:**
Se caracteriza por una disminución de las funciones mentales. Considera la enfermedad mental o psicosocial y varios tipos de enfermedad crónica.
- **Discapacidad psíquica:**
Se presenta en personas que sufren trastornos cerebrales y alteraciones neurológicas.

2.1.3.-Discapacidad en España

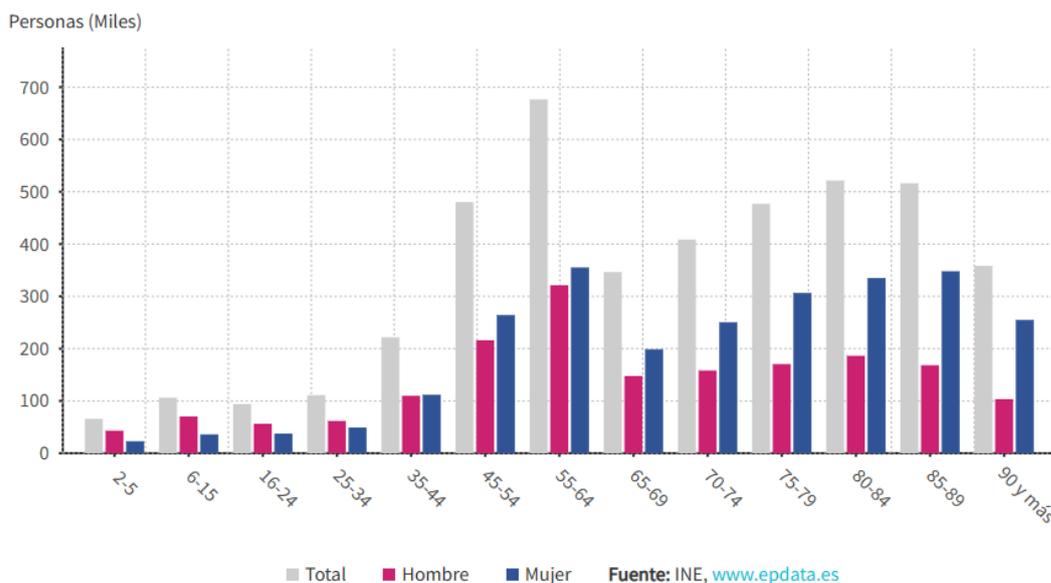
La OMS estima que mil millones de personas en todo el mundo necesitan al menos un producto de asistencia, pero solo una de cada 10 personas tiene acceso a ellos debido a los altos precios, la falta de concienciación y la escasez de personal capacitado. Por ejemplo, 75 millones de personas necesitan una silla de ruedas en la actualidad, pero solo entre el 5 y el 15 por ciento de ellas tienen acceso a una.

En España, actualmente, hay más de 4,3 millones de hombres y mujeres con algún tipo de discapacidad. Así lo revelan las cifras del Instituto Nacional de Estadística (INE) en la encuesta realizada en el año 2020 ‘Discapacidad, Autonomía Personal y situaciones de Dependencia’, publicada en 2022. (Epdata, www.epdata.es, 2022)



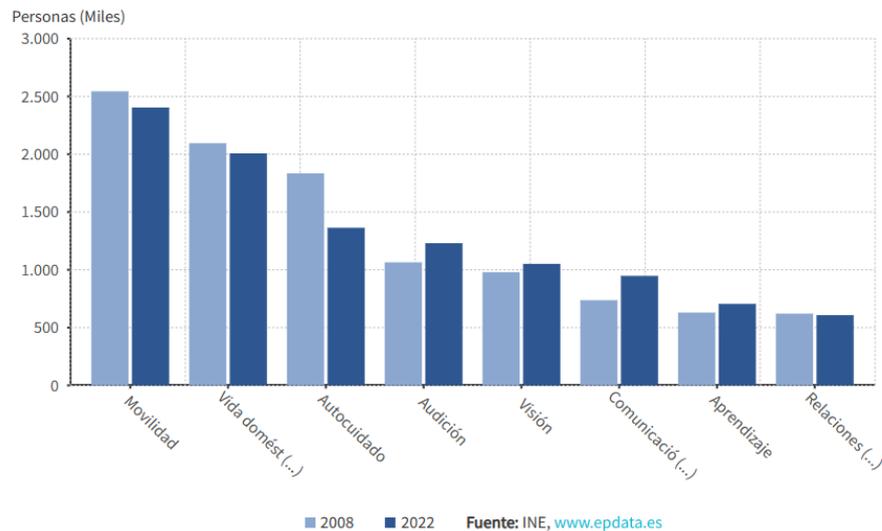
Gráfica 2.1 Número de personas con discapacidad en España

Los datos de la encuesta publicada en 2008 señalaron que, respecto a 1999, el número de personas con discapacidad aumentó en 320.000. No obstante, dado que el crecimiento de las personas con discapacidad fue menor que el del total de la población, la tasa de discapacidad registró una disminución. Sin embargo, en la encuesta de 2022 se reflejó un aumento del 11,8% entre los hombres y un 5,4% más entre las mujeres.



Gráfica 2.2. Personas con discapacidad por grupo de edad en España año 2022

Los principales grupos de discapacidad de las personas de seis y más años residentes en hogares eran los de movilidad, autocuidado y vida doméstica.



Gráfica 2.3. Población con discapacidad según grupo de discapacidad en España

2.1.4.-Entorno físico

El entorno físico hace referencia a cualquier ambiente construido por el hombre, en el que todas las personas, incluidas aquellas con discapacidad, deben tener las facilidades necesarias para poder desarrollar las actividades previstas para estos espacios en condiciones de autonomía, comodidad y seguridad.

Hay que tener en consideración las normas que fijan las condiciones para hacer que las edificaciones y el mobiliario urbano, los espacios públicos y las edificaciones sean accesibles y cumplan con las características necesarias para el desplazamiento y el acceso adecuado para las personas con discapacidad. Es decir, todas las personas, tengan o no discapacidad, deben poder llegar a todos los lugares y edificios que deseen, donde se ofrezca cualquier tipo de servicio, sin realizar esfuerzos adicionales, hacer uso de las instalaciones que se presten y en caso de que sea necesario, poder ser evacuados en condiciones de seguridad.

2.1.5.-Accesibilidad

La accesibilidad se entiende en base a tres formas fundamentales de la actividad humana: movilidad, comunicación y comprensión, y las dificultades que se presentan para la realización de estas actividades generan las conocidas barreras:

- Barreras urbanísticas: se encuentran en los espacios públicos, incluyendo la ubicación del mobiliario urbano.
- Barreras arquitectónicas: se presentan en la dificultad o impedimento del acceso a cualquier infraestructura.
- Barreras en el transporte: son las que impiden o dificultan el acceso a las unidades de transportes de todo tipo.
- Barreras en las comunicaciones: son las que afectan a la comprensión y captación de los mensajes visuales, verbales o por medios técnicos.

La falta de accesibilidad de las personas con discapacidad es percibida solamente cuando esta obstaculiza o impide el desplazamiento de una persona en una infraestructura, lo que conlleva a la desigualdad, marginación y pérdida en la calidad de vida. (Sunrisemedical, 2021)

Es importante considerar las dimensiones de los espacios, teniendo en cuenta las condiciones necesarias para el desplazamiento y su utilización, cuando las personas requieren compensaciones biomecánicas o de otro tipo para su movilidad.

Las condiciones de acceso adecuado para una persona en silla de ruedas son:

- Ingresos: deberán cumplir con condiciones de accesibilidad mediante rampas con un ancho mínimo de 90 cm y una pendiente máxima de 14%, de acuerdo a la longitud de la pendiente. En caso de que no hubiera rampa, se ha de contar con algún medio mecánico.
- Puertas principales e interiores: para las puertas principales de un establecimiento público el ancho mínimo debe ser de 1,2 m y la altura mínima de 2,1 m. Los pomos

deben ser de tipo palanca y su altura desde el suelo debe ser como máximo de 1,2 m.

- Pasillos: para los pasillos simples y cortos el ancho mínimo debe ser de 1,2 m, pero para los pasillos dobles el ancho mínimo debe ser de 1,5 m, que permita el giro de una silla de ruedas.
- Ascensores: las dimensiones interiores mínimas para un uso público son de 1,5 m de ancho y 1,4 m de profundidad.
- Servicios higiénicos: las dimensiones mínimas interiores de un baño para el uso de una persona en silla de ruedas son de 1,5 m de ancho y 2,0 m de profundidad.
- Señalización: en todo lugar de uso público debe estar debidamente señalizado que el lugar es apto para una persona con discapacidad.

2.1.6.-La silla de ruedas

Las sillas de ruedas forman parte de las ayudas técnicas, es decir, de los dispositivos físicos de aplicación que posibilitan o mejoran la realización de actividades del aparato locomotor mermadas por discapacidades, deficiencias o minusvalías de tipo parcial o total.

El origen, así como el inventor de la primera silla de ruedas, son desconocidos. Fue cuando, en 1595 Felipe II, que padecía gota y artritis, encargó una silla de ruedas y se la conoció como “silla de un inválido”. Esa fue la primera silla de ruedas de la que se tiene constancia. En 1655, Stephen Farfler, un relojero parapléjico, construyó una silla autopropulsada sobre un chasis de tres ruedas. (karmamobility, 2020)

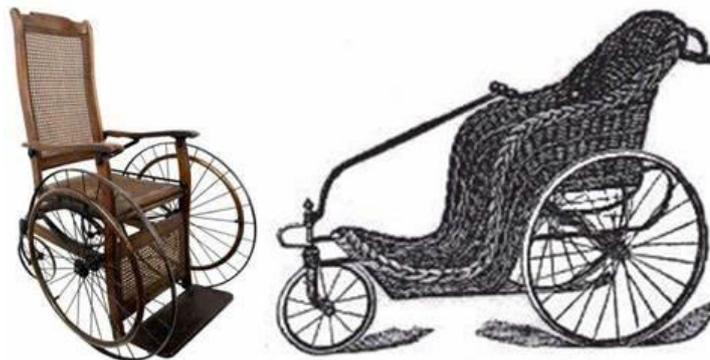


Figura 2.1. Primeras sillas de ruedas conocidas

2.1.6.1.- Tipos de sillas de ruedas

En la actualidad, hay una amplia variedad de sillas de ruedas disponibles en el mercado. Cada modelo está diseñado específicamente para satisfacer las necesidades individuales de los usuarios. Habitualmente se clasifican en sillas de ruedas manuales y sillas de ruedas eléctricas, pero, asimismo, dentro de estos tipos existen variantes. (dortomedical, s.f.)

- Sillas de ruedas manuales:

Son sin duda las más habituales y tradicionales. Sirven tanto para uso exterior como interior. Los materiales de fabricación de su estructura más comunes son el acero, el aluminio y el carbono.

Se trata de sillas configurables, podemos encontrar diferentes medidas de ancho de asiento, con respaldo abatible, con reposapiés elevables, plegables, con ruedas autopropulsables o rueda pequeña, etc.



Figura 2.2. Silla de ruedas manual

- Sillas de ruedas eléctricas:

Las sillas eléctricas ofrecen al usuario una amplia autonomía y mayor libertad de desplazamiento. La velocidad y la distancia recorrida dependen de la potencia del motor y la capacidad de la batería. Se pueden controlar fácilmente a

través de un dispositivo de control llamado "joystick", que suele ser intuitivo de usar. También es posible incluir un control adicional para el acompañante, en caso de que otra persona sea la encargada de manejar la silla. Estas sillas están disponibles en diferentes configuraciones de tracción: central, frontal o trasera.



Figura 2.3. Silla de ruedas eléctrica

- Sillas de ruedas de traslado:

Las sillas de ruedas de traslado, también llamadas de transferencia o transporte, suelen ser sillas ligeras y plegables utilizadas para el tránsito de pacientes y enfermos en un ámbito hospitalario. Son muy usadas en situaciones especiales de difícil movilidad, por lo que hace de ellas un tipo de sillas muy manejable y de peso muy reducido.



Figura 2.4. Silla de ruedas de traslado

- Sillas de ruedas basculantes y reclinables:

Las sillas de ruedas basculantes están ideadas para personas que deben pasar mucho tiempo sentados en ellas, estando preparadas para facilitar cambios de postura.

Su mecanismo hace que sean sillas reclinables a diferentes ángulos, para adaptarse totalmente a las necesidades del usuario.



Figura 2.5. Silla de ruedas basculante y reclinable

- Sillas de ruedas para deportes:

Las estructuras de este tipo de sillas de ruedas son muy ligeras, son sólidas (no se pliegan) y tienen una estabilidad mejorada para giros bruscos, consiguiendo esto con la posición de las ruedas en ángulo de caída negativo.



Figura 2.6. Silla de ruedas para deportes

- Sillas de ruedas de bipedestación:

Estas sillas de ruedas permiten ponerse de pie en la misma silla. Para que esto sea viable, cuentan con un sistema hidráulico que levanta y gira el asiento para sostener al usuario mientras está de pie. En este tipo de silla son necesarias medidas de sujeción, que tendrán que ser mayores cuanto menor se la movilidad del usuario.



Figura 2.7. Silla de ruedas de bipedestación

- Sillas de ruedas que suben escaleras:

Existen sillas de ruedas para las que los escalones no suponen ninguna limitación. No obstante, esta tecnología debe seguir evolucionando, pues hasta el momento es necesaria la ayuda de un tercero y suficiente fuerza como para agarrarse a un pasamanos adecuado.



Figura 2.8. Silla de ruedas que sube escaleras

2.1.6.2.-Silla de ruedas de bipedestación

Debido a que la silla diseñada en este proyecto se enmarca en el tipo de sillas de ruedas de bipedestación debido a que mantienen características en común, en este apartado se profundiza las cualidades que presentan.

Las sillas de ruedas bipedestadoras destacan por su capacidad de permitir al usuario ponerse de pie, desplazarse y llevar a cabo diversas actividades en posición bípeda, lo cual resulta extremadamente útil en la vida diaria de las personas con dificultades de movilidad (ortopediaplaza, s.f.). Sus beneficios son:

- Mejora de la función respiratoria y de la circulación sanguínea.
- Mejora de la función de los intestinos y la vejiga.

- Mejora en densidad ósea.
- Previenen de la aparición de úlceras por presión.
- Menos espasticidad, rigidez en los músculos y contracturas.
- Más independencia para el usuario.
- Transferencias más sencillas y seguras.
- Requieren de menos adaptaciones y apoyo en el entorno doméstico que las sillas de ruedas convencionales.

Estas clases de sillas de ruedas van dirigidas a personas que necesitan un 25% de ayuda, un 50% de ayuda o un 100% de ayuda.

- Asistencia mínima (25% de ayuda requerida):

El usuario puede realizar sus actividades básicas diarias, como traslados, desplazamientos y cuidado personal, con poca asistencia. Sin embargo, para lograr un mejor nivel de independencia y desempeño, se requiere de apoyo técnico o soporte adecuado.

- Asistencia moderada (50% de ayuda requerida):

El individuo necesita mayor cantidad de soporte y ayuda intermitente o limitada para desarrollar sus actividades de vida diaria, pero no requiere el apoyo permanente de un cuidador ni necesitan gran cantidad de ayuda para mantener la autonomía personal.

- Asistencia total (100% de ayuda requerida):

Personas que requieren asistencia constante para llevar a cabo diversas actividades básicas de la vida diaria, siendo indispensable y necesario contar con el apoyo continuo de una ayuda técnica o cuidador que los asista.

Dentro de las sillas de ruedas bipedestadoras manuales se pueden encontrar dos tipos en el mercado según su porcentaje de asistencia técnica: LAE y LCEV.

- LAE:

En estas sillas el usuario puede ponerse de pie simplemente usando los elevadores manuales (el sistema de gas de propulsión se ajusta al peso del paciente y a

cualquier posición en la que escoja parar). La silla LAE es una de las sillas bipedestadoras más ligeras del mercado con un peso de 16 kg.



Figura 2.9. Silla bipedestadora LAE (Movilidadsinlimites, www.movilidadsinlimites.com, 2014)

- 85° de bipedestación.
- Marco de aluminio, tamaño compacto y maniobrabilidad.
- Diferentes tamaños en ruedas delanteras y traseras y variedad de estilos.
- Sistema de elevación manual a gas para cualquier ángulo entre sentados y de pie.
- Sistema patentado de 6 puntos básicos de apoyo para mejorar seguridad y comodidad.
- Hasta 120 kg de carga.
- Sistema de desmontaje rápido en ruedas delanteras y traseras, y respaldo plegable para fácil transporte.
- Compatible con múltiples cojines y espaldares.

- LCEV:

Es la silla de ruedas manual de alto rendimiento con tecnología de bipedestación. Se trata de una activa y ágil silla de ruedas que consigue la bipedestación con la pulsación de un interruptor.



Figura 2.10. Silla bipedestadora LCEV (Movilidadsinlimites, www.movilidadsinlimites.com, 2014)

- Fácil de transportar, marco ligero de aluminio y tamaño compacto.
- Amplia gama de tamaños y estilos de las ruedas y cambers.
- Asistencia eléctrica de elevación que permite detener en cualquier ángulo de la posición de sentado a de pie.
- Accesorios para conseguir una silla personalizada.
- Sistema patentado de 6 puntos de estabilidad sobre el suelo que aseguran una bipedestación firme y segura.
- Llantas de extracción rápida y respaldo y ruedas delanteras plegables para un fácil transporte.
- Resistente: cumple con rigurosas pruebas de choque.

2.1.6.3.- Componentes básicos de una silla de ruedas

Entre los componentes principales que conforman una silla de ruedas se encuentran: el asiento, el respaldo, los reposapiés, los reposabrazos, las ruedas, los frenos, los reposacabezas...

Es habitual que los usuarios de sillas de ruedas las modifiquen para adaptarlas a sus necesidades personales, así como a sus propios gustos. (ortopediamimas, 2019)

- Chasis:

El armazón de una silla de ruedas puede ser de tipo rígido, es decir, fijo, o plegable. En una silla de ruedas con armazón rígido, se aprovecha aproximadamente el doble de la energía aplicada por el usuario para propulsarse, lo que representa entre el 15% y el 20% del impulso generado. En contraste, en una silla de ruedas plegable, el aprovechamiento de la energía es menor, aproximadamente entre el 5% y el 8% del impulso generado.

- Ruedas delanteras:

Presentan una variedad de tamaños y materiales, ya sean con cámara de aire o macizas. En general, las ruedas delanteras más pequeñas ofrecen mayor maniobrabilidad, siendo ideales para entornos interiores. Así, por ejemplo, las ruedas de 75 mm y 125 mm se recomiendan en sillas para deportes en pista y en sillas activas.

Las ruedas inferiores de 125 mm de diámetro son, generalmente, macizas, mientras que por encima de ese tamaño existe la opción de escoger entre macizo (poca amortiguación, sin mantenimiento) o cubierta y cámara de aire (mejor amortiguación, pero más mantenimiento por el hinchado y posibles pinchazos).

- Ruedas traseras:

La rueda trasera más habitual tiene un diámetro de 600 mm (24"). Se utilizan ruedas más pequeñas de 550 mm (22") o 500 mm (20") en sillas de niño o en sillas para personas con limitación del movimiento en los hombros o para hemipléjicos, para que puedan llegar al suelo y propulsarse con los pies.

- Llantas:

Las hay de tres tipos:

- Llantas de plástico: apenas requieren mantenimiento, pero tienden a ser más pesadas que las ruedas de radios.
- Llantas de radios de aluminio: resulta más ligera que la de plástico y reacciona mejor a las irregularidades del terreno. Los radios cruzados proporcionan una estructura más fuerte.

- Llantas de otros materiales: como la fibra de carbono, de alto precio y rendimiento con un peso muy reducido.

- Aros:

Este elemento se acopla directamente a la llanta de la rueda trasera, girando solidaria con ella. Es el elemento que el usuario manipula directamente para dar impulso a la silla de ruedas para conseguir que avance, retroceda, gire y/o pare.

Pueden ser de aluminio, acero, titanio o recubiertos de plástico. Además del material, existen aros con características especiales para facilitar el agarre por parte de personas con limitaciones en la movilidad de las manos, así como aros con formas ergonómicas y partes recubiertas de otros materiales para mejorar el agarre.

- Frenos:

- Frenos con zapata: son los más comunes y se montan en la parte superior de la silla de ruedas, anclándose al tubo ubicado debajo del asiento. Pueden ser de dos tipos, según se activen empujando hacia delante o tirando hacia atrás.
- Frenos de tijera: son más ligeros y se ocultan cuando están en reposo, lo que facilita las transferencias. Normalmente se ven en sillas activas o ultraligeras, donde el peso y la agilidad son importantes.
- Frenos de una mano: para hemipléjicos y usuarios que prefieren esta opción.
- Frenos de tambor: normalmente se implementan en sillas en las que el acompañante maneja la silla. Se activa el freno desde una maneta tipo freno de bicicleta que va fijada en las empuñaduras del respaldo.

- Resposabrazos:

- Fijos: son parte integral del chasis de la silla y no pueden ser retirados, proporcionando un soporte constante y estable para los brazos del usuario.

- Desmontables o abatibles hacia atrás: pueden ser retirados o plegados hacia atrás, lo que facilita la transferencia del usuario dentro y fuera de la silla de ruedas.
- Regulables en altura: permiten ajustes más precisos para las necesidades individuales del usuario, contribuyendo así a una postura adecuada y reducción de fatiga.
- Tipo escritorio: diseñados con una parte delantera rebajada, permitiendo un fácil acceso a mesas y escritorios.
- Tubulares: están fabricados con tubos ligeros, lo que contribuye a reducir el peso, pero tienen una superficie de apoyo reducida.

- Reposapiés:

Pueden ser fijos, es decir, están permanentemente unidos a la silla, o desmontables, lo que permite retirarlos cuando sea necesario. Para acortar la longitud de la silla en espacios es más conveniente optar por reposapiés desmontables. De todas formas, si no hay problemas de espacio es más aconsejable que los reposapiés sean fijos debido a que son más robustos y duraderos.

La posición ideal de los reposapiés, siguiendo la anatomía humana, es de 90°. Sin embargo, en adultos, los pies pueden interferir con el giro de las horquillas delanteras, por lo que el ángulo se tiende a reducir ligeramente, siendo los ángulos más comunes de 80°, 70° y 60°.

Existen asimismo reposapiés elevables, que permiten elevar el conjunto de la pierna para adoptar posturas más cómodas, siendo especialmente útiles en sillas con respaldo reclinable y sillas pasivas.

- Asientos:

Suelen estar fabricados con un tejido resistente que permite el plegado de la silla. Estos asientos se fijan al chasis de la silla mediante tornillos u otros sistemas.

En algunos modelos es posible regular la tensión de la tela del asiento para adecuarla a las necesidades individuales del usuario, ajustando así la firmeza y el soporte del asiento para mayor comodidad.

- Respaldos:

De construcción similar al asiento, se trata de una tela relativamente tensa que se fija al chasis de la silla, específicamente a los tubos del respaldo. Es recomendable que el respaldo tenga la capacidad de ajustar su tensión para adaptarse a las preferencias y necesidades del usuario.

2.1.7.- Normativa

En el proceso de diseño se han de tener en cuenta la siguiente normativa vigente de aplicación.

- *NORMA UNE 111915:1991. Silla de Ruedas. Dimensiones totales máximas.*
- *NORMA UNE-EN 12183:2010/2014. Sillas de ruedas de propulsión manual. Requisitos y métodos de ensayos.*
- *UNE 111913:1991 Sillas de ruedas. Nomenclatura. Términos y Definiciones. (Anulada).*
- *UNE 111914-1:1991 Sillas de ruedas. Parte 1: determinación de la Estabilidad estática. (Anulada).*

Estas son las normas que se han tenido en cuenta para que el diseño del presente proyecto sea seguro y cumpla con la legislación actual.

2.2.- Consideraciones biomecánicas

Una silla de ruedas debe tener como objetivo principal brindar al usuario la máxima funcionalidad, movilidad y comodidad. Es fundamental que la silla esté diseñada para ajustarse a las necesidades de la persona, en lugar de requerir que el usuario se ajuste a la silla. Si se escoge una silla de ruedas no apropiada, puede resultar incómoda, causando deslizamientos hacia adelante o inclinaciones laterales del usuario. Esto llevará a un gasto innecesario de energía por parte del usuario debido al esfuerzo

continuado por modificar su postura. Incluso, una silla de ruedas inapropiada puede provocar una discapacidad adicional.

A continuación, se enumeran los principales factores en lo que se refiere a la biomecánica de la silla de ruedas:

2.2.1.- Influencias en el proceso de propulsión

- **Movilidad del usuario:** La movilidad de la columna vertebral, los hombros, los codos, las muñecas y los dedos del usuario determinará la capacidad para realizar el recorrido de propulsión óptimo. El movimiento se produce al comenzar la propulsión desde la parte posterior del tronco hasta finalizar a la altura de los muslos.
- **Postura:** Para aprovechar al máximo la energía de propulsión, es necesario que el usuario esté sentado correctamente en una posición erguida y simétrica. Esto permite un acceso adecuado a los aros de empuje de las ruedas y facilita el movimiento completo de los brazos durante la propulsión. Mantener una postura adecuada ayuda a evitar posibles desequilibrios, proporcionando una base sólida para una propulsión eficiente y cómoda.
- **Peso de la silla de ruedas:** El peso total de la silla de ruedas, incluyendo su estructura, ruedas, asiento y accesorios, puede incidir en la facilidad de propulsión. A medida que el peso aumenta, se requiere más fuerza para impulsar la silla de ruedas y mantener una velocidad constante.
- **Altura y posición de las ruedas:** Para lograr una propulsión óptima, las ruedas traseras deben estar situadas de manera que el usuario pueda tocar con la punta de los dedos el eje de la rueda trasera manteniendo el hombro relajado y dejando caer el brazo estirado.

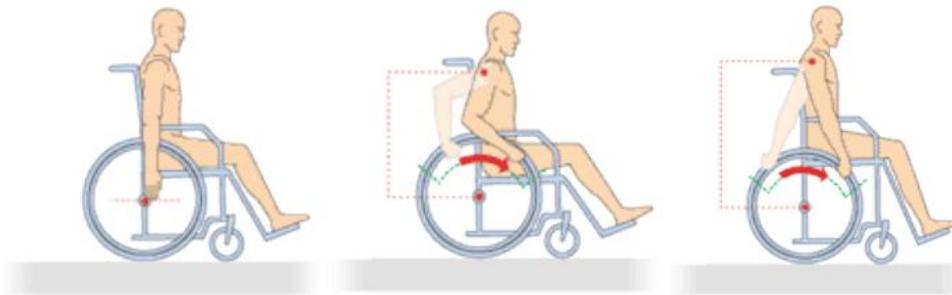


Figura 2.11. Altura correcta del eje de las ruedas traseras respecto al hombro del usuario

- **Tamaño de la rueda:** Una rueda trasera más pequeña requiere menos esfuerzo para propulsarla debido a que posee menor recorrido, lo que puede ser beneficioso para usuarios con menor capacidad de propulsión. En cambio, una rueda trasera más grande puede ofrecer un mejor rendimiento en terrenos difíciles.
- **Distancia entre ejes:** Una distancia larga entre el eje trasero y el delantero proporciona mayor estabilidad y permite mantener un rumbo más recto, lo que puede ser beneficioso en terrenos más lisos y rectos. Por otro lado, una distancia de ejes más corta ofrece una mayor agilidad y facilidad de giro al requerir menor gasto de energía para su propulsión.
- **Angulación de la rueda:** La propulsión óptima se logra cuando las ruedas traseras están alineadas de manera perpendicular al asiento. Esta alineación permite que los brazos del usuario estén en una posición adecuada para aplicar la energía necesaria durante la propulsión. Si las ruedas son más anchas en la base, la silla tiende a ser más estable y menos propensa al vuelco, pero los brazos quedan más cerca del cuerpo del usuario, dificultando la acción de propulsión.

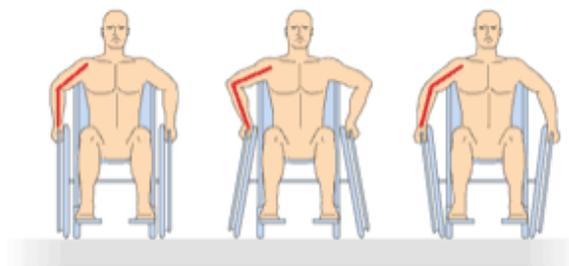


Figura 2.12. Angulación de las ruedas traseras

2.2.2.-Postura en la silla de ruedas

- **Tamaño del asiento:** Un asiento adecuado proporciona estabilidad al optimizar el área de contacto entre el cuerpo del usuario y la base de soporte de la silla. Se consigue así aliviar la presión al distribuir el peso del usuario de manera uniforme en la mayor superficie posible. La longitud óptima del asiento se determina al garantizar que el usuario esté sentado correctamente y erguido, dejando aproximadamente dos dedos de espacio entre el final del asiento y la zona interna de las rodillas del usuario. Esta medida asegura que el usuario tenga un apoyo adecuado para las piernas y evita que el asiento se extienda demasiado, lo que podría generar una postura incómoda.



Figura 2.13. Tamaño adecuado del asiento frente a variaciones erróneas

- **Forma y ángulo del asiento:** El asiento debe ser firme y estar correctamente nivelado. Se recomienda mantener una posición de 90° para llevar a cabo las actividades cotidianas. Esto significa que el asiento debe estar lo más horizontal posible. Para lograr este ángulo, es recomendable utilizar un cojín adaptado a la forma humana con el que se consigue también distribuir de forma óptima el peso.
- **Soporte para los pies:** Una vez establecido el ángulo de la cadera a 90° , la mayoría de las personas se sentirán cómodas si las rodillas se encuentran también en un ángulo de 90° . Este mismo ángulo se debe mantener también en los tobillos. En sillas convencionales el ángulo ronda los 82° para evitar que las plataformas entorpezcan en actividades como subir un bordillo.

- **Altura del respaldo:** El respaldo debe ser lo suficientemente alto como para proporcionar estabilidad y soporte adecuado a la región lumbar superior del usuario.
- **Forma del respaldo y ángulo:** la mayoría de los usuarios se sentirán cómodos con un respaldo que brinde un adecuado soporte a la región lumbar. El respaldo debe tener una curvatura ergonómica que se adapte a la forma natural de la columna vertebral, ayudando a mantener una postura saludable y reduciendo la tensión en la espalda. En cuanto al ángulo, es recomendable que esté ligeramente reclinado hacia atrás, consiguiendo de esta manera que la fuerza de gravedad recaiga sobre el pecho del usuario, ayudándole a mantenerse estable en la silla.

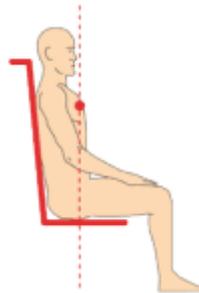


Figura 2.14. Estructura recomendable del asiento

- **Soporte de los brazos:** los reposabrazos están diseñados para permitir que los brazos descansen de manera adecuada y para ayudar a mantener una postura ergonómica, evitando la tensión en los músculos del cuello. Es recomendable que los antebrazos queden apoyados en ellos formando un ángulo de 90° con los codos.



Figura 2.15. Posición correcta de los brazos sobre los reposabrazos

2.2.3.- Elementos que afectan a la movilidad

- La distribución del peso entre las ruedas delanteras y traseras: En una silla de ruedas estándar el peso se divide equitativamente entre las ruedas delanteras y traseras, brindando estabilidad. Sin embargo, en sillas más ligeras, se puede optar por una distribución de peso de 75% en las ruedas traseras y 25% en las delanteras, lo que mejora la maniobrabilidad, pero reduce la estabilidad.
- El terreno sobre el que la silla va a ser utilizada: En terrenos blandos la resistencia a la rodadura es mayor por lo que se requiere más esfuerzo en la propulsión. Por otro lado, en terrenos o superficies duras, como pavimento o baldosas, la resistencia a la rodadura es menor, lo que facilita la movilidad. En la Tabla 2.1 se recogen los distintos valores del coeficiente de resistencia a la rodadura según la naturaleza y estado del suelo.

Naturaleza y estado del suelo	Coeficiente de resistencia a la rodadura (mm)
Carretera en buen estado	0.02 – 0.04
Camino de tierra firme	0.03 – 0.05
Camino de tierra	0.04 – 0.06
Suelo baldío	0.06 – 0.10
Rastrojo seco	0.08 – 0.10
Tierra labrada	0.10 – 0.20
Arena y suelo muy suelto	0.15 – 0.30

Tabla 2.1. Coeficientes de resistencia a la rodadura en distintos tipos de terreno para neumáticos

Multiplicando el peso de la silla por el valor del coeficiente del suelo, se obtiene la resistencia a la rodadura.

- **Tamaño y composición de las ruedas:** Las ruedas con neumático proporcionan una mayor comodidad debido a la capacidad de amortiguación de los impactos, pero oponen mayor resistencia a rodar por ser más blandas. La resistencia es inferior en ruedas con cubiertas macizas por ser más duras, pero ofrecen menor amortiguación. Las ruedas pequeñas presentan peor agarre, justo al contrario que las ruedas de mayor tamaño.
- **Tamaño de las ruedas delanteras:** El tamaño debe considerarse en relación con la superficie sobre la cual será utilizada la silla y la distribución en la misma. Si una silla tiene una distribución del peso equilibrada, del 50%/50%, el uso de las ruedas delanteras pequeñas puede resultar en mayor rozamiento debido a que son las encargadas de guiar y soportar parte del peso de la silla.
- **Centro de gravedad de la silla:** Al situar el centro de gravedad hacia atrás y hacia arriba se adquiere un aumento de peso sobre las ruedas traseras, lo que hace que la silla sea más fácil de manejar, ya que se obtiene un mejor control sobre las ruedas traseras, pero más inestable. Si se desplaza el centro de gravedad hacia abajo y hacia adelante, se logra mayor estabilidad en la silla, pero sacrificando la manejabilidad.

2.3.- Requerimientos de la silla de ruedas

Con el fin de proponer un diseño conceptual, se toman ciertos parámetros y características que ayudan a entender de una mejor manera los elementos principales y secundarios de la silla de ruedas que se elegirán posteriormente. De esta manera, se valorará la seguridad, el costo y el mecanismo de accionamiento a posición bípeda.

2.3.1.-Seguridad

La seguridad vendrá dada por el correcto funcionamiento y duración de todos los mecanismos que se incluyan en el diseño de la silla. Principalmente, hay que asegurar la

estabilidad estructural, consiguiendo esto con una estructura sólida y resistente que la aportarán los materiales de alta calidad y su correcto ensamblaje.

El sistema de frenado permitirá al usuario detener y bloquear las ruedas cuando sea necesario, siendo de vital importancia cuando la persona desee hacer uso del mecanismo de bipedestación para pasar a una posición bípeda, evitando movimientos inesperados y desequilibrios. Además, los cinturones de seguridad también ayudarán al usuario a prevenir caídas o deslizamientos durante este proceso.

Es importante que los controles relacionados con el sistema de accionamiento del mecanismo de bipedestación sean intuitivos y fáciles de usar para el usuario, ayudando a evitar posibles confusiones que puedan llevar a un accidente.

Finalmente, es imprescindible que la silla de ruedas sea sometida a rigurosas pruebas de seguridad y asegurarse así de que cumpla con las regulaciones aplicables. Generalmente, se aplican test de resistencia a caídas, test en carreteras irregulares y test de durabilidad.

2.3.2.-Costo

Uno de los objetivos que se han planteado para la silla es cumplir con el bajo costo de la misma, de manera que sea asequible a todas las personas que la necesiten, siendo estas de recursos económicos medio y bajo.

El bajo costo se conseguirá seleccionando unos materiales y componentes que se puedan encontrar de manera sencilla en el mercado local y que sean estandarizados en la medida de lo posible.

También se consigue este requerimiento minimizando el mantenimiento de la silla de ruedas.

2.3.3.-Mecanismo de accionamiento a posición bípeda.

Se busca que el mecanismo consiga un ángulo del asiento de aproximadamente 75° respecto a la vertical en un tiempo de entre 5 y 10 segundos. Se pretende que, a la vez que el mecanismo eleve al usuario, a su vez acerque sus pies al suelo para conseguir mayor estabilidad en este proceso.

Este mecanismo lo activará el propio usuario siempre y cuando la silla esté completamente parada.

La silla se diseña para que el mecanismo de bipedestación sea capaz de soportar hasta 120 kg de peso por parte del usuario.

2.4.- Funciones de la silla de ruedas

En este apartado se indicarán los procesos a seguir para el uso correcto de la silla de ruedas, indicando cuáles son las variables de entrada y de salida.

2.4.1.-Entradas

Son las variables que permitirán el inicio de las funciones de los componentes de la silla de ruedas para el uso del usuario. Se consideran:

- **Energía humana:** Será la principal fuente de energía que accionará los dispositivos de seguridad, regulación, activación y desplazamiento de la silla de ruedas. Esta energía será producida por el mismo usuario o por una persona que lo asista.
- **Usuario:** Después del accionamiento de regulación, seguridad, activación y desplazamiento se necesita al usuario como criterio de entrada para realizar las siguientes actividades dentro del sistema.

2.4.2.-Actividades del sistema

Las actividades permitirán regular el funcionamiento de la silla de ruedas, activar y/o desactivar el mecanismo de bipedestación, activar y/o desactivar los dispositivos de seguridad y permitir el desplazamiento de la propia silla de ruedas. Existen tres actividades principales:

- Bloquear la silla de ruedas: Permite el bloqueo de las ruedas posteriores para posicionar al usuario. Tras posicionarlo, se activa el sistema de seguridad. Posteriormente, se desactiva para poder continuar con el desplazamiento.
- Activar mecanismo de bipedestación: Permite activar el mecanismo de bipedestación una vez la silla esté completamente parada gracias al sistema de bloqueo.
- Desactivar mecanismo de bipedestación: Este proceso se inicia una vez el usuario solicite recuperar la posición sedente. Una vez finalizado, se desactiva el mecanismo de bloqueo para permitir el desplazamiento del usuario.

2.4.3.-Salidas

Tras realizar estas actividades, el resultado que se obtiene son las salidas.

- Usuario en posición sentado: Una vez colocados los sistemas de seguridad, el usuario solo puede desplazarse en la silla de ruedas en posición sedente.
- Proceso de incorporación del usuario: Estando la silla de ruedas estacionada y habiendo activado los dispositivos tanto de seguridad como el mecanismo de bipedestación, se iniciará el proceso de elevación del usuario.

- Usuario en posición semi-bípeda: Finalizado el proceso de incorporación, el usuario se encontrará en una posición semi-bípeda desde la que pasará a una posición completamente erguida.
- Ruido, calor y vibración: Al activar los mecanismos, se crearán movimientos relativos que generan fricción entre los componentes, siendo producto de ello el ruido, calor y vibraciones en la silla de ruedas.

3. Descripción del diseño

3.1.- Público objetivo

El principal público al que se dirige esta silla es a las personas adultas que presentan dificultades para desplazarse por su propio pie a otro lugar fuera de su hogar, pero una vez allí, puedan realizar cualquier acción valiéndose de sí mismas.

La silla se diseña para soportar una carga útil máxima de 120 kg.

3.2.- Dimensiones básicas de la silla de ruedas

Como punto de partida del diseño se establecen las medidas generales y peso establecidos en la Norma *UNE 111-915-91* para asegurar que la silla está diseñada dentro de los límites dimensionales. Estas dimensiones se indican en la Figura 4.1.

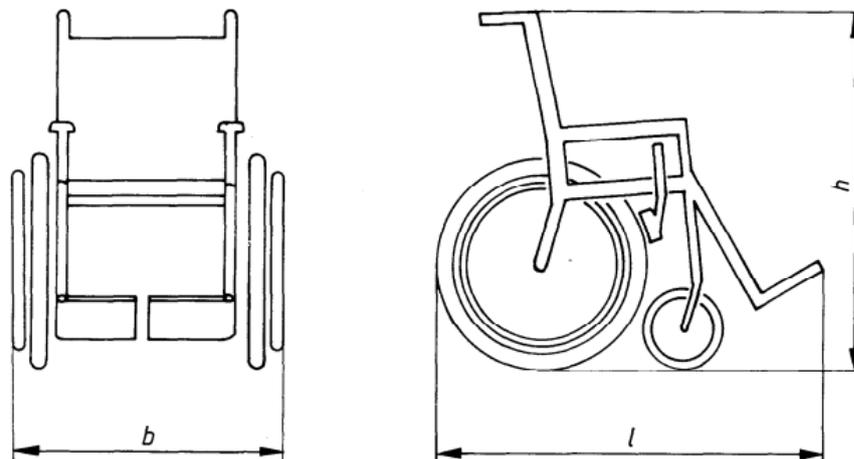


Figura 3.1. Dimensiones totales básicas de una silla de ruedas

Siendo:

- Longitud total, l : 1000 mm – 1200 mm
- Anchura total, b : 600 mm – 700 mm
- Altura total, h : 1010 mm

3.3.- Medidas antropométricas

En esta plantilla se recopilan las medidas antropométricas medias de una persona adulta entre 40 y 80 años que se tendrán en cuenta para calcular las posteriores dimensiones de la silla de ruedas.

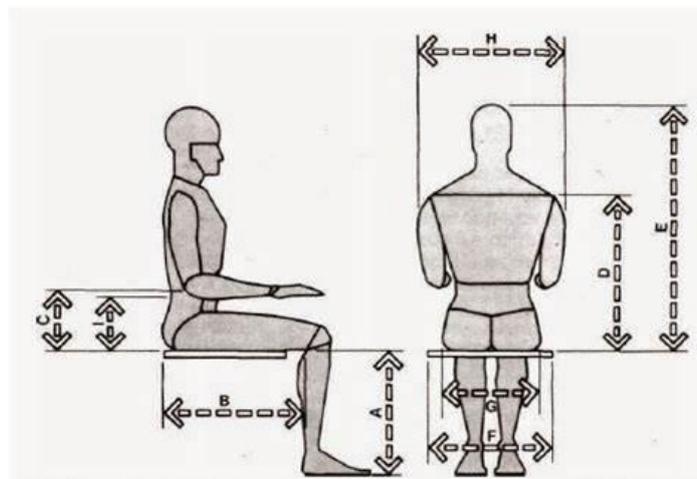


Figura 3.2. Medidas antropométricas fundamentales

Medida	Valor (mm)
Altura poplítea (A)	400
Largo glúteo-poplíteo (B)	470
Altura codo reposo (C)	180
Altura hombro (D)	580
Altura sedente (E)	840
Anchura codo-codo (F)	410
Anchura cadera (G)	380
Anchura hombros (H)	420
Altura lumbar (I)	220

Tabla 3.1. Medidas antropométricas para el diseño de la silla

3.4.- Dimensiones de la silla

Con el objetivo de buscar la ergonomía del usuario, se realizan los siguientes cálculos en los que se establecen unas holguras en las dimensiones tanto del asiento y del respaldo como de otros elementos como los reposabrazos.

3.4.1.-Amplitud del asiento

Es la dimensión del ancho de la cadera del usuario, que será la misma al cambiar de posición la silla de sedente a bípeda. Se dejará un espacio de 25 mm por cada lado de la cadera del usuario.

$$\text{Anchura asiento} = \text{Ancho de cadera} + \text{espacio} = 380 \text{ mm} + 30 \text{ mm} = 410 \text{ mm}$$

3.4.2.-Profundidad asiento

Estando sentado el usuario, la medición va desde el respaldo hasta la zona poplíteo (parte de atrás de la rodilla). Se ha de dejar un espacio de 30 mm entre la zona poplíteo y el asiento según norma.

$$\text{Profundidad asiento} = \text{Largo glúteo-poplíteo} - \text{espacio} = 470 \text{ mm} - 30 \text{ mm} = 420 \text{ mm}$$

3.4.3.-Elevación del asiento

Es la distancia entre el reposapiés y el poplíteo. Se dejan 100 mm por el tipo de material del asiento.

$$\text{Altura asiento} = \text{Altura poplíteo} + \text{espacio} = 400 \text{ mm} + 100 \text{ mm} = 500 \text{ mm}$$

3.4.4.-Elevación del reposabrazos

Es la longitud que se mide desde glúteo hasta el codo, estando este en una posición de 90° con respecto al hombro y el usuario en posición sedente. Se considera una holgura de 20 mm.

$$\text{Altura reposabrazos} = \text{Altura codo reposo} + \text{holgura} = 180 \text{ mm} + 20 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

3.4.5.-Longitud entre los reposabrazos

Es el espacio que hay entre los dos reposabrazos. Para ello se utilizará la distancia entre codos del usuario con una holgura de 20 mm.

$$\text{Distancia entre reposabrazos} = \text{Anchura codo-codo} + \text{holgura} = 390 \text{ mm} + 20 \text{ mm} = 410 \text{ mm}$$

3.4.6.-Elevación del respaldo

Es la longitud que empieza en el glúteo y llega hasta el hombro, estando el usuario en posición sedente. Se considera una holgura de 175 mm para situar el alto del respaldo a la altura de los omoplatos.

$$\text{Altura del respaldo} = \text{Altura hombro} - \text{holgura} = 580 \text{ mm} - 175 \text{ mm} = 405 \text{ mm}$$

3.4.7.-Amplitud del respaldo

Es la distancia que hay entre hombros, considerando holgura de 20 mm.

$$\text{Anchura espaldar} = \text{Anchura hombros} + \text{holgura} = 420 \text{ mm} + 20 \text{ mm} = 440 \text{ mm}$$

3.5.- Selección de material y componentes

Se realizan tablas de ponderación a cada uno de los elementos básicos y a los accesorios de la silla de ruedas para decidir cuál es el camino que se ha de seguir para el diseño de la silla. Estas tablas se realizan asignando un porcentaje de ponderación a cada variable (0% a 100%).

Antes de ello, se ha de plantear el sistema de puntuación, definiendo el valor de fiabilidad en la Tabla 3.2.

Relevancia	Valoración
Mayor	1
Igual	0.5
Menor	0

Tabla 3.2. Valoración de relevancia

En la Tabla 3.3 se ponderan algunas de las características que se han de tener en cuenta a la hora de decidir el diseño de la silla de ruedas.

	Seguridad	Ergonomía	Estética	Funcionalidad	Costo	Mantenimiento	Sumatorio + 1	Porcentaje ponderación
Seguridad		1	1	1	1	1	6	29
Ergonomía	0		1	0.5	1	1	4.5	21
Estética	0	0		0	0.5	1	2.5	12
Funcionalidad	0	0.5	1		1	1	4.5	21
Costo	0	0	0.5	0		1	2.5	12
Mantenimiento	0	0	0	0	0		1	5
						Suma	21	100

Tabla 3.3. Ponderación de parámetros de diseño

Analizando los datos obtenidos en la tabla anterior, se puede valorar el orden de prioridad de las funcionalidades de la silla a la hora de realizar el diseño, siendo este: Seguridad > Ergonomía = Funcionalidad > Estética = Costo > Mantenimiento

3.5.1.-Chasis

Se comparan las características que debe tener la silla de ruedas tanto para un chasis fijo como para uno plegable.

Tipo	Seguridad	Ergonomía	Estética	Funcionalidad	Costo	Mantenimiento	Porcentaje final	Prioridad
Fijo	20	8	7	15	8	3	61	1
Plegable	9	13	5	6	4	2	39	2

Tabla 3.4. Ponderación de las características del chasis de la silla de ruedas

3.5.2.-Material

Para la elección del material se presentan tres tipos diferentes, siendo estos acero pesado, acero inoxidable y aluminio. Se realiza la siguiente tabla:

Tipo	Seguridad	Ergonomía	Estética	Funcionalidad	Costo	Mantenimiento	Porcentaje final	Prioridad
Acero pesado	12	4	2	8	2	1	29	3
Acero inoxidable	12	7	5	10	5	2	41	1
Aluminio	5	10	5	3	5	2	30	2

Tabla 3.5. Ponderación de los materiales

En base a esta ponderación, se considera que el material con el que se fabricará la silla será acero inoxidable, cuyas principales propiedades se muestran en la siguiente tabla:

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	1.9e + 11	N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.26	N/D
Densidad de masa	8000	Kg/m ³

Tabla 3.6. Propiedades del acero inoxidable

3.5.3.-Asiento

Para la elección del asiento se consideran tanto de tipo fijo como ajustable. Se realiza la ponderación:

Tipo	Seguridad	Ergonomía	Estética	Funcionalidad	Costo	Mantenimiento	Porcentaje final	Prioridad
Fijo	20	8	7	7	8	3	53	1
Ajustable	9	13	5	14	4	2	47	2

Tabla 3.7. Ponderación de la selección del asiento

3.6.- Cálculo del centro de gravedad

El cálculo del centro de gravedad permite realizar los cálculos estáticos y dinámicos del usuario y el cálculo de la estabilidad de la propia silla de ruedas debido a que ofrece el peso del usuario concentrado en un punto.

De esta manera, se procede a calcular el centro de gravedad del usuario en posición sedente.

El cálculo del centro de gravedad del usuario se halla haciendo uso del método del peso segmental. Para este método se realiza un esquema de una persona en posición sentada con el ángulo del respaldo y asiento que se ha diseñado esta silla (5° y 2° respectivamente), anotando las coordenadas x e y en la Tabla 3.8.

Segmento del cuerpo	% Peso segmental	Valor coordenada X	Productos X (% Peso)	Valor coordenada Y	Productos Y (% Peso)
Cabeza y cuello	0,079	-30	-2,4	901	71,2
Tronco	0,511	54	27,6	473	241,7
Brazo superior derecho	0,027	-115	-3,1	725	19,6
Brazo inferior derecho	0,016	60	0,96	413	6,6
Mano derecha	0,006	360	2,2	406	2,4
Brazo superior izquierdo	0,027	-115	-3,1	725	19,6
Brazo inferior izquierdo	0,016	60	0,96	413	6,6
Mano izquierda	0,006	360	2,2	406	2,4
Muslo derecho	0,097	200	19,4	294	28,5
Pierna inferior derecha	0,045	390	17,6	271	12,2
Pie derecho	0,014	625	8,8	-128	-10,4
Muslo izquierdo	0,097	200	19,4	294	28,5
Pierna inferior izquierda	0,045	390	17,6	271	12,2
Pie izquierdo	0,014	625	8,8	-128	-10,4
TOTAL	1		116,92		430,7

Tabla 3.8. Cálculo de las coordenadas del centro de gravedad

Realizados estos cálculos, se determina que el centro de gravedad C.G se encuentra aproximadamente a 12 cm sobre la horizontal medidos desde el eje de la rueda trasera y a 43 cm sobre la vertical desde el mismo eje de referencia.

Como se puede observar en la Figura 3.3, el CG del usuario se sitúa aproximadamente a la altura del pecho.

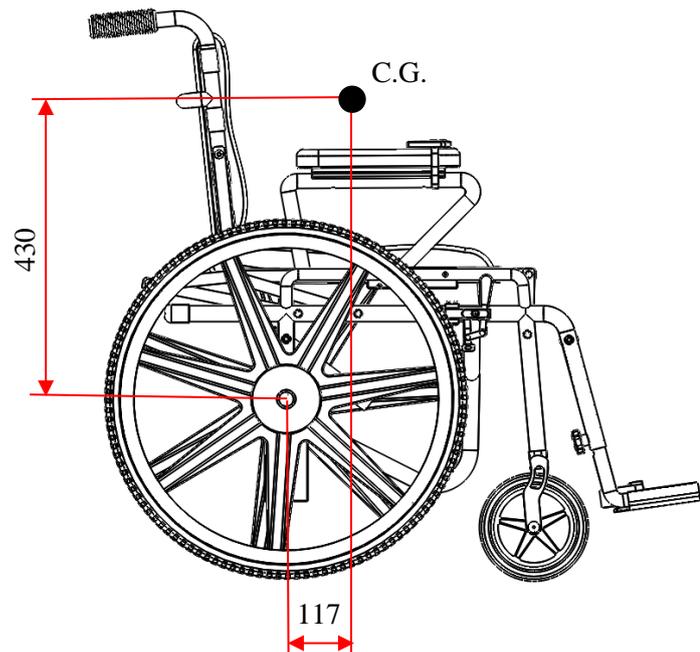


Figura 3.3. Centro de gravedad del usuario en posición sentada respecto del eje de la rueda trasera

3.7.- Diseño del mecanismo bipedestador

El objetivo, ya comentado anteriormente, de la silla de ruedas, es asistir al usuario a adquirir una posición semi-bípeda, para que, una vez en esa posición, le sea fácil adoptar la posición bípeda por completo por sí mismo.

Para ello, el mecanismo tiene que cumplir con varios requerimientos:

- Facilitar la estabilidad del usuario sobre el suelo con sus propios pies. Esto se consigue bajando el extremo del asiento, es decir, acercándolo al suelo.
- Elevar al usuario. Se hace que el asiento rote sobre un punto en su extremo, mientras que se eleva su parte posterior.
- Desplazar el centro de gravedad del usuario a un punto que favorezca la adopción de una postura erguida. Se consigue haciendo que el respaldo mantenga un cierto ángulo con el asiento para que el usuario no tenga que hacer un uso de energía excesivo.

Con estas consideraciones se diseña en el software Working Model el siguiente mecanismo, que trata de dos cuadriláteros articulados trabajando sincronamente:

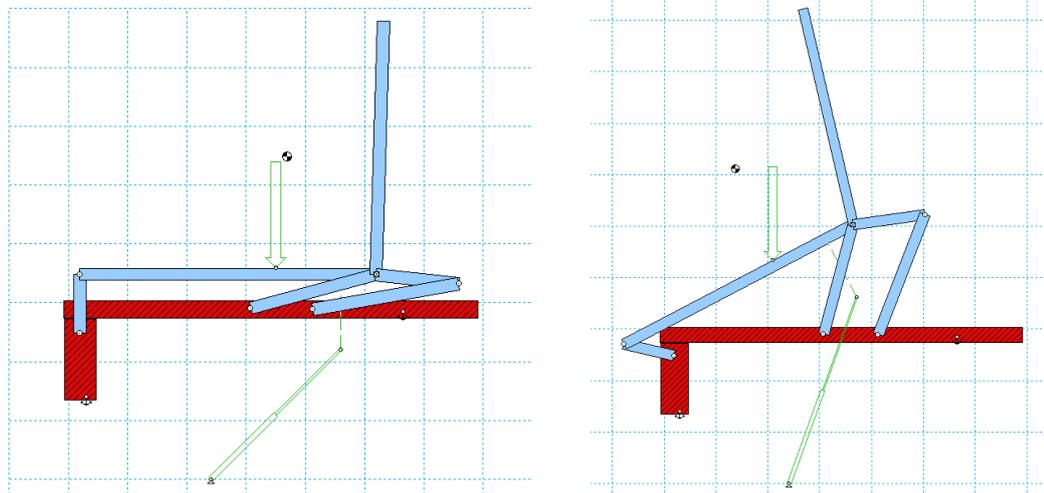


Figura 3.4. Esquema de mecanismo bipedestador en posición inicial (a) y posición final (b)

Las barras representadas en color azul corresponden al mecanismo móvil, que será el que se eleve. Por otro lado, las barras representadas en color rojo corresponden al chasis de la silla, que es la parte fija del mecanismo. Es conveniente indicar que el respaldo está acoplado al eslabón de acople del mecanismo trasero. En el esquema se representa de esta manera por limitación del software.

En el esquema de la posición final del mecanismo se observa cómo este cumple con los requerimientos anteriormente planteados, ofreciendo de esta manera una posición ergonómica al usuario para cumplir su objetivo.

Este mecanismo se representa en la propia silla de ruedas de la manera que se muestra en la Figura 3.5.



Figura 3.5. Diseño del mecanismo bipedestador

El mecanismo está compuesto por barras de acero de 5 mm de espesor unidas entre sí con pasadores con juntas de pasador para permitir la rotación de las mismas entre sí.

3.8.- Diseño de detalle

Una vez diseñado el mecanismo que se introducirá en la silla para cumplir con su función principal, se diseñan los distintos elementos básicos que componen la misma en torno a dicho mecanismo.

Como referencia, se muestra el diseño completo de la silla de ruedas en la Figura 3.6 para, a partir de él, se procederá a comentar en detalle el diseño de los distintos elementos que la componen.



Figura 3.6. Diseño completo de la silla de ruedas

3.8.1.-Dimensionamiento del chasis

A continuación, se muestra el diseño del chasis de la silla de ruedas.

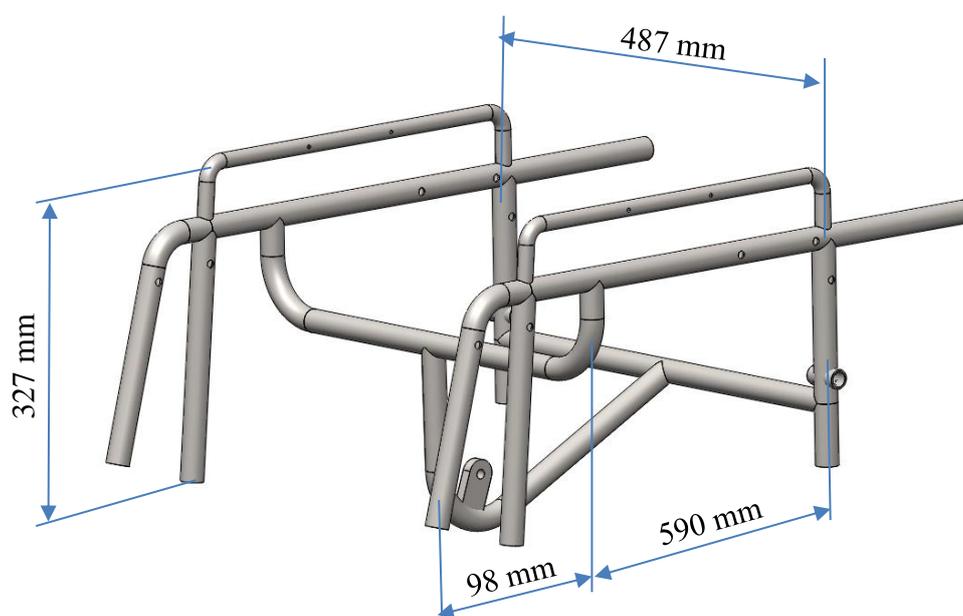


Figura 3.7. Chasis de la silla de ruedas

Para el chasis se han utilizado tubos de 24 mm de diámetro con 2 mm de espesor, a excepción de las barras superiores que son de 16 mm de diámetro y 2 mm de espesor, soldados todos ellos entre sí. Las medidas básicas se muestran en la Figura 3.7, respetando siempre los rangos de medidas en los que deben establecerse las dimensiones de la silla.

Un detalle que se ha de resaltar es la orejeta donde irá instalado el cilindro actuador al chasis. Se busca bajar este punto lo máximo posible, siempre respetando una distancia mínima con el suelo, para facilitar el trabajo al actuador.

Además, se realizan múltiples agujeros donde se introducirán los distintos elementos de unión. Estos elementos serán principalmente pasadores para las uniones en las que habrá rotación relativa de unas barras con respecto a otras, y uniones roscadas donde se busque una unión fija.

3.8.2.-Dimensionamiento de la estructura del asiento

Debido a las limitaciones dimensionales que sirve la Norma *UNE 111-915-91* y siguiendo las medidas antropométricas recogidas, se diseña la estructura del asiento de forma que cumpla con todo ello.

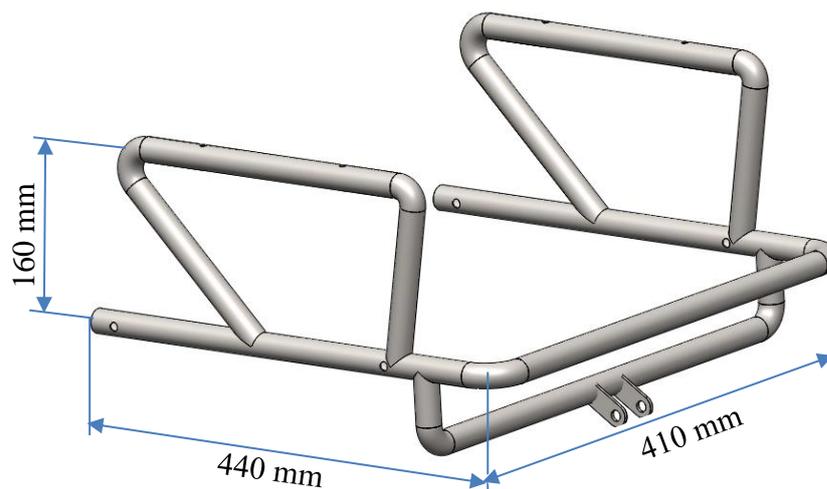


Figura 3.8. Estructura del asiento

Para la estructura del asiento se ha empleado un tubo de 22 mm de diámetro y 2 mm de espesor. La longitud y el ancho son 440 mm y 410 mm respectivamente, ajustándose así a los datos recogidos en la Tabla 4.1 y asegurando el confort del usuario.

Sobre la Figura 3.8 se muestran además los agujeros donde irán anclados los reposabrazos, los agujeros a través de los cuales se ensambla la estructura del asiento a las barras del mecanismo elevador y las orejetas en la parte superior para la conexión con el cilindro actuador a través de un pasador.

Añadiendo por un lado unas correas para asegurar la estabilidad del cojín del asiento, y por otro el propio cojín del asiento, se conforma el ensamblaje completo del asiento de la silla.

3.8.3.-Dimensionamiento de la estructura del respaldo

Al igual que para la estructura del asiento, haciendo uso del rango de medidas dadas tanto por la norma como por la Tabla 3.1, se da forma a la estructura del asiento. Para dicha estructura se emplea el mismo tubo que para la estructura del asiento. En cuanto a las dimensiones se han establecido en 440 mm de ancho y 405 mm de alto.

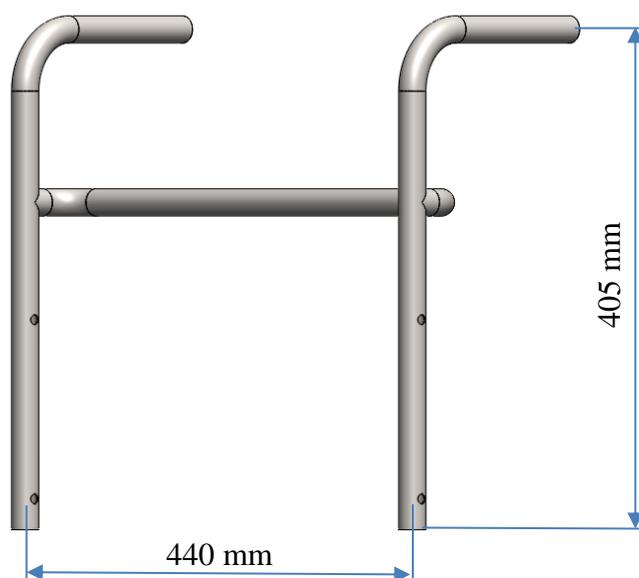


Figura 3.9. Estructura del respaldo

Además, se ha añadido un elemento de forma transversal para rigidizar la estructura y dar apoyo al cojín del respaldo. En la Figura 3.9 también se pueden apreciar los agujeros que servirán de unión de la estructura del respaldo con las barras que forman el mecanismo elevador.

Al igual que en la estructura del asiento, se añadirán unas correas que darán sujeción al cojín del respaldo, buscando la mayor comodidad del usuario.

3.8.3.1.- Diseño de las sujeciones del asiento y respaldo

Valorando distintas variantes, finalmente se decide emplear unas correas que irán cosidas alrededor de los laterales tanto de la estructura del asiento como del respaldo. Estas correas a su vez estarán cosidas a ambos cojines para evitar así cualquier tipo de deslizamiento que pueda ser peligroso para el usuario. En la Figura 3.10 se muestra cómo se emplean estas correas de sujeción.



Figura 3.10. Empleo de las correas de sujeción de asiento y respaldo

3.8.4.- Dimensionamiento de las ruedas traseras

Para el diseño de las ruedas se ha optado por unas ruedas de 600 mm de diámetro, considerando las ventajas frente a los inconvenientes que se presentaron en el capítulo anterior. El material seleccionado ha sido plástico, en concreto Poliuretano, debido a que es un material versátil que se utiliza ampliamente en la fabricación de este tipo de ruedas, ofreciendo una buena combinación de resistencia al desgaste, durabilidad y tracción. El Poliuretano puede adaptarse a diferentes condiciones de uso y terrenos, brindando un rendimiento confiable en una variedad de entornos.



Figura 3.11. Diseño de las ruedas traseras

3.8.5.- Dimensionamiento de las ruedas delanteras

En este caso, para las ruedas delanteras se ha hecho uso de las de dimensión 175 mm de diámetro, siendo del mismo material que las traseras.



Figura 3.12. Diseño de las ruedas delanteras

3.9.- Selección del actuador

El cilindro actuador actúa directamente sobre el asiento, que a su vez realiza el movimiento junto con el respaldo. Este cilindro se conecta con un pasador tanto al chasis de la silla como al propio asiento, dejando libre el giro respecto a estos puntos.

En la Figura 3.13 se pueden observar estos dos puntos.



Figura 3.13. Indicación de puntos de anclaje del cilindro actuador

Para la selección del cilindro actuador se realizarán las siguientes consideraciones:

- Seleccionar el cilindro eléctrico adecuado para la función a realizar.
- Seleccionar los accesorios necesarios para la activación del cilindro.

Con ayuda del software Working Model, se obtiene la fuerza con la que el actuador debe realizar la bipedestación.

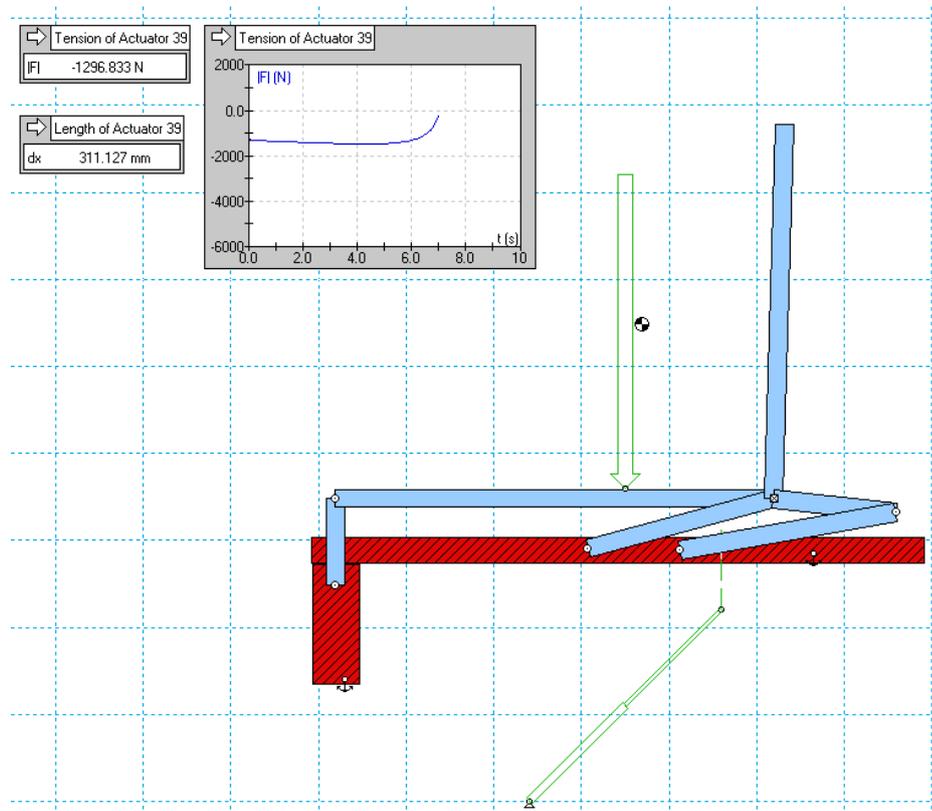


Figura 3.14. Análisis del mecanismo bipedestador (posición inicial)

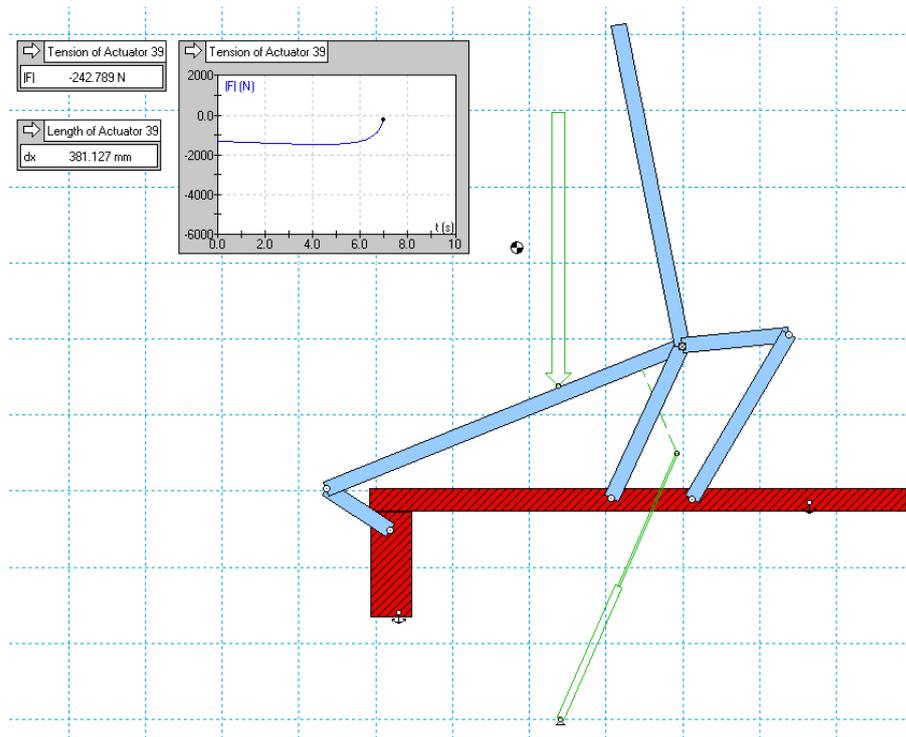


Figura 3.15. Análisis del mecanismo bipedestador (posición final)

En este esquema se representan los pesos que tiene que levantar el actuador, dando como resultado la fuerza que ha de ofrecer en cada instante del recorrido, siendo la máxima de 1500 N. Sobre el gráfico se puede observar cómo en el momento final de la carrera la fuerza es mínima. Para la obtención de este dato se omite la fricción entre los distintos elementos del mecanismo.

Se pretende que la duración del proceso de elevación dure aproximadamente 7 segundos hasta alcanzar el estado de semi-bipedestación. Para ello, se necesita que el cilindro trabaje a una velocidad constante de 10 mm/s.

Además, realizando una simple operación, también se obtiene el dato de la carrera que realiza el cilindro:

$$\text{Carrera} = \text{Longitud final} - \text{Longitud inicial} = 381,13 \text{ mm} - 311,13 \text{ mm} = 70 \text{ mm}$$

Con lo cual, se conoce que la carrera mínima que ha de tener el cilindro seleccionado es de 7 cm.

Con estos datos se procede a seleccionar el actuador comercial TA6 de la marca *TiMotion*, el cuál posee las características generales mostradas en la Tabla 4.9.

Característica	Valor	Unidades
Carga máxima (empuje)	6000	N
Carga máxima (tracción)	4000	N
Velocidad máxima con carga máxima	5	mm/s
Velocidad máxima sin carga	43	mm/s
Carrera	25 ~ 1000	mm
Tensión del motor	12/24/36	V
Rango de temperatura de trabajo	-5 ~ +45	°C

Tabla 3.9. Características generales del cilindro eléctrico TA6

Para este proyecto, la especificación elegida es la CODE G, ya que ofrece los valores necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.

Load and Speed							
CODE	Load (N)		Self Locking Force (N)	Typical Current (A)		Typical Speed (mm/s)	
	Push	Pull		No Load 32V DC	With Load 24V DC	No Load 32V DC	With Load 24V DC
Motor Speed (2600RPM, Duty Cycle 10%)							
C	5000	4000	5000	0.8	3.5	8.0	4.1
D	6000	4000	6000	0.8	3.5	6.0	3.1
F	2500	2500	2500	0.8	3.2	15.9	8.3
G	2000	2000	2000	0.8	2.8	21.4	12.1
H	1000	1000	1000	0.8	2.1	32.1	19.1
J	3500	3500	3500	0.8	3.6	11.9	6.0

Figura 3.16. Selección precisa del cilindro actuador TA6

Siendo sus curvas:

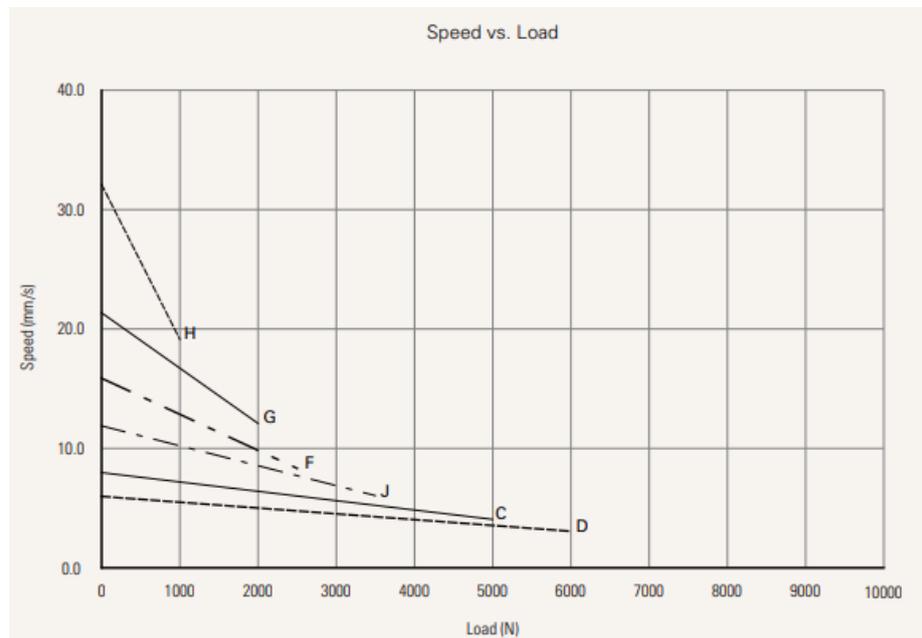


Figura 3.17. Curva velocidad vs carga del cilindro actuador TA6

Se observa que para la carga máxima con la que trabajará la silla (1500 N), el cilindro puede trabajar a una velocidad máxima de aproximadamente 15 mm/s, por lo que cumple con las solicitaciones requeridas.

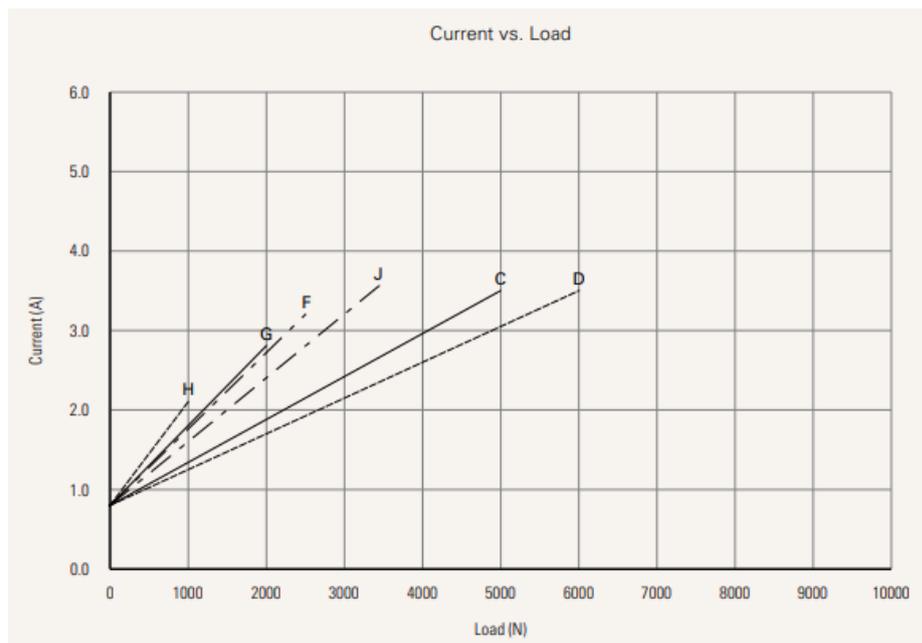


Figura 3.18. Curva corriente vs carga del cilindro actuador TA6

3.10.- Selección de la batería

Junto con el cilindro actuador, se necesita incorporar al sistema una batería que proporcione la energía para el funcionamiento del elevador.

El cilindro seleccionado es capaz de trabajar con 12 V, por lo que se selecciona una batería de este voltaje, ya que será más que suficiente para el funcionamiento del mecanismo.

La batería seleccionada es la LG36-12N de la marca *LONG* de Gel con 12 V y 36 Ah. Se trata de una batería compacta de larga duración y con la potencia suficiente para asegurar el correcto funcionamiento del mecanismo, siendo además de fácil adquisición debido a su valor económico.



Figura 3.19. Batería LONG LG36-12N

3.10.1.- Diseño carcasa de batería

Tras la selección de la batería y teniendo en cuenta sus dimensiones, se diseña la carcasa a través de la cual se ligará la batería a la silla de ruedas. Previamente, se ha de elegir el espacio en el que se situará. Hay que tener en cuenta que la batería es un elemento pesado, por lo que preferiblemente, irá situada en la parte baja de la silla de ruedas y a poder ser, retrasada respecto al eje de simetría de la misma, favoreciendo de esta manera a la transferencia de carga y la estabilidad de la silla.

Con estas exigencias, se decide diseñar una carcasa que irá colgada de la barra que une los ejes de las ruedas traseras, como se muestra en la Figura 3.20.



Figura 3.20. Posición de la carcasa de la batería

En cuanto al diseño de la propia carcasa, a esta se le realizan agujeros con la función de refrigerar la batería y evitar un sobrecalentamiento que perjudique su integridad y el correcto funcionamiento. Además, se le perforan más orificios en la base para que, en caso de que entre agua, esta se evacúe de manera sencilla.

Junto con esta carcasa, se diseña una funda de tela que será la que cuelgue del eje de las ruedas traseras y en la que se introducirán tanto la mencionada carcasa como la batería.



Figura 3.21. Detalle de la batería junto con la carcasa y la funda

3.11.- Controlador

Por último, para terminar con la selección de los elementos necesarios para la activación del mecanismo bipedestador, se añade un controlador desde donde el usuario manipulará el mecanismo de elevación a su gusto.

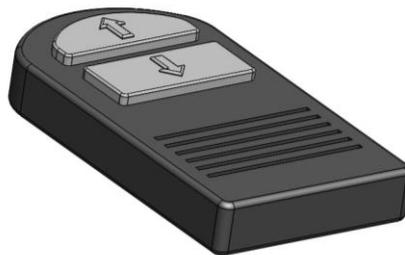


Figura 3.22. Controlador del sistema bipedestador

Es recomendable instalar este control sobre uno de los reposabrazos, pensando que el usuario, durante el proceso de elevación estará apoyado sobre ellos. De este modo, se asegura que el control está situado de manera que el usuario puede acceder a él de una manera ergonómica, sin tener que adquirir posturas extrañas que pueden llegar a ser peligrosas en este proceso. El control irá fijo al reposabrazos a través de una correa.

Su funcionamiento será tal que, simplemente pulsando el botón ya sea de subida o bajada el mecanismo ya funcionará por sí solo debido a que estará programado para realizar el proceso en un tiempo determinado.

3.12.- Frenos

Debido a que para el proceso de bipedestación es necesario que la silla esté completamente bloqueada para evitar cualquier tipo de desplazamiento de las ruedas que pueda provocar un accidente, se han de seleccionar unos frenos que aseguren la completa estabilidad de la silla de ruedas.

Dichos frenos serán de tipo universal, fabricados en aluminio, y se situará uno para cada rueda. Como se muestra en Figura 3.23, se trata de un mecanismo de cuadrilátero articulado que, siendo activado por la palanca roja, comprime la horquilla del extremo opuesto asegurando de esta manera el bloqueo total de la rueda trasera.

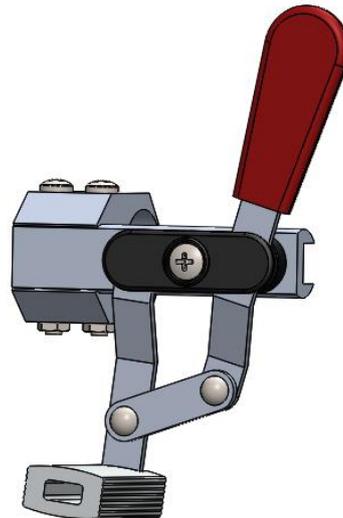


Figura 3.23. Freno de mano de la silla de ruedas

Dentro de la silla de ruedas, los frenos se colocarán en una posición que ofrezca comodidad absoluta al usuario para su activación.



Figura 3.24. Posición de los frenos en la silla de ruedas

3.13.- Rodamientos

Se seleccionan dos tipos de rodamientos, unos para las ruedas traseras y otros para las delanteras, siendo todos ellos rígidos de bolas. Estos rodamientos se repartirán de manera que irán dos en cada una de las ruedas traseras y dos en cada una de las ruedas delanteras.

Contando con que el reparto de peso de la silla de ruedas es 75/25 %, haciendo referencia a la parte trasera y a la delantera respectivamente, se realizan cálculos preliminares para conocer la carga máxima que tendrán que soportar tanto los rodamientos de las ruedas traseras como los de las delanteras.

3.13.1.- Rodamientos ruedas delanteras

Se realiza el cálculo con la carga máxima que puede soportar la silla (120 kg) para obtener la carga máxima de cada uno de los rodamientos, aplicando un factor de carga $c = 1,3$:

$$120 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,25 * \frac{1}{2 \text{ ruedas} * 2 \text{ rodamientos}} * 1,3 = 95,65 \text{ N} = 0,096 \text{ kN}$$

Ecuación 4.1. Cálculo de carga máxima soportada por los rodamientos delanteros

Con este dato, se entra en el seleccionador de rodamientos de *SKF* y se escoge el rodamiento de bolas W 626-2Z. Este rodamiento se ajusta dimensionalmente tanto a las ruedas delanteras como a los anclajes. A su vez, cumple con holgura con la resistencia a las cargas a las que estarán sometidos si se compara el dato de las cargas básicas tanto dinámica como estática con el valor de la Ecuación 4.1.

Designación	Tipo de rodamiento	Dimensiones principales			Clasificaciones de carga básicas		
		Perforar	Diámetro exterior	Ancho	Dinámico	Estático	Límite de carga por fatiga
		d (mm)	D (mm)	B (mm)	C (kN)	C ₀ (kN)	P _u (kN)
W 626-2Z	Rodamiento rígido de bolas	6	19	6	1.53	0.585	0.025

Figura 3.25. Selección de rodamientos de las ruedas delanteras

3.13.2.-Rodamiento ruedas traseras

Para la selección de los rodamientos de las ruedas traseras el cálculo es el presentado en la Ecuación 4.2. Al igual que para las ruedas delanteras, se aplica un factor de carga $c = 1,3$.

$$120 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,75 * \frac{1}{2 \text{ ruedas} * 2 \text{ rodamientos}} * 1,3 = 286,94 \text{ N} = 0,287 \text{ kN}$$

Ecuación 4.2. Cálculo de carga máxima soportada por los rodamientos traseros

Entrando con este dato en el seleccionador de rodamientos de *SKF*, se elige el rodamiento 61804. Al igual que en el rodamiento de las ruedas delanteras, este rodamiento cumple de la misma manera, pero en este caso, para las ruedas traseras.

		Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		
Designación	Tipo de rodamiento	Diámetro interior	Diámetro exterior	Ancho	Dinámica	Estática	Carga límite de fatiga
		d (mm)	D (mm)	B (mm)	C (kN)	C ₀ (kN)	P _u (kN)
61804	Rodamiento rígido de bolas	20	32	7	4.03	2.32	0.104

Figura 3.26. Selección de rodamientos de las ruedas traseras

A su vez, en las ruedas traseras se debe insertar un cojinete de fricción que irá entre el rodamiento y el tornillo que ejercerá a modo de eje de la rueda.

Con este cojinete de fricción se pretende proporcionar una resistencia adicional al movimiento de las ruedas traseras, consiguiendo así un mejor control de la velocidad, mayor seguridad en los descensos y un frenado más suave.

Se selecciona el cojinete de fricción PSM 162025 A51:

Dimensiones		Propiedades	
Diámetro interno	16 mm	Diseño	Recto
Diámetro exterior	20 mm	Material	Bronce sinterizado
Ancho	25 mm	Característica de relubricación	Sin

Figura 3.27. Características del cojinete de fricción

3.14.- Topes

En el diseño de la silla se incluyen tres tipos distintos de topes para limitar movimientos en posiciones extremas del mecanismo, según se describe en los siguientes subapartados.

3.14.1.- Topes limitadores frontales

En la parte frontal de la silla, concretamente en la barra donde irán insertados los reposapiés, se incluirá una contera de goma de la marca *Norelem*, cuya función será delimitar el movimiento del mecanismo en posición de semi-bipedestación y evitar que surjan problemas en el retroceso de este, haciendo que el eslabón corto no sobrepase el ángulo determinado. Este punto coincide con el punto de detención del cilindro.

En la Figura 3.28 se puede observar la posición y función comentada de dichos topes.



Figura 3.28. Posición y función de las conteras de goma

En la Figura 3.29 se presenta una tabla con las características de este elemento comercial:

Referencia	Material del cuerpo de base	D	H	G	L	Rigidez del muelle N/mm	Carga N
26106-02503055	acero	25	30	M6	18	79	316
26106-03001555	acero	30	15	M8	23	270	540
26106-03002055	acero	30	20	M8	23	238	714
26106-03002555	acero	30	25	M8	23	153	535,5
26106-03003055	acero	30	30	M8	23	127	508
26106-03004055	acero	30	40	M8	23	88	528
26106-04001555	acero	40	15	M8	23	710	1420
26106-04002055	acero	40	20	M8	23	365	1095
26106-04003055	acero	40	30	M8	23	205	820

Figura 3.29. Selección de contera de goma para la parte frontal de la silla de ruedas

3.14.2.- Topes guía

Estos topes tienen una doble función. Por un lado, evita el desplazamiento lateral del asiento y del respaldo debido a la holgura existente entre las barras del mecanismo bipedestador y el propio chasis de la silla. Por otro lado, sirven como reposo del asiento en su posición sedente. Se sitúa uno a cada lado de la estructura del asiento.

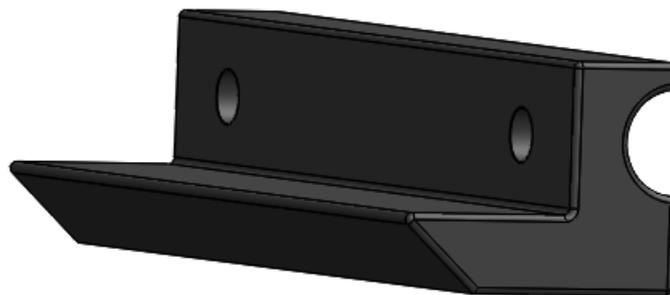


Figura 3.30. Diseño del tope guía



Figura 3.31. Posición del tope guía en la silla de ruedas

3.14.3.- Topes de reposo

De la misma manera que los anteriores, estos topes se diseñan con la finalidad de, juntos con los topes guía, soportar el peso del asiento junto con el del usuario cuando la silla se encuentra en posición sedente.

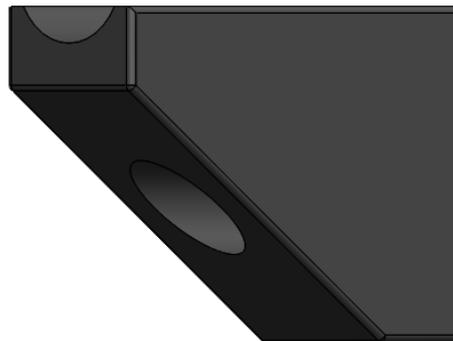


Figura 3.32. Diseño de los topes de reposo

Como se muestra en la Figura 3.33, estos topes se sujetan a la barra vertical trasera del chasis de la silla de ruedas, y es la barra inferior de la estructura del asiento, la misma que posee la orejeta de unión del cilindro actuador, la que descansa sobre los topes. Al igual que los anteriores, se atornilla un tope a cada lado de la silla.



Figura 3.33. Posición de los topes de reposo en la silla de ruedas

3.14.4.- Topes de seguridad

En los extremos tanto de las barras de la estructura del asiento, como de la parte posterior del chasis, se acoplarán unas conteras redondas de goma para evitar posibles accidentes con los cantos vivo que poseen los tubos de acero.

Las conteras de la estructura del asiento serán de 22 mm de diámetro, mientras que las del chasis, de 24 mm.

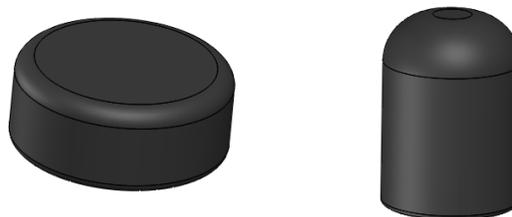


Figura 3.34. Conteras de seguridad de la estructura del asiento (a) y del chasis (b)

3.15.- Elementos de sujeción

Como se comentó anteriormente, en el ensamblaje de la silla de ruedas se utilizarán dos tipos de uniones.

Entre los elementos que posean un movimiento relativo, en este caso de rotación, se utilizarán pasadores con alburas, liberando de esta manera la rotación respecto al eje transversal de la silla.

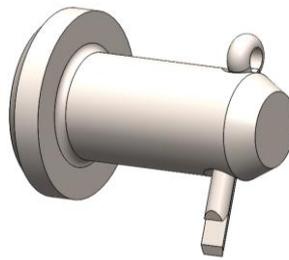


Figura 3.1535. Pasador de horquilla con cabeza ISO 2341

Para el resto de uniones, en las que se busca fijar elementos, se usará la combinación de tornillo con tuerca y arandela. De esta manera, se consigue también rebajar el coste de mantenimiento de la silla en caso de que haya que cambiar las sujeciones.

4. Análisis de la solución

El conjunto completo de la silla de ruedas pesa 23 kg, entrando en el rango de peso de las sillas comerciales que se mueve entre los 20-25 kg.

A continuación, se puede pasar a comprobar, mediante el estudio de los componentes, que la silla aguantará bien el peso máximo de un usuario que ha de soportar de 120 kg. De esta manera, se asegura que, soportando este peso en cualquier situación, soportará pesos inferiores.

El análisis estructural de la silla se realizará con ayuda del software Ansys, en la posición crítica del mecanismo, que se corresponde con el momento exacto en que el actuador comienza con el proceso de elevación.

Para estos análisis se utilizará acero AISI 304, cuyas características se muestran en la Tabla 4.1.

Característica	Valor	Unidades
Densidad	7.93	g/cm ³
Punto de fusión	1398-1454	°C
Calor específico	500	J(Kg·K) a 20°C
Módulo de elasticidad	210	MPa

Tabla 4.1. Características del Acero AISI 304

4.1.- Análisis del chasis

Para el análisis estructural del chasis se tendrán en cuenta las cargas en los nodos de unión del mecanismo bipedestador. Estas cargas han sido dadas en el esquema planteado en Working Model en la posición más desfavorable y se representan en el DCL de la Figura 4.1.

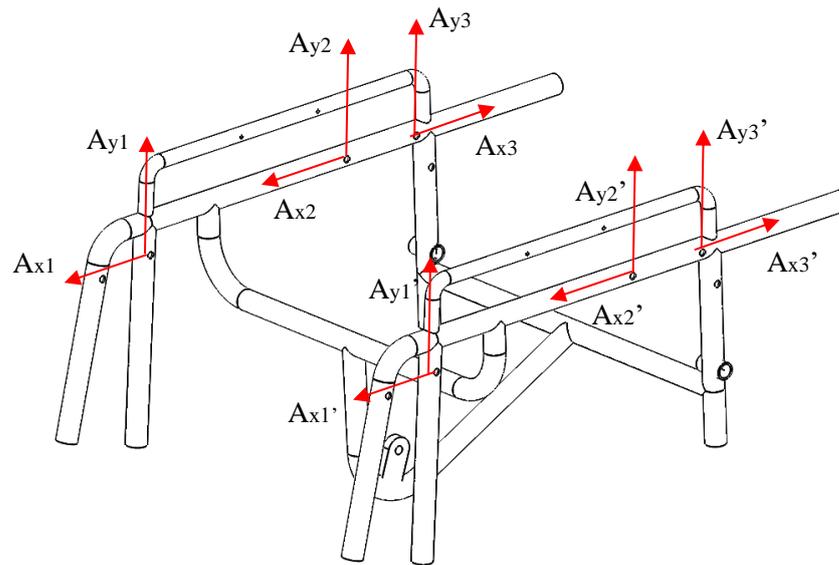


Figura 4.1. Diagrama de cuerpo libre del chasis

En la Tabla 4.2 se representan los valores de dichas cargas, siendo simétricas para las del lado derecho del chasis.

Carga	Valor (N)
A_{x1}	132
A_{y1}	245
A_{x2}	237
A_{y2}	-248
A_{x3}	-0,2
A_{y3}	0,4

Tabla 4.2. Valores de las cargas aplicadas sobre el chasis

Al chasis, además, se le imprimirán el valor de la fuerza que realiza el actuador para elevar al usuario.

Para obtener la descomposición de esta fuerza, ya que Working Model solo nos da el módulo, se debe tener en cuenta que el actuador, en la situación en la que se

realiza el análisis, está trabajando en un ángulo de 35° con respecto al plano horizontal. De esta manera se tiene la siguiente descomposición:

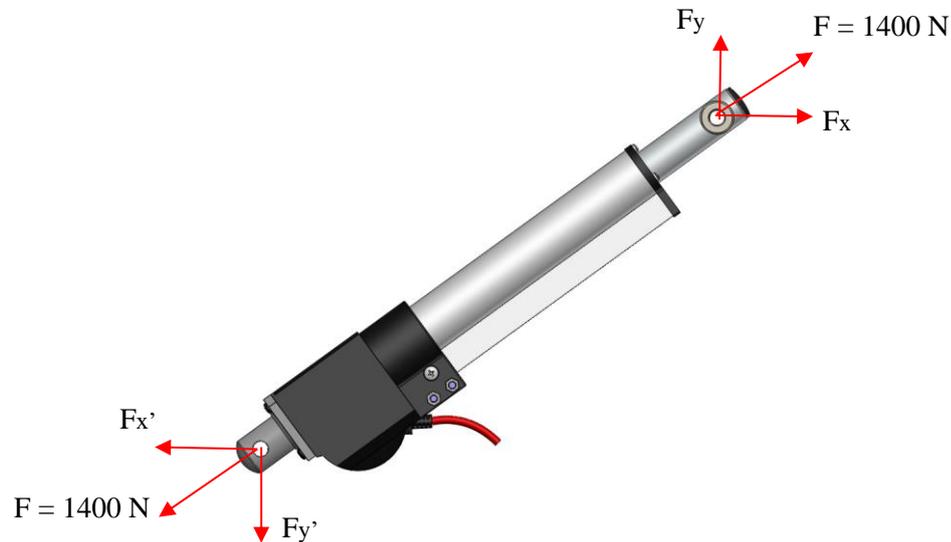


Figura 4.2. Descomposición de la fuerza desarrollada por el cilindro actuador

La descomposición de fuerzas queda de la siguiente manera:

$$F_x = F * \cos(35^\circ) = 1146,8\text{ N}$$

$$F_y = F * \text{sen}(35^\circ) = 803\text{ N}$$

Ecuación 4.1. Descomposición de la fuerza F del actuador

Estos valores, junto con el peso del usuario, mostrados en la Figura 4.3, se usan para realizar el análisis correspondiente en Ansys. Además de aplicar los correspondientes *Fixed Support* en las aristas fijas debido al contacto de las ruedas con el suelo. Para el mallado, se utiliza una malla de 15 mm de tamaño de tipo Nonlinear Mechanical para una mejor precisión del análisis.

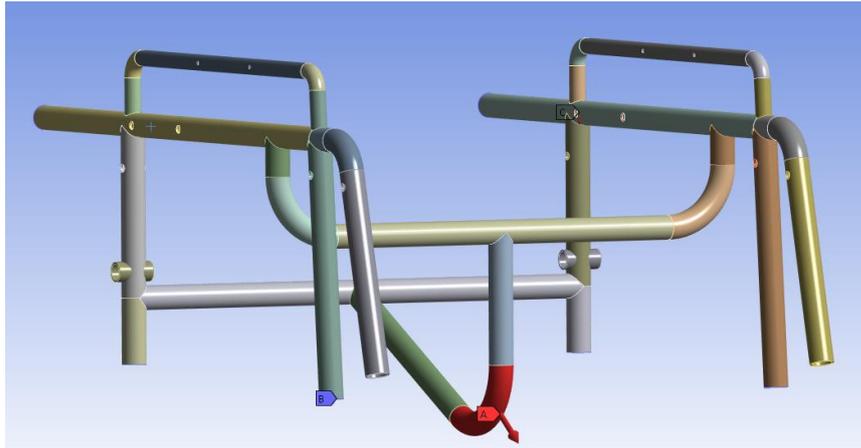


Figura 4.3. Solicitaciones del chasis

Los resultados obtenidos son los siguientes:

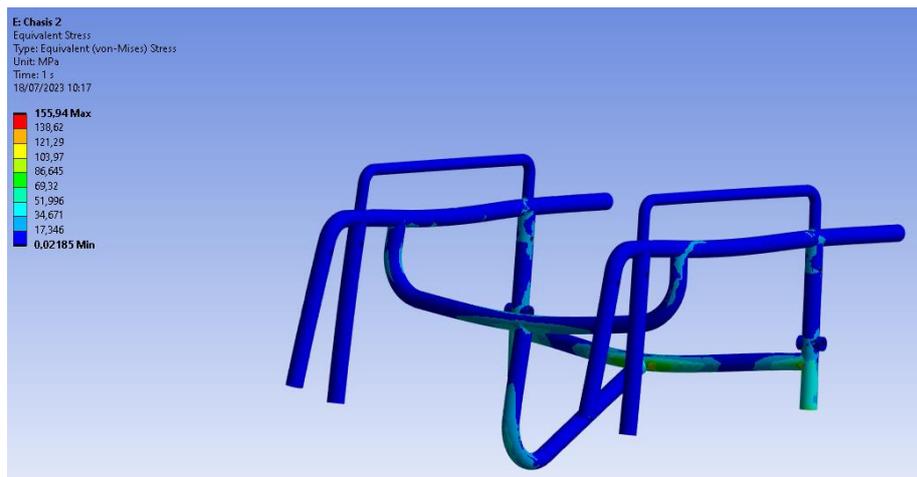


Figura 4.4. Análisis estático en chasis

Obteniendo los siguientes resultados:

σ_{eqM} (N/mm ²)	σ_f (N/mm ²)	Desplazamiento (mm)	FS
155,9	210	0,67	FS \geq 1,35

Tabla 4.3. Resultados del análisis estático del chasis

4.2.- Análisis del respaldo

Se analiza la estructura del respaldo de la silla de ruedas cuando se encuentra en la posición sedente (-5°), situando las cargas a las que estará sometido el elemento.

La carga crítica se da cuando el respaldo ha de sostener todo el peso del tronco, cervical y cabeza del usuario. Para el peso tanto del tronco como de la cervical y la cabeza del usuario se considera el 30%, en base a la inclinación del respaldo, del peso total del usuario, resultando de esta manera una fuerza $F_R = 36$ kg. Además, se tiene que añadir el peso del respaldar $W_R = 1,5$ kg. En la figura 4.5 se muestra el Diagrama de Cuerpo Libre del respaldo.

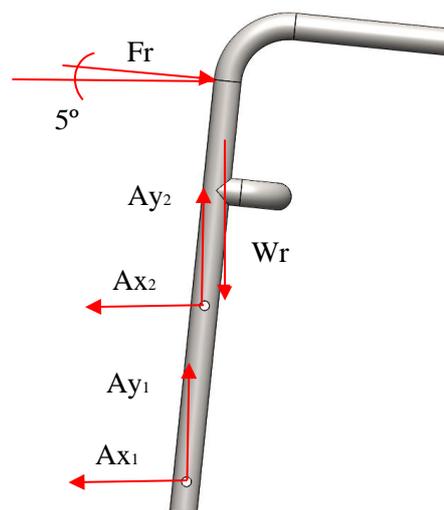


Figura 4.5. Diagrama de cuerpo libre del respaldo sometido a fuerza crítica

En la Figura 4.6 se muestra el esfuerzo máximo actuante en el respaldo cuando se le aplican las fuerzas mencionadas.



Figura 4.6. Análisis por elementos finitos del respaldo

Los resultados obtenidos en este análisis se recogen en la Tabla 4.4.

σ_{eqM} (N/mm ²)	σ_f (N/mm ²)	Desplazamiento (mm)	FS
179,12	210	1,4	FS \geq 1,2

Tabla 4.4. Resultados del análisis del respaldo

4.3.- Análisis del eje de unión de rueda y chasis

La unión de la rueda trasera con el chasis se muestra en la Figura 4.7. En esta figura se aprecia el tornillo ISO 4014 M16 que trabaja como eje, el cuál es fijo.



Figura 4.7. Montaje y despiece del eje de las ruedas

Se procede ahora a analizar si el eje seleccionado es capaz de resistir el peso máximo del usuario junto con el peso de la silla de ruedas. Por ello, en la Figura 4.8 se observa el DCL de la silla de ruedas junto con el usuario de 120 kg cuando se encuentra en posición sedente. Aplicando las condiciones de equilibrio estático se obtienen las siguientes ecuaciones:

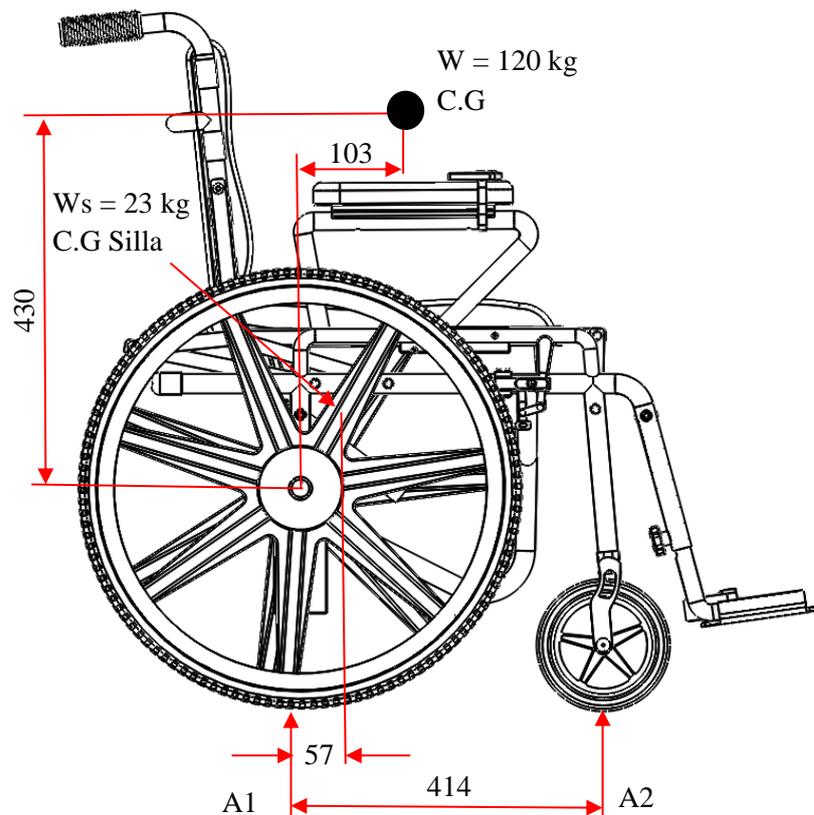


Figura 4.8. D.C.L. de usuario en posición sentada

$$W_s + W = A_1 + A_2$$

$$A_2 * 414 = W_s * 57 + W * 116$$

Ecuación 4.2. Cálculo de las reacciones en las ruedas

Resolviendo estas ecuaciones se obtiene que $A_1 = 106,2 \text{ N}$ y $A_2 = 36,8 \text{ N}$. El valor de A_1 es la reacción total en ambas ruedas, por lo que para una sola corresponde la mitad de este total, es decir, $R_y = 53,1 \text{ N}$. Esta es la fuerza que se ejerce sobre el eje.

Analizando las fuerzas en el eje que tiene una parte apoyada fija y una zona de soporte de rueda que actúa como voladizo que genera esfuerzos de flexión constante, entonces este componente tiende a fatigarse. En la Figura 4.9 se muestra el DCL con el momento flector máximo de $M_f = R_y * 16 \text{ mm} = 849,6 \text{ Nmm}$.

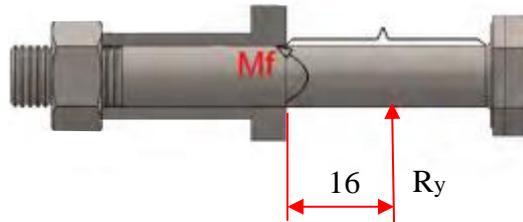


Figura 4.9. DCL del eje de la rueda

En la Ecuación 4.3 se calcula el esfuerzo normal debido a la flexión, donde el diámetro de tornillo (D) es 16 mm.

$$\sigma_f = \frac{32 * M_f}{\pi * d^3} = \frac{32 * 849,6}{\pi * 16^3} = 2,11 \text{ N/mm}^2$$

Ecuación 4.3. Cálculo del esfuerzo normal debido a flexión

Considerando ahora $F.S = 4$ y $\sigma_{fp} = 340 \text{ N/mm}^2$, resulta:

$$\sigma_f \leq \sigma_{fadm} = \frac{\sigma_{fp}}{F.S} = \frac{340}{4} = 85 \text{ N/mm}^2$$

Ecuación 4.4. Cálculo del esfuerzo máximo admisible

Viendo que $\sigma_f = 2,11 \leq 85 \text{ N/mm}^2$, se puede concluir que el eje no falla.

5. Presupuesto

En este acápite se muestran los costos de los materiales de fabricación, así como de los componentes básicos y de los elementos comerciales y de fabricación propia.

5.1.- Costo de materiales

El costo de los materiales utilizados para la fabricación del chasis, estructura del asiento y respaldo, barras del mecanismo bipedestador y barras de los reposapiés se presentan en la Tabla 5.1, mientras que el costo de los elementos estandarizados se muestra en la Tabla 5.2. En la Tabla 5.3 se recogen los costos de los accesorios comerciales.

Elemento	Perfil	Material	Cant.	Costo unit.	Costo total (€)
Chasis					
Tubos	Tubo O24x2	Acero AISI 304	4,20 m	2,85 €/m	11,97
Tubos	Tubo O16x2	Acero AISI 304	0,85 m	2,47 €/m	2,10
Estructura del asiento					
Tubos	Tubo O22x2	Acero AISI 304	3,10 m	2,66 €/m	8,2
Estructura del respaldo					
Tubos	Tubo O22x2	Acero AISI 304	2,00 m	2,66 €/m	5,32
Mecanismo bipedestador					
Barras	Plancha espesor 6mm	Acero S250	2,4 kg	2,64 €/kg	6,33
TOTAL					33,92

Tabla 5.1. Lista y costo de materiales para fabricación de componentes no comerciales

Elemento	Descripción	Cant.	Costo unit. (€)	Costo tot. (€)
Asiento - Chasis				
Pasador	De horquilla con cabeza ISO 2341 ϕ 8x35	6	0,12	0,72
Seguro	Albura de horquilla ISO 1234 ϕ 2	6	0,02	0,12
Barras mecanismo bipedestador				
Pasador	De horquilla con cabeza ISO 2341 ϕ 8x16	4	0,12	0,48
Pasador	De horquilla con cabeza ISO 2341 ϕ 8x20	2	0,12	0,24
Seguro	Albura de horquilla ISO 1234 ϕ 2	6	0,02	0,12
Estructura del asiento y estructura del respaldo				
Tornillo	De cabeza semiesf. hueca ISO 7380 M8x35	8	0,13	1,04
Tuerca	Hexagonal ISO 4035 M8	8	0,04	0,32
Arandela	Plana ISO 7092 ϕ 8	8	0,02	0,26
Tope inferior - Chasis				
Tornillo	De cabeza hex. hueca ISO 4762 M8x45	2	0,13	0,26
Tuerca	Hexagonal ISO 4035 M8	2	0,04	0,08
Arandela	Plana ISO 7092 ϕ 8	2	0,02	0,04
Tope guía - Chasis				
Tornillo	De cabeza hex. hueca ISO 4762 M4x25	2	0,12	0,24
Tuerca	Hexagonal ISO 4035 M4	2	0,03	0,06
Arandela	Plana ISO 7092 ϕ 4	2	0,02	0,04
Actuador -Chasis y asiento				
Pasador	De horquilla con cabeza ISO 2341 ϕ 10x35	1	0,12	0,12
Pasador	De horquilla con cabeza ISO 2341 ϕ 10x45	1	0,12	0,12
Seguro	Albura de horquilla ISO 1234 ϕ 5	2	0,02	0,04
Ruedas traseras - Chasis				
Tornillo	De cabeza hexagonal ISO 4014 M16x80	2	0,14	0,28
Tuerca	Hexagonal ISO 4035 M16	2	0,03	0,06
Arandela	Plana ISO 7092	2	0,02	0,04
Elementos rodantes				
Rod. Tras.	Rígido de bolas 61804	4	3,09	12,36
Rod. Del.	Rígido de bolas W626-2Z	4	2,89	11,56
			TOTAL	28,6

Tabla 5.2. Lista y costo de elementos estándar

Elemento	Descripción	Cant.	Costo unit. (€)	Costo total (€)
Cojín asiento	Cojín de microfibra	1	26,71	26,71
Cojín respaldo	Cojín de espuma prensada	1	13,16	13,16
Aro	Aro de propulsión cromado	2	31,23	62,46
Contera	De 22 y 24 mm de diámetro	6	0,21	1,26
Freno	Freno de mano	2	33,69	67,38
Cilindro actuador	Serie TA6	1	47,99	47,99
Batería	LONG 12V 36 mAh	1	107,00	107,00
Control		1	16,69	16,69
Tope de goma	Atornillado	2	1,22	2,44
			TOTAL	345,09

Tabla 5.3. Lista y costo de accesorios comerciales

Elemento	Descripción	Cant.	Costo unit. (€)	Costo total (€)
Pintura	Anticorrosiva	1 bote	22,19	22,19
			TOTAL	22,19

Tabla 5.4. Costo de pintura

5.2.- Costo de montaje

A continuación, se muestra en la tabla 5.5 el coste de las diferentes acciones que se tiene que realizar en la silla para completar su montaje y estar lista para su uso.

Acción	Descripción	Cantidad (h)	Costo unit. (€/h)	Costo total (€)
Soldado	Soldadura de tubos	2,6	30	78,00
Pintado	Pintado de elementos	-	-	120,00
Ensamblaje	Montaje de la silla	-	-	40,00
Verificaciones finales	Servicio adicional	-	-	110,00
			TOTAL	348,00

Tabla 5.5. Costo de montaje

5.3.- Costo total

Haciendo un sumatorio del cómputo de todos los costos anteriores, se obtiene el costo total en la tabla 5.6.

Recurso	Costo total (€)
Costo de materiales	33,92
Costo de elementos estándar	28,60
Costo de accesorios	345,09
Costo de pintura	22,19
Costo de montaje	348,00
TOTAL	777,80

Tabla 5.6. Inversión total del proyecto

6. Conclusiones y líneas futuras

6.1.- Conclusiones

- Se ha cumplido con el objetivo principal del proyecto, el cual es diseñar una silla de ruedas para transporte manual de personas con movilidad reducida que contemple un sistema que le permita al usuario adquirir una posición semi-bípeda desde una posición sedente.
- La masa máxima de diseño es de 120 kg. Con esta masa, la estructura de la silla de ruedas es capaz de soportar las exigencias de la carga.
- La selección de un tubo redondo para el diseño de la estructura de la silla, que se puede adquirir en proveedores locales, permite reducir ampliamente los costos asociados a la logística, así como los tiempos de entrega. Además, cualquier reparación del producto se podría realizar en cualquier taller del país.
- De la misma manera, se utilizan componentes lo más ligeros posibles para evitar el sobrepeso del diseño, lo que podría dificultar el desplazamiento e impulso del usuario. Estos materiales, a su vez, deben ser resistentes para evitar roturas de manera fácil.
- Debido a que el proyecto va destinado a personas con dificultades de movilidad, el diseño tiene que ayudar a mejorar la calidad de vida del usuario.

6.2.- Líneas futuras de investigación

- Sería interesante simplificar las uniones de los distintos elementos al chasis con el fin de facilitar el trabajo y la personalización del usuario en la silla.
- Contemplar la implementación de un dispositivo que permita conocer en tiempo real el estado de la batería.
- Proceder a la fabricación de un prototipo funcional de la silla de ruedas para, de esta manera, comprobar que todo lo calculado teóricamente concuerda con los datos reales y, una vez corroborado que todo funciona correctamente, pasar a su fabricación en serie.

7. Bibliografía

AENOR. (1991). *Silla de ruedas. Dimensiones totales máximas.*

AENOR. (1991). *Silla de ruedas. Nomenclatura.*

AENOR. (2014). *Silla de ruedas de propulsión manual. Requisitos y métodos de ensayo.*

dbaterias. (s.f.). *www.dbaterias.com*. Obtenido de <https://dbaterias.com/es/bateria-traccion-de-gel-12v-36ah-248081.html>

dortomedical. (s.f.). *dortmedical.com*. Obtenido de <https://dortomedical.com/blog/post/tipos-de-sillas-de-ruedas-y-caracteristicas.html>

Epdata. (2022). *www.epdata.es*. Obtenido de <https://www.epdata.es/datos/poblacion-discapacidad-espana-graficos/631#:~:text=En%20Espa%C3%B1a%20hay%20m%C3%A1s%20de%204%2C3%20millones%20de,cifras%20correspondientes%20a%202020%20y%20publicada%20en%202022>

fortaps. (s.f.). *fortaps.com*. Obtenido de https://fortaps.com/es/exteriores/contera-redonda-exterior-flexible-17-526.html#/413-envases-5000/626-o_ext-3/682-b-78/723-c-09/924-color-negro

guiadisc. (2012). *www.guiadisc.com*. Obtenido de <https://www.guiadisc.com/wp-content/uploads/2012/02/consideraciones-biomecanicas-de-la-silla-de-ruedas.pdf>

itpcd. (s.f.). *www.itpcd.gob.mx*. Obtenido de <http://www.itpcd.gob.mx/index.php/que-es-discapacidad>

karmamobility. (2020). *www.karmamobility.es*. Obtenido de <https://www.karmamobility.es/2020/04/historia-de-la-silla-de-ruedas/>

Movilidadsinlimites. (2014). *www.movilidadsinlimites.com*. Obtenido de https://www.movilidadsinlimites.com/silla_ruedas_manual_LAE.php

Movilidadsinlimites. (2014). *www.movilidadsinlimites.com*. Obtenido de https://www.movilidadsinlimites.com/silla_ruedas_manual_LCEV.php

norelem. (s.f.). *norelem.es*. Obtenido de <https://norelem.es/medias/26106-Datasheet-5087-Topes-de-goma-de-acero-o-acero-inoxidable-tipo-D-es.pdf?context=bWFzdGVyfHJvb3R8MTk2NzU3fGFwcGxpY2F0aW9uL3BkZnx>

oNWYvaGEwLzg4MzU5OTQwMjYwMTQvMjYxMDZfRGRF0YXNoZWV0XzU
wODdfVG9wZXNfZGVfZ29tYV9kZV9hY2Vyb19vX2FjZXJv

obbocare. (2021). *www.obbocare.com*. Obtenido de <https://www.obbocare.com/tipos-de-sillas-de-ruedas-y-modelos/>

ortopediamimas. (2019). *www.ortopediamimas.com*. Obtenido de <https://www.ortopediamimas.com/blog-de-ortopedia/partes-de-una-silla-de-ruedas/>

ortopediaplaza. (s.f.). *www.ortopediaplaza.com*. Obtenido de <https://www.ortopediaplaza.com/que-son-sillas-ruedas-bipedestadoras/>

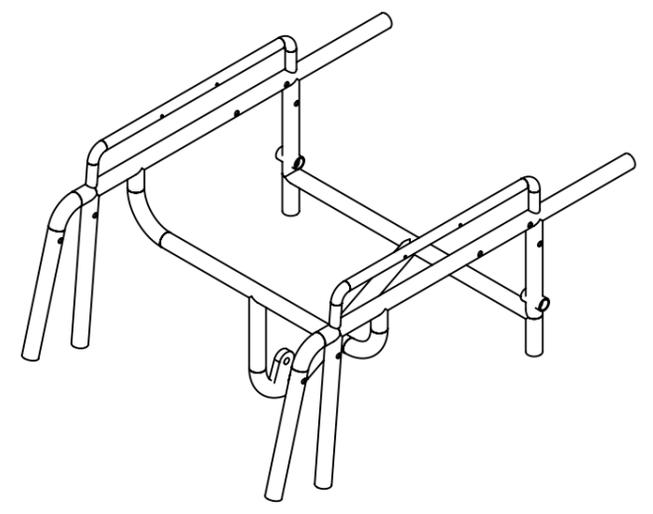
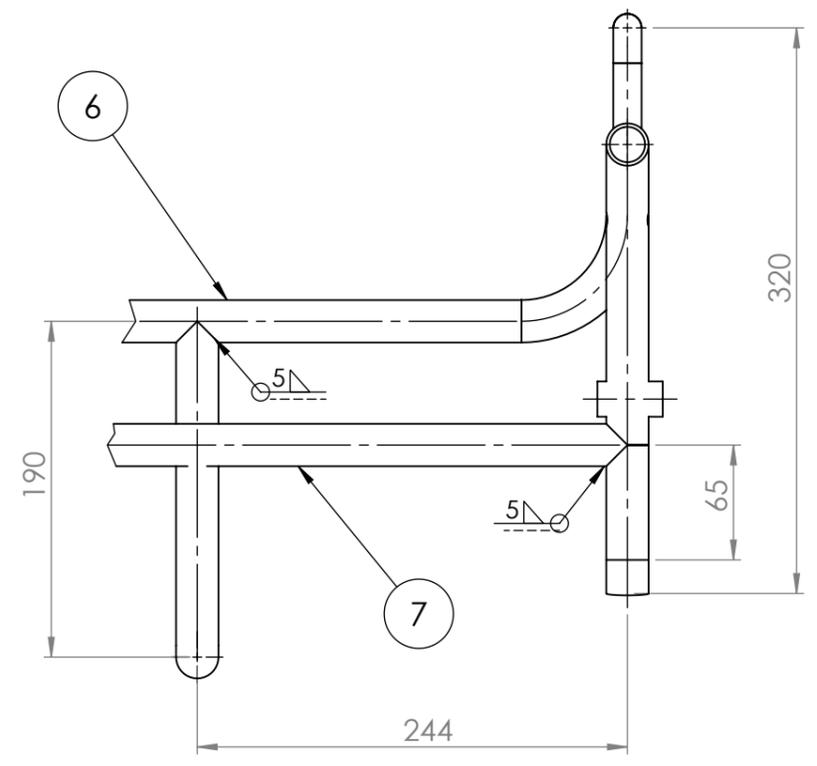
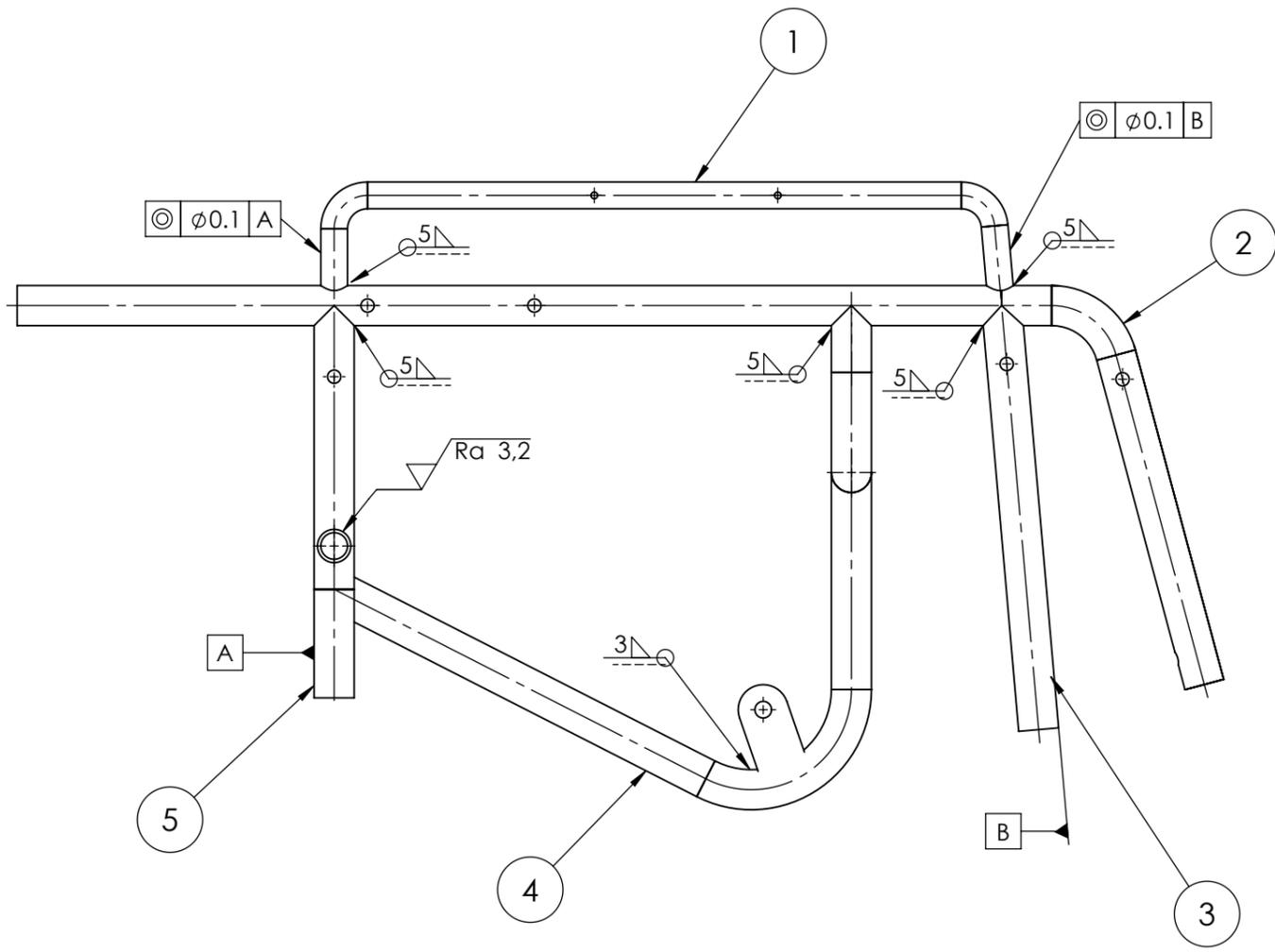
SKF. (s.f.). *www.dkfbearingselect.com*. Obtenido de <https://www.skfbearingselect.com/#/bearing-selection-start>

Sunrisemedical. (2021). *www.sunrisemedical.es*. Obtenido de <https://www.sunrisemedical.es/blog/movilidad-en-una-ciudad-en-silla-de-ruedas#:~:text=Los%20principales%20elementos%20para%20medir%20la%20accesibilidad%20y,infraestructuras%20relacionadas.%203%20Las%20instalaciones%20p%C3%BAblicas%20y%20servicios.>

timotion. (s.f.). *www.timotion.com*. Obtenido de <https://www.timotion.com/es/products/linear-actuators/ta6-series#features>

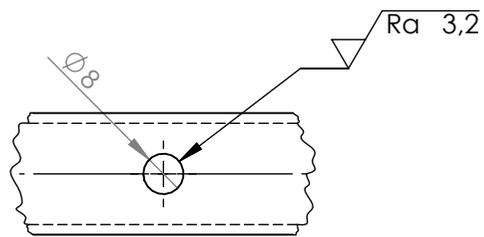
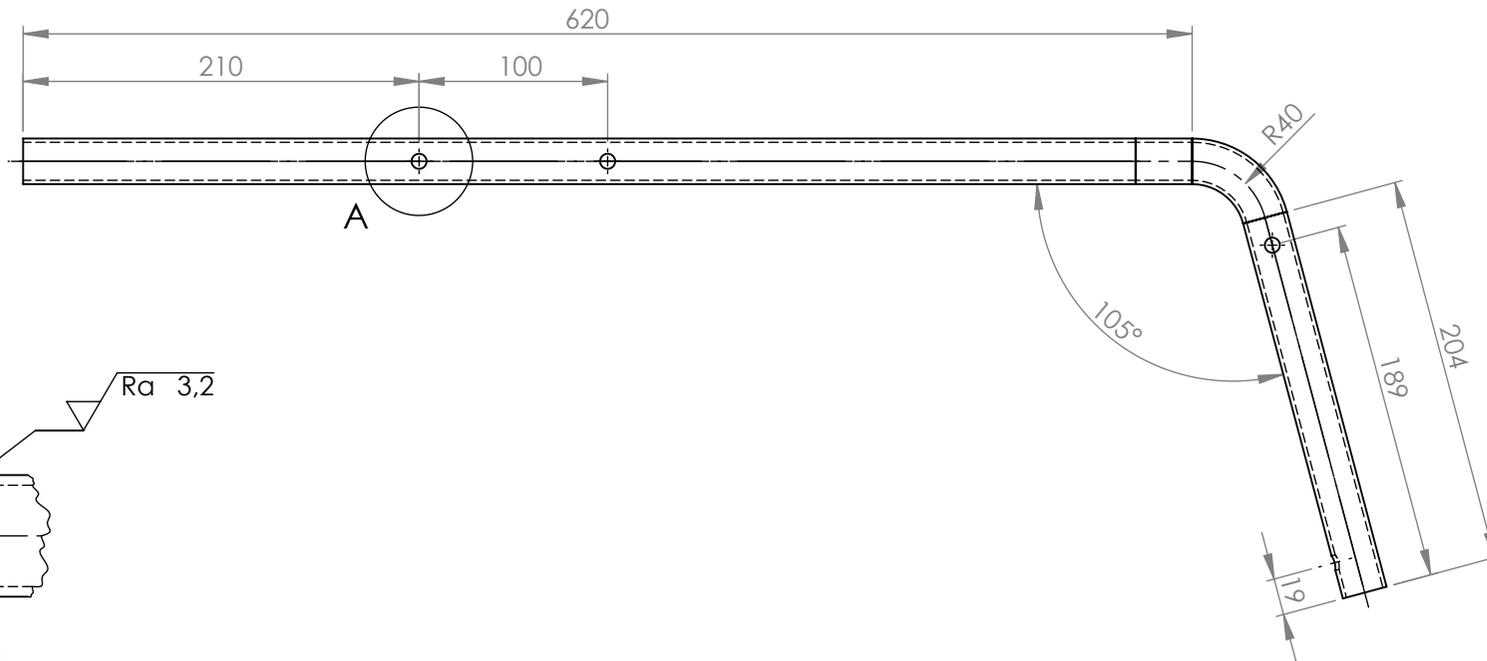
8. Anexo

8.1.- Planos



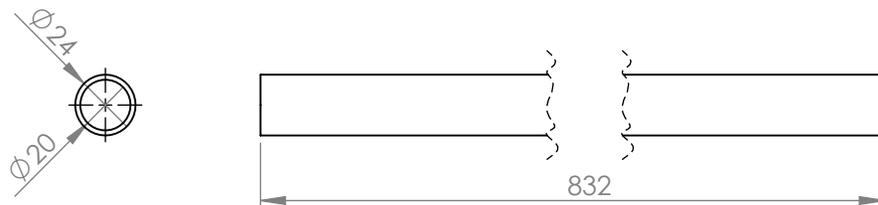
51 cm	Tubo redondo 16x2	1	Acero AISI 304
316,7 cm	Tubo redondo 24x2	2, 3, 4, 5, 6, 7	Acero AISI 304
CANTIDAD TOTAL	DESCRIPCIÓN	ELEMENTOS	MATERIAL
DIBUJADO	Adrián Labanda Méndez	Nº PLANO	 Universidad de Oviedo
FECHA DIBUJ.	13/07/2023	1	
REVISADO	-		
FECHA REVIS.			
ESCALA:	Chasis	TIPO Conjunto	MATERIAL Acero AISI 304
1:4			TOL. GEN. ISO 13920 - BF
			CANTIDAD 1
			HOJA 1 de 1

$\sqrt{Ra\ 25}$ (✓)



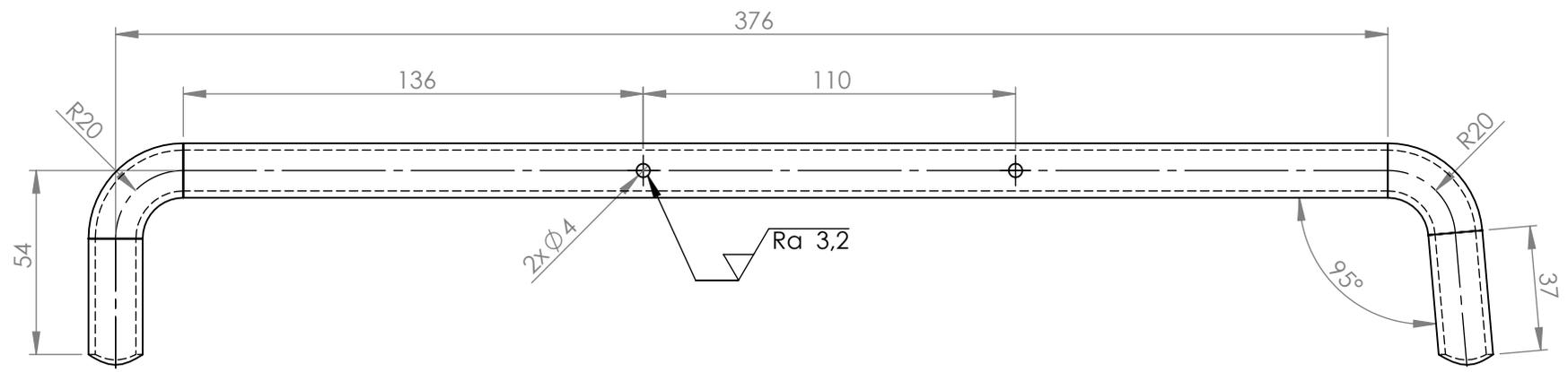
DETALLE A (2 : 3)

ESCALA 1:3



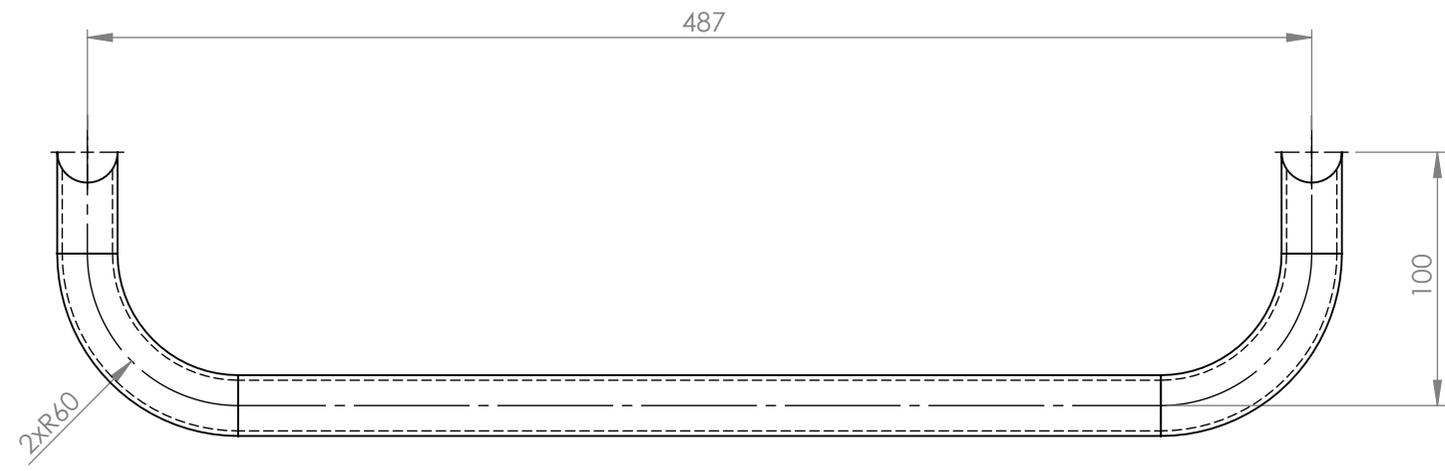
DIBUJADO	Adrián Labanda Méndez	Nº PLANO	 Universidad de Oviedo
FECHA DIBUJ.	13/07/2023	2	
REVISADO	-		
FECHA REVIS.		TIPO	Elemento
ESCALA:	Barra principal	MATERIAL	Acero AISI 304
1:4		TOL. GEN.	ISO 2768-mK
		CANTIDAD	1
		HOJA	1 de 1

$\sqrt{Ra\ 25}$ (✓)

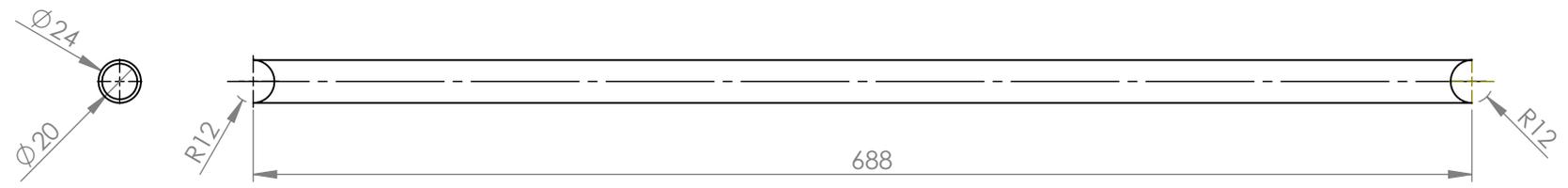


DIBUJADO	Adrián Labanda Méndez	Nº PLANO	 Universidad de Oviedo
FECHA DIBUJ.	13/07/2023	3	
REVISADO	-		
FECHA REVIS.		TIPO	Elemento
ESCALA:	Barra superior	MATERIAL	Acero AISI 304
1:2		TOL. GEN.	ISO 2768-mK
		CANTIDAD	1
		HOJA	1 de 1

Ra 25 (✓)

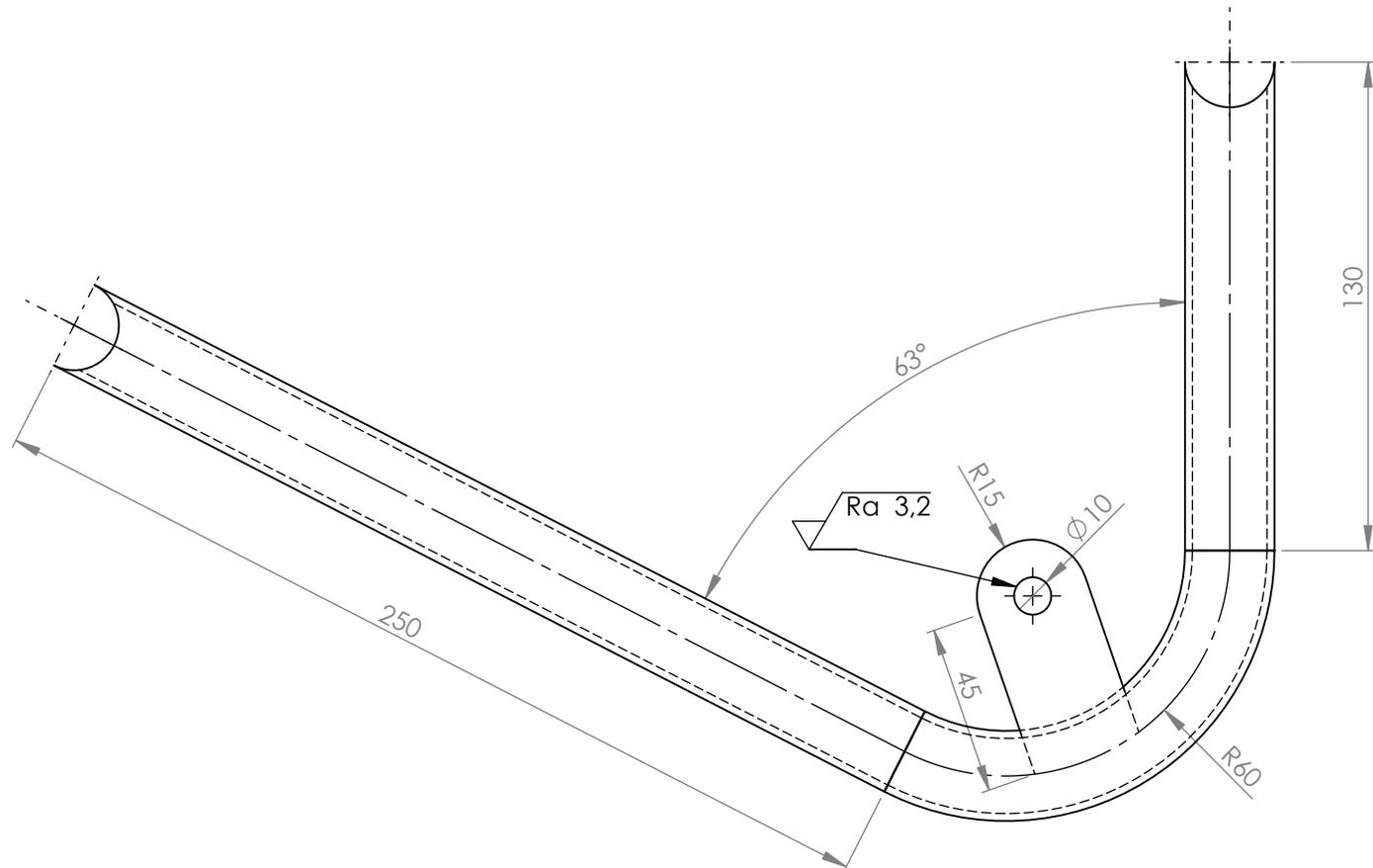


ESCALA 1:4

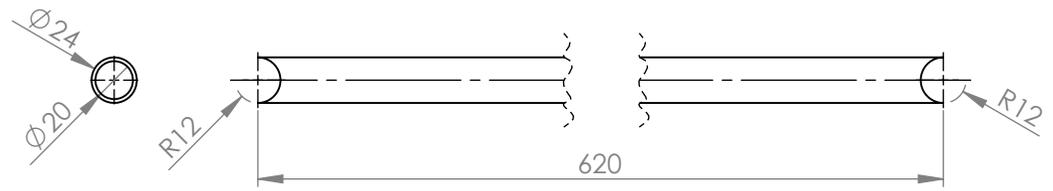


DIBUJADO	Adrián Labanda Méndez	Nº PLANO	 Universidad de Oviedo
FECHA DIBUJ.	13/07/2023	4	
REVISADO	-		
FECHA REVIS.		TIPO	Elemento
ESCALA:	Barra transversal del.	MATERIAL	Acero AISI 304
1:3		TOL. GEN.	ISO 2768-mK
		CANTIDAD	1
		HOJA	1 de 1

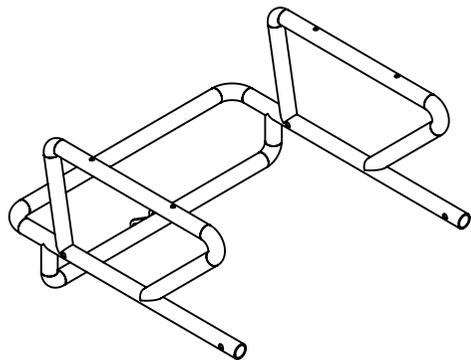
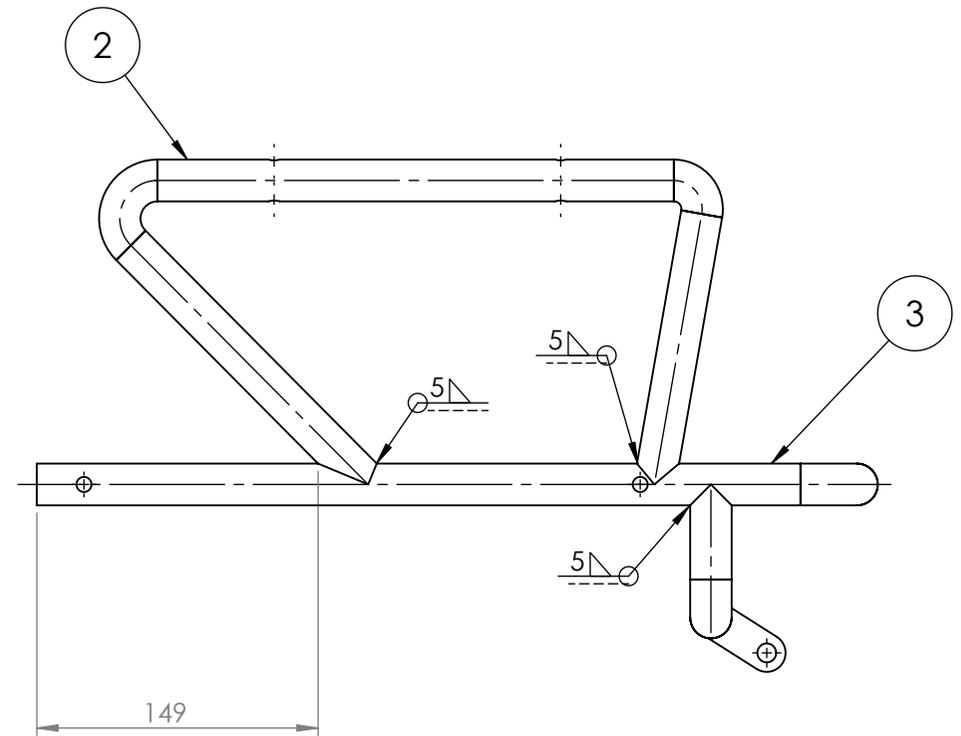
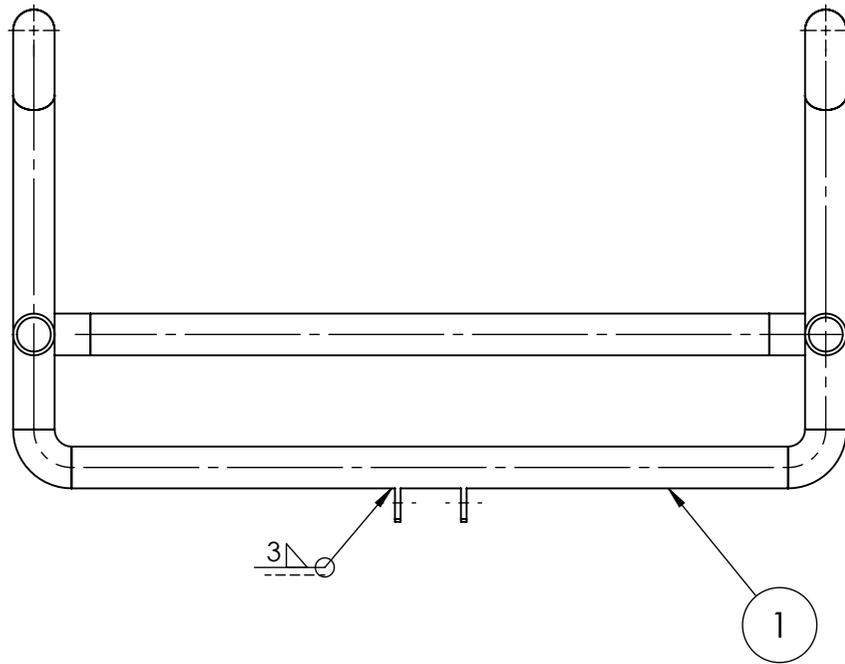
$\sqrt{Ra\ 25}$ (✓)



ESCALA 1:4

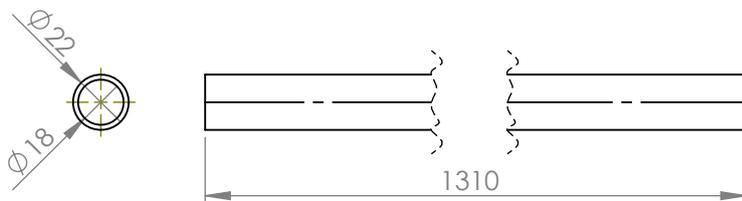
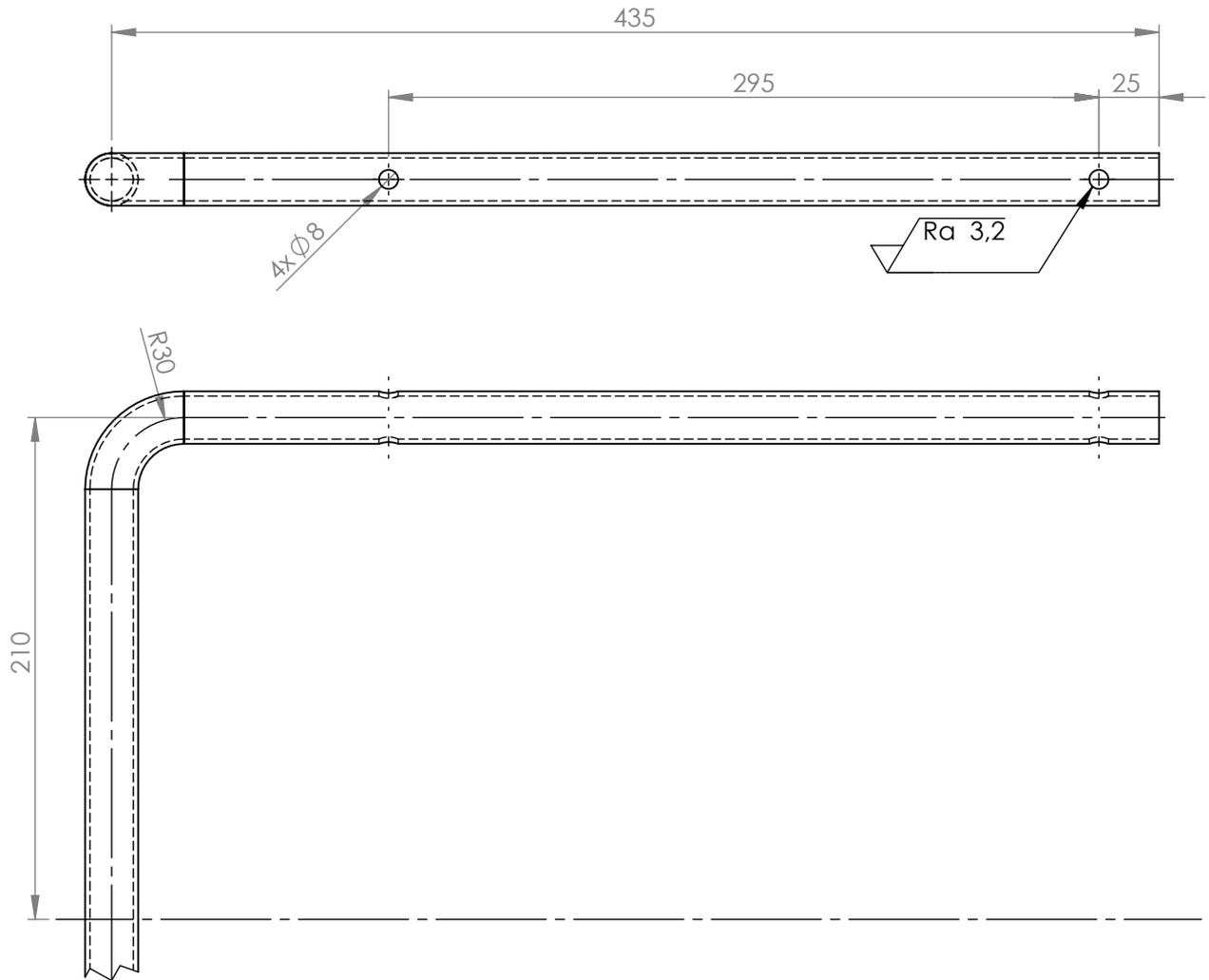


DIBUJADO	Adrián Labanda Méndez	Nº PLANO	 Universidad de Oviedo
FECHA DIBUJ.	13/07/2023	5	
REVISADO	-		
FECHA REVIS.		TIPO Elemento	
ESCALA:	Barra soporte actuador	MATERIAL	Acero AISI 304
1:2		TOL. GEN.	ISO 2768-mK
		CANTIDAD	1
		HOJA	1 de 1



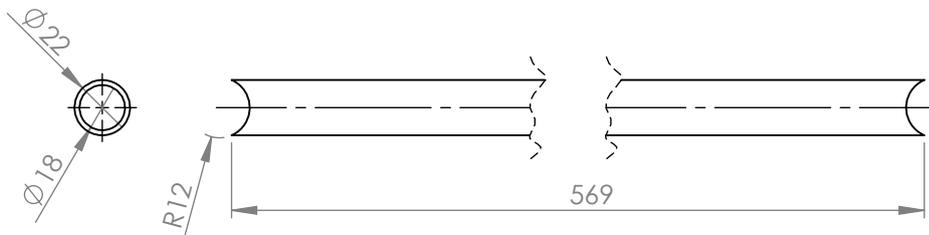
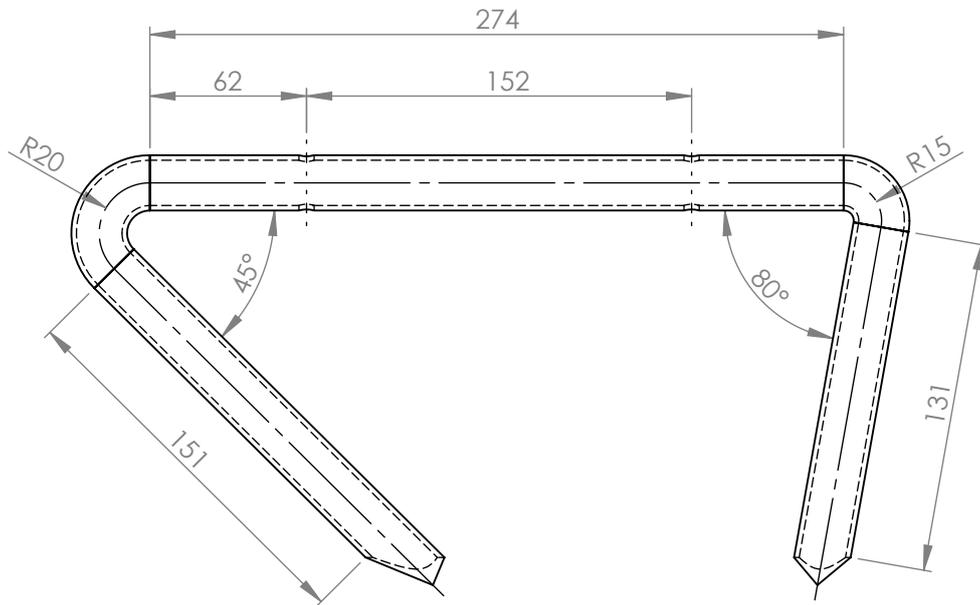
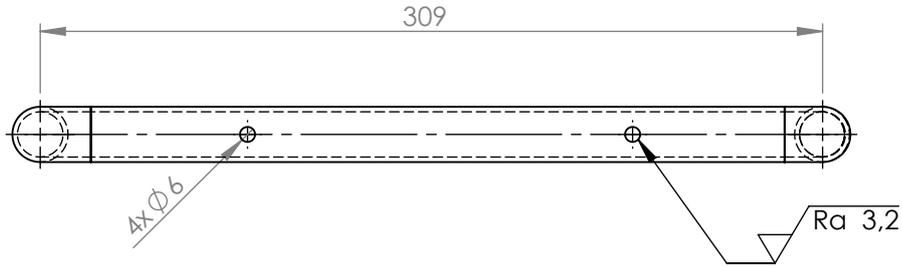
305 cm	Tubo redondo 22x2	1, 2, 3	Acero AISI 304
CANTIDAD TOTAL	DESCRIPCIÓN	ELEMENTOS	MATERIAL
DIBUJADO	Adrián Labanda Méndez	Nº PLANO	 Universidad de Oviedo
FECHA DIBUJ.	13/07/2023	6	
REVISADO	-		
FECHA REVIS.			
ESCALA:	Estructura del asiento	TIPO	Elemento
1:4		MATERIAL	Acero AISI 304
		TOL. GEN.	ISO 13920 - BF
		CANTIDAD	1
		HOJA	1 de 1

$\sqrt{Ra\ 25}$ (✓)



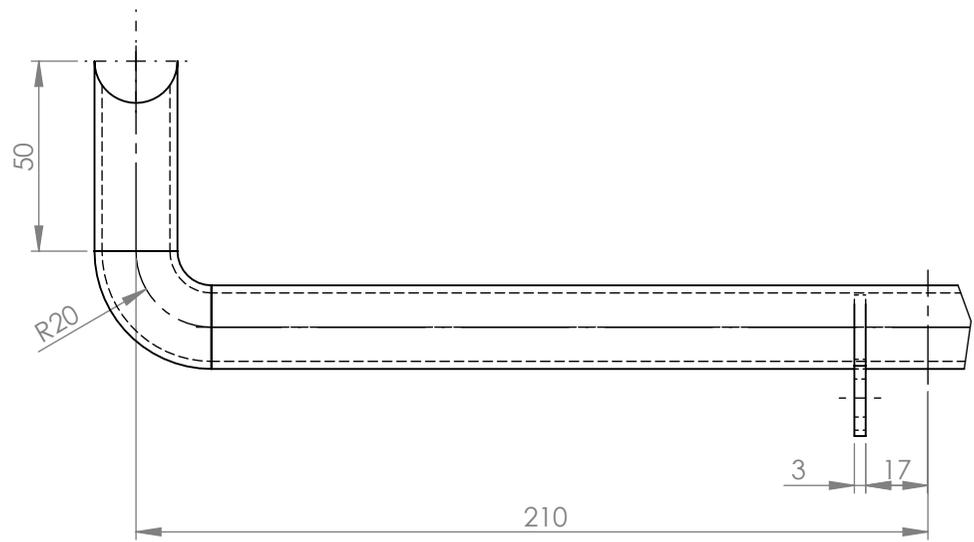
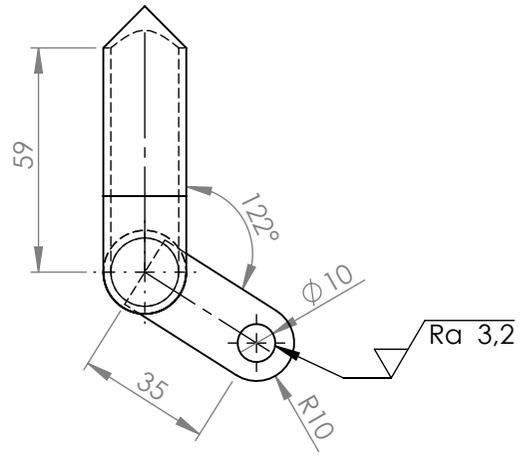
DIBUJADO	Adrián Labanda Méndez	Nº PLANO	 Universidad de Oviedo
FECHA DIBUJ.	13/07/2023	7	
REVISADO	-		
FECHA REVIS.		TIPO Elemento	
ESCALA:	Barra asiento	MATERIAL	Acero AISI 304
1:3		TOL. GEN.	ISO 2768-mK
		CANTIDAD	1
		HOJA	1 de 1

$\sqrt{\text{Ra } 25}$ (✓)

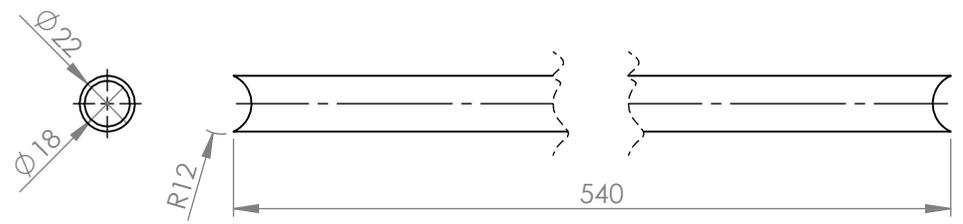


DIBUJADO	Adrián Labanda Méndez	Nº PLANO	 Universidad de Oviedo
FECHA DIBUJ.	13/07/2023	8	
REVISADO	-		
FECHA REVIS.		TIPO Elemento	
ESCALA:	Barra reposabrazos	MATERIAL	Acero AISI 304
1:3		TOL. GEN.	ISO 2768-mK
		CANTIDAD	1
		HOJA	1 de 1

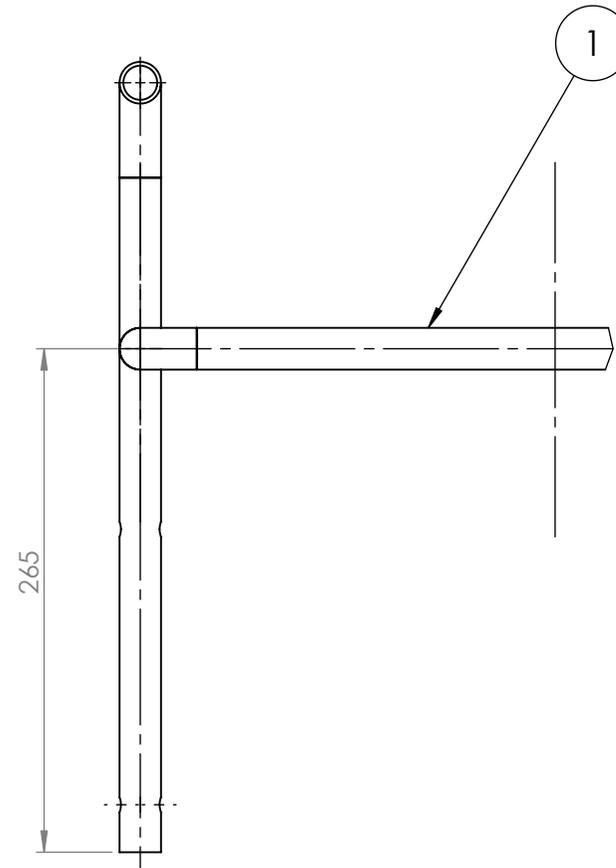
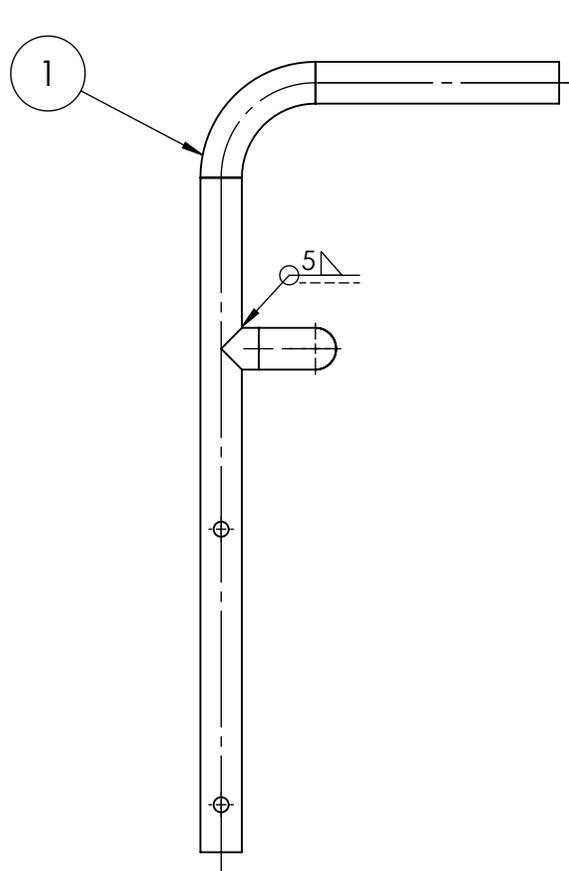
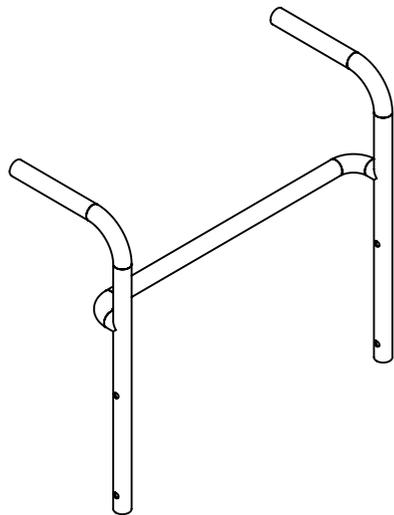
√ Ra 25 (✓)



ESCALA (1:3)

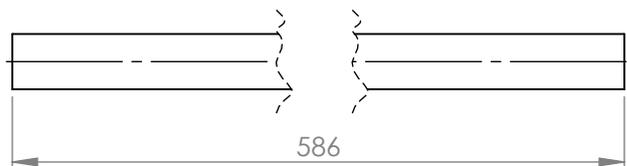
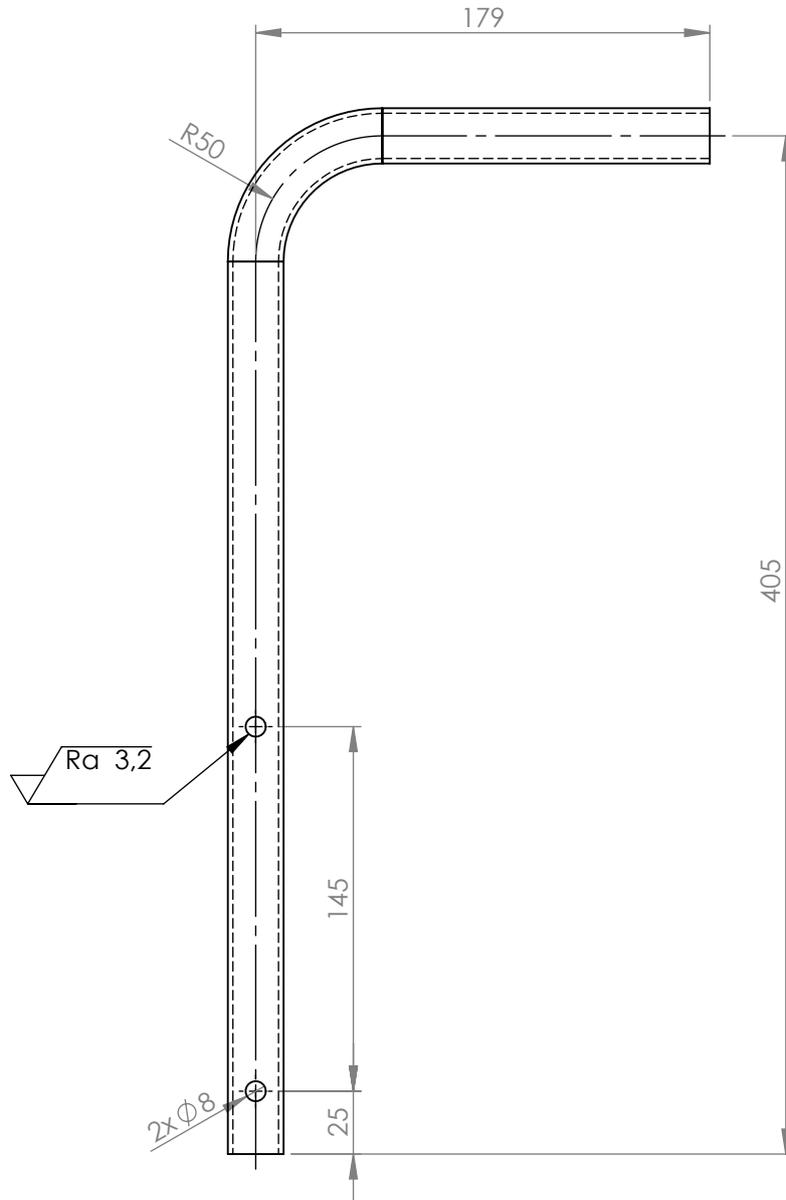


DIBUJADO	Adrián Labanda Méndez	Nº PLANO	 Universidad de Oviedo
FECHA DIBUJ.	13/07/2023	9	
REVISADO	-		
FECHA REVIS.		TIPO Elemento	
ESCALA:	Barra inferior asiento	MATERIAL	Acero AISI 304
1:2		TOL. GEN.	ISO 2768-mK
		CANTIDAD	1
		HOJA	1 de 1



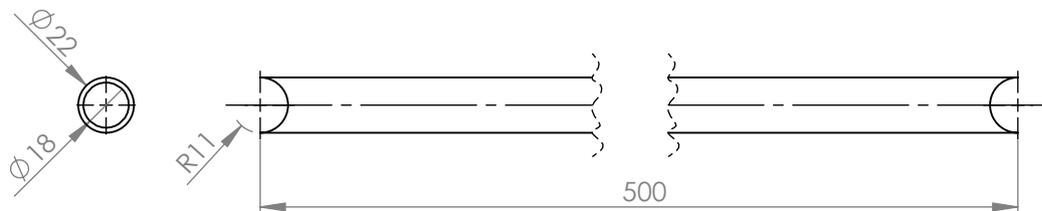
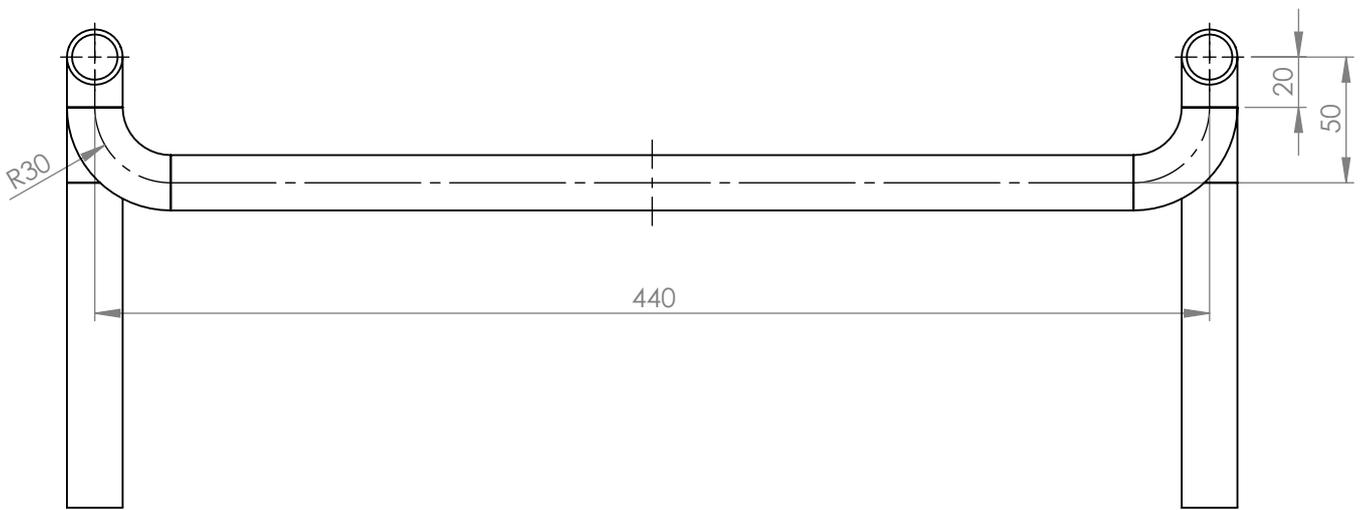
168 cm	Tubo redondo 22x2	1, 2	Acero AISI 304	
CANTIDAD TOTAL	DESCRIPCIÓN	ELEMENTOS	MATERIAL	
DIBUJADO	Adrián Labanda Méndez	Nº PLANO	 Universidad de Oviedo	
FECHA DIBUJ.	13/07/2023	10		
REVISADO	-			
FECHA REVIS.		TIPO Elemento	MATERIAL	
ESCALA:	Estructura respaldo		Acero AISI 304	
1:5			TOL. GEN. ISO 13920-BF	
			CANTIDAD	1
			HOJA	1 de 1

Ra 25 (✓✓)

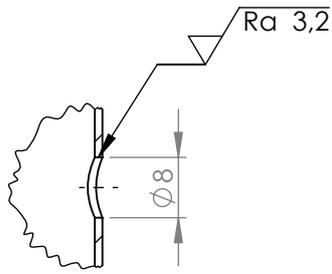


DIBUJADO	Adrián Labanda Méndez	Nº PLANO	 Universidad de Oviedo
FECHA DIBUJ.	13/07/2023	11	
REVISADO	-		
FECHA REVIS.		TIPO Elemento	
ESCALA:	Barra lateral respaldo	MATERIAL	Acero AISI 304
1:3		TOL. GEN.	ISO 2768-mK
		CANTIDAD	1
		HOJA	1 de 1

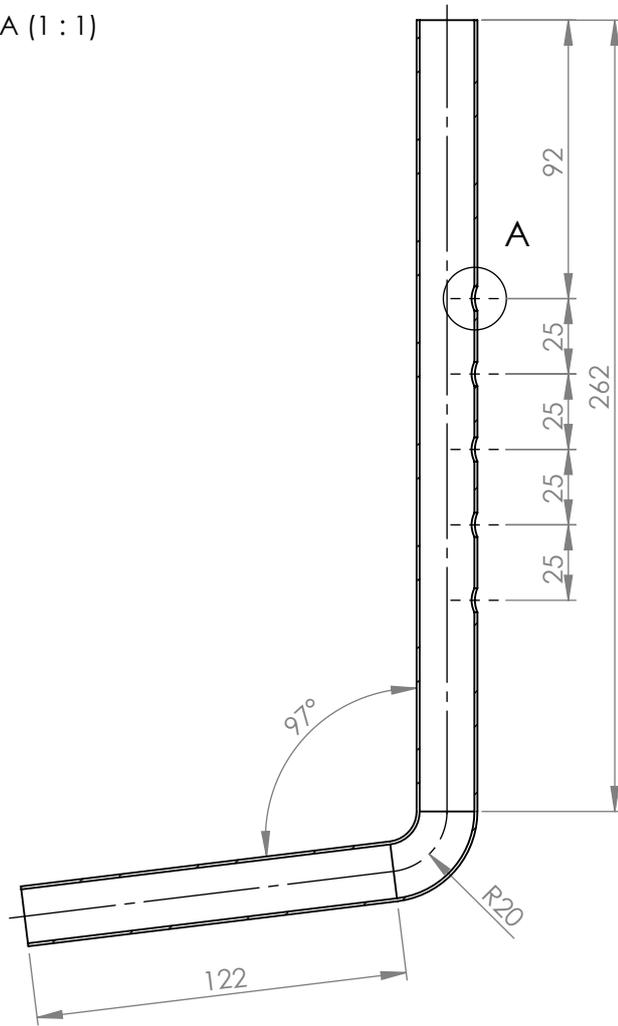
$\sqrt{\text{Ra } 25}$



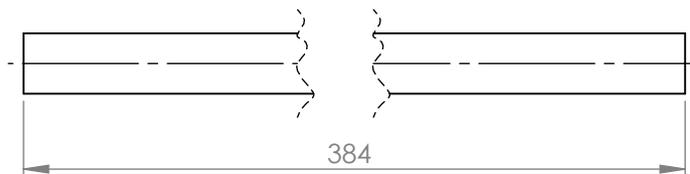
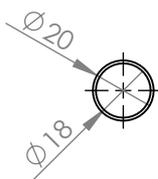
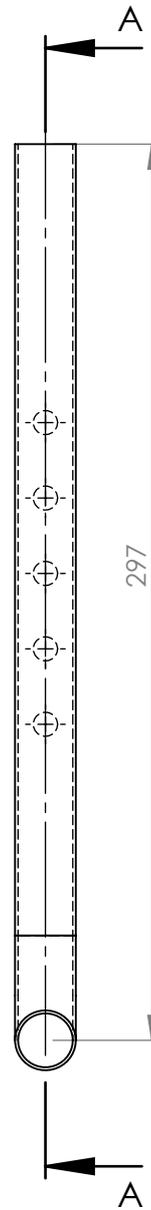
DIBUJADO	Adrián Labanda Méndez	Nº PLANO		 Universidad de Oviedo
FECHA DIBUJ.	13/07/2023	12		
REVISADO	-			
FECHA REVIS.		TIPO	Elemento	
ESCALA: 1:3	Barra transversal respaldo	MATERIAL		Acero AISI 304
		TOL. GEN.		ISO 2768-mK
		CANTIDAD		1
		HOJA		1 de 1



DETALLE A (1 : 1)

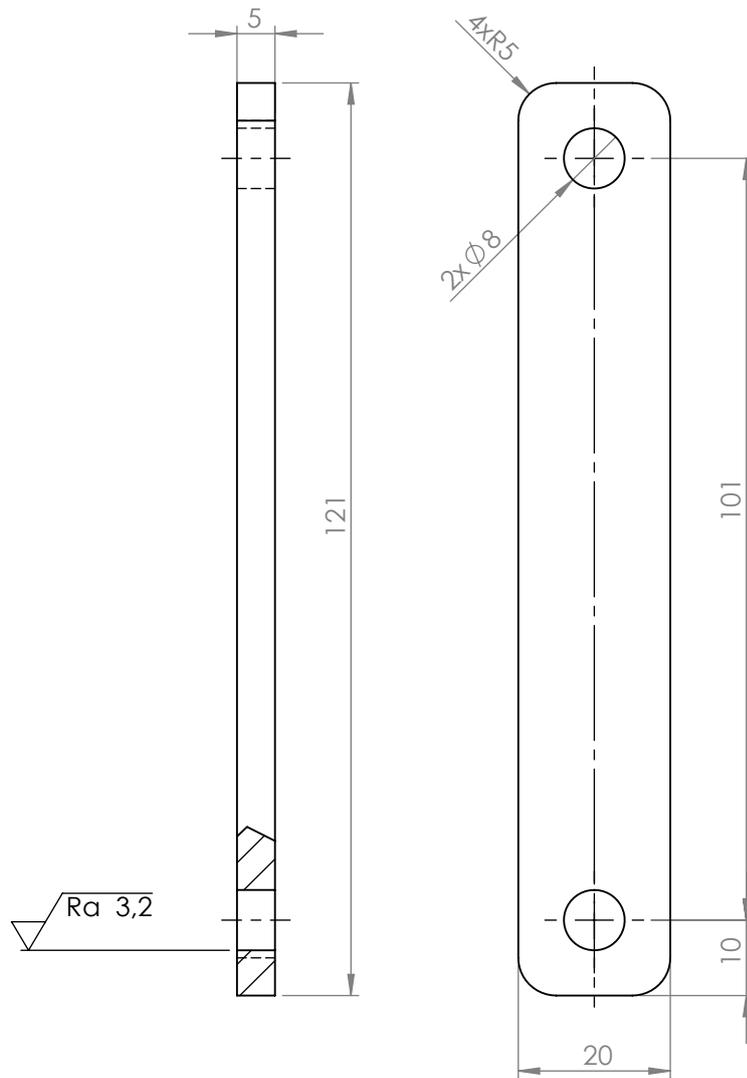


SECCIÓN A-A



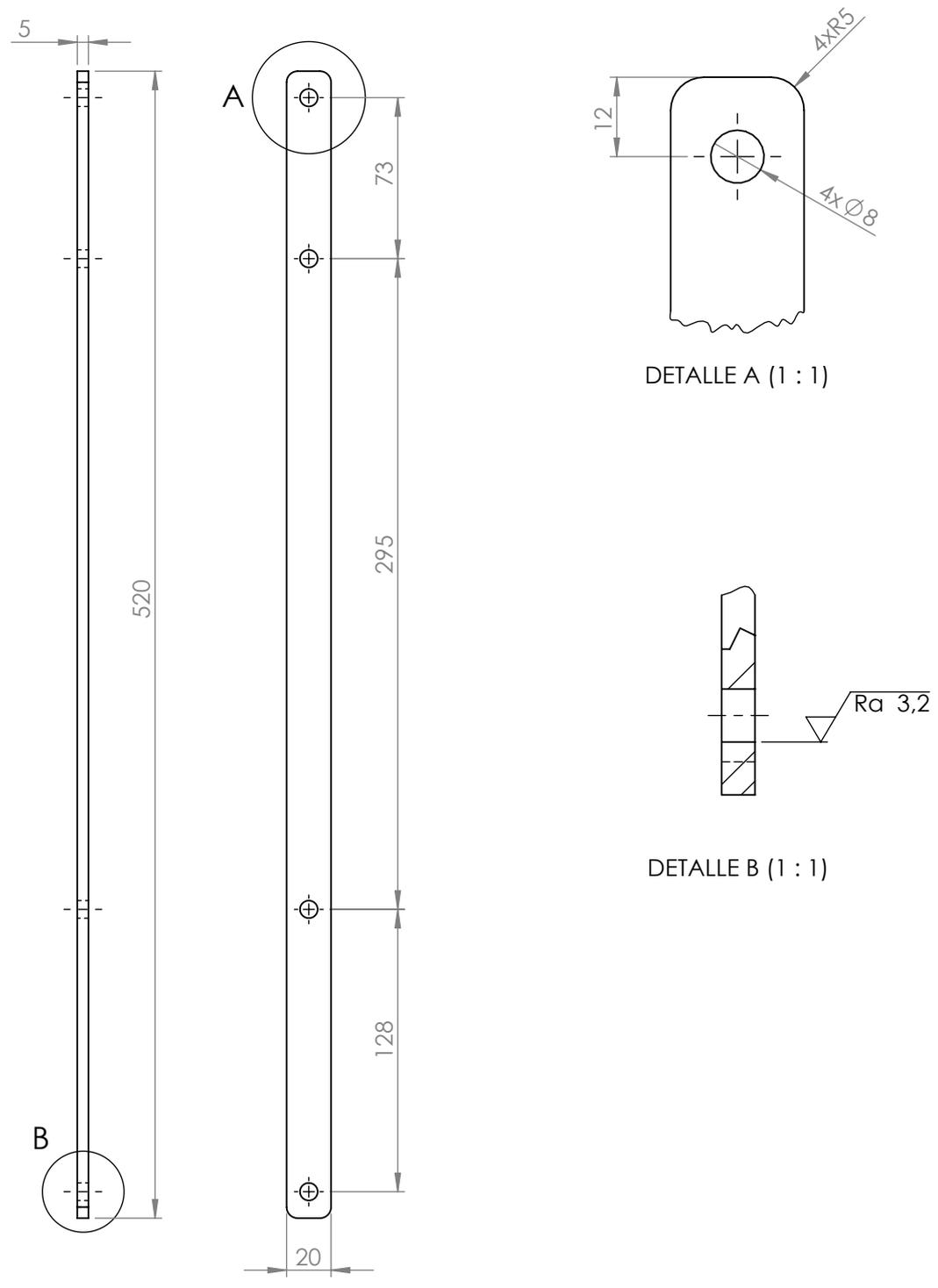
DIBUJADO	Adrián Labanda Méndez	Nº PLANO	 Universidad de Oviedo
FECHA DIBUJ.	13/07/2023	13	
REVISADO	-		
FECHA REVIS.		TIPO Elemento	
ESCALA:	Barra reposapiés	MATERIAL	Acero AISI 304
2:5		TOL. GEN.	ISO 2768-mK
		CANTIDAD	1
		HOJA	1 de 1

Ra 25 (✓)



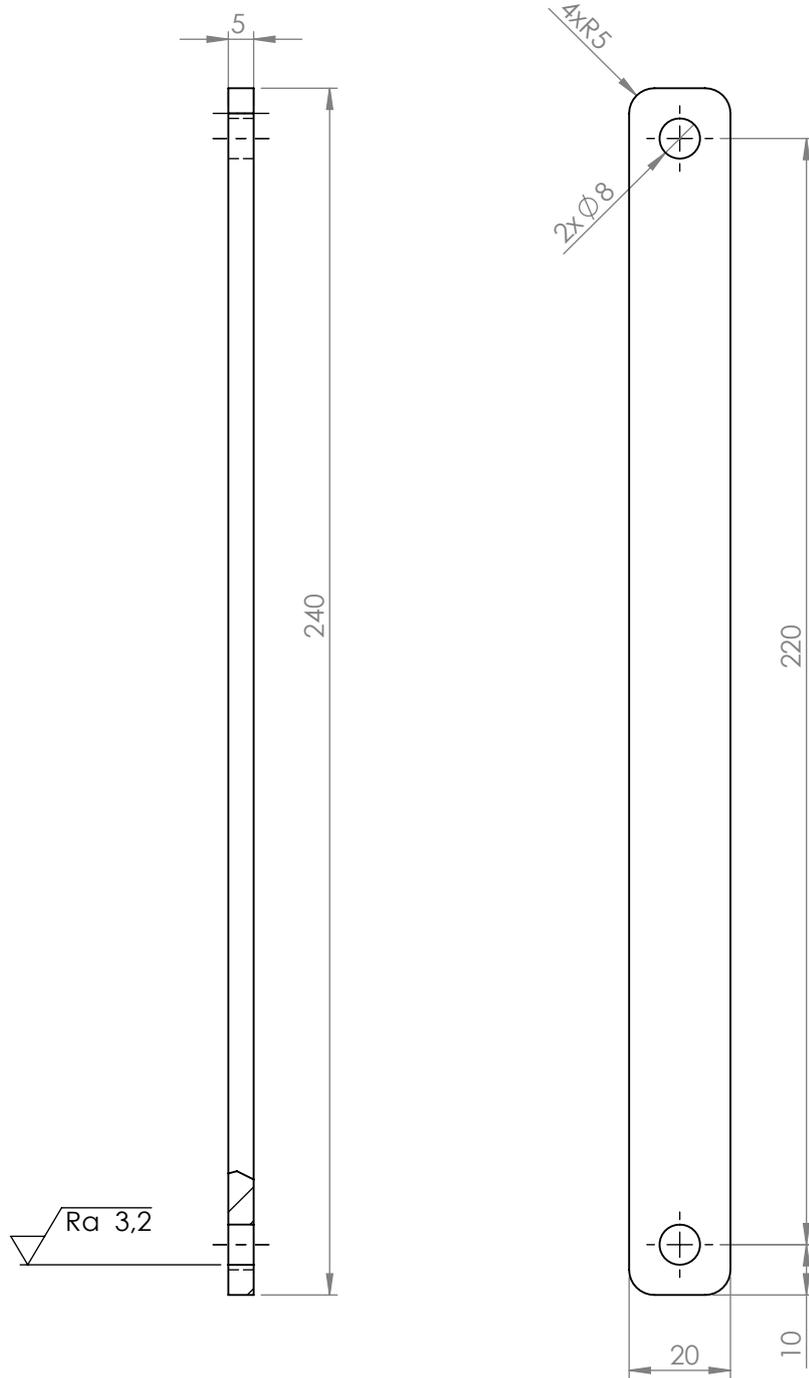
DIBUJADO	Adrián Labanda Méndez	Nº PLANO		 Universidad de Oviedo
FECHA DIBUJ.	13/07/2023	14		
REVISADO	-			
FECHA REVIS.		TIPO	Elemento	
ESCALA:	Eslabón corto	MATERIAL		Acero S250
1:1		TOL. GEN.		ISO 2768-mK
		CANTIDAD		1
		HOJA		1 de 1

$\sqrt{Ra\ 25}$ (✓)



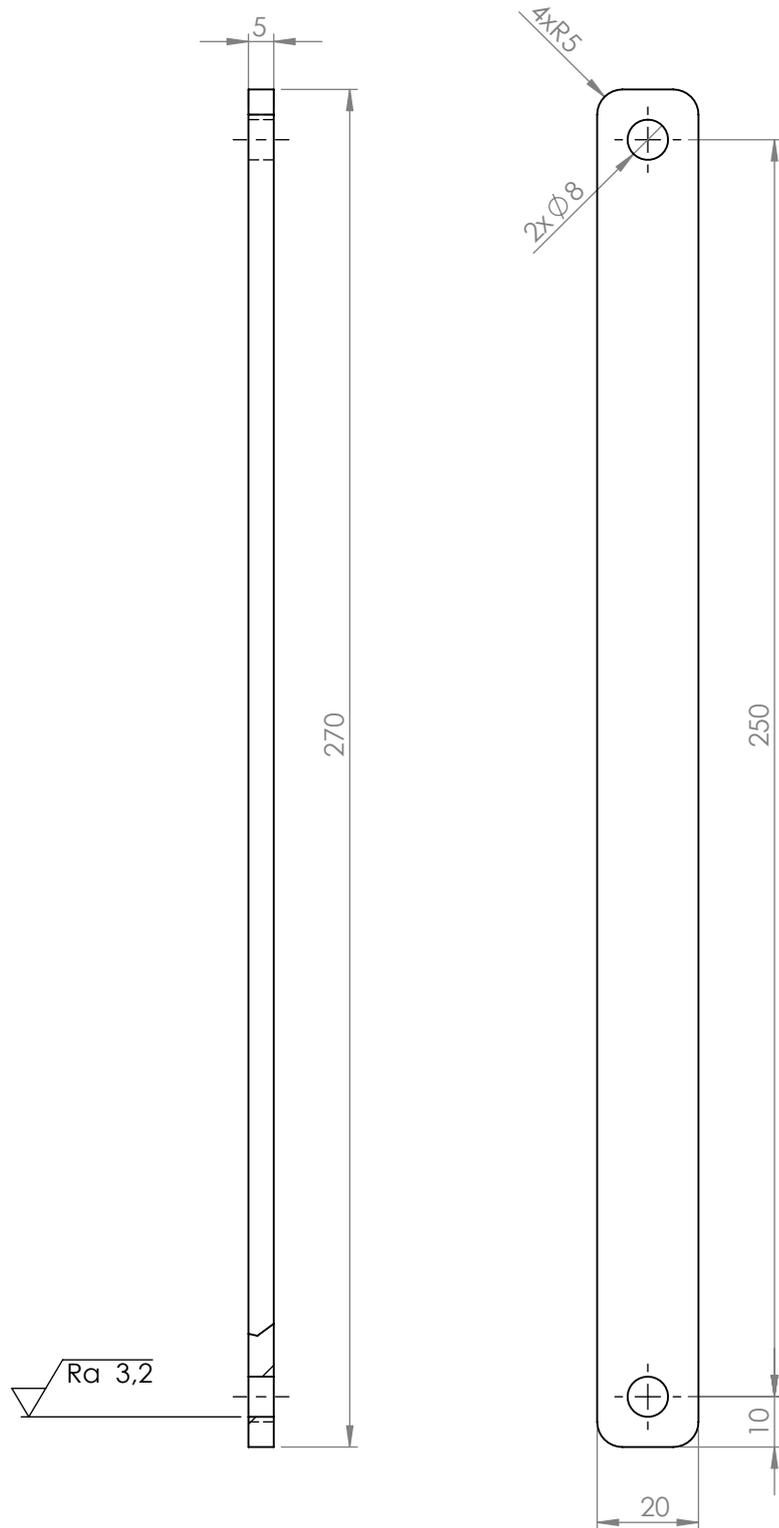
DIBUJADO	Adrián Labanda Méndez	Nº PLANO	 Universidad de Oviedo
FECHA DIBUJ.	13/07/2023	15	
REVISADO	-		
FECHA REVIS.		TIPO Elemento	
ESCALA:	Barra horizontal	MATERIAL	Acero S250
1:3		TOL. GEN.	ISO 2768-mK
		CANTIDAD	1
		HOJA	1 de 1

√ Ra 25 (√)



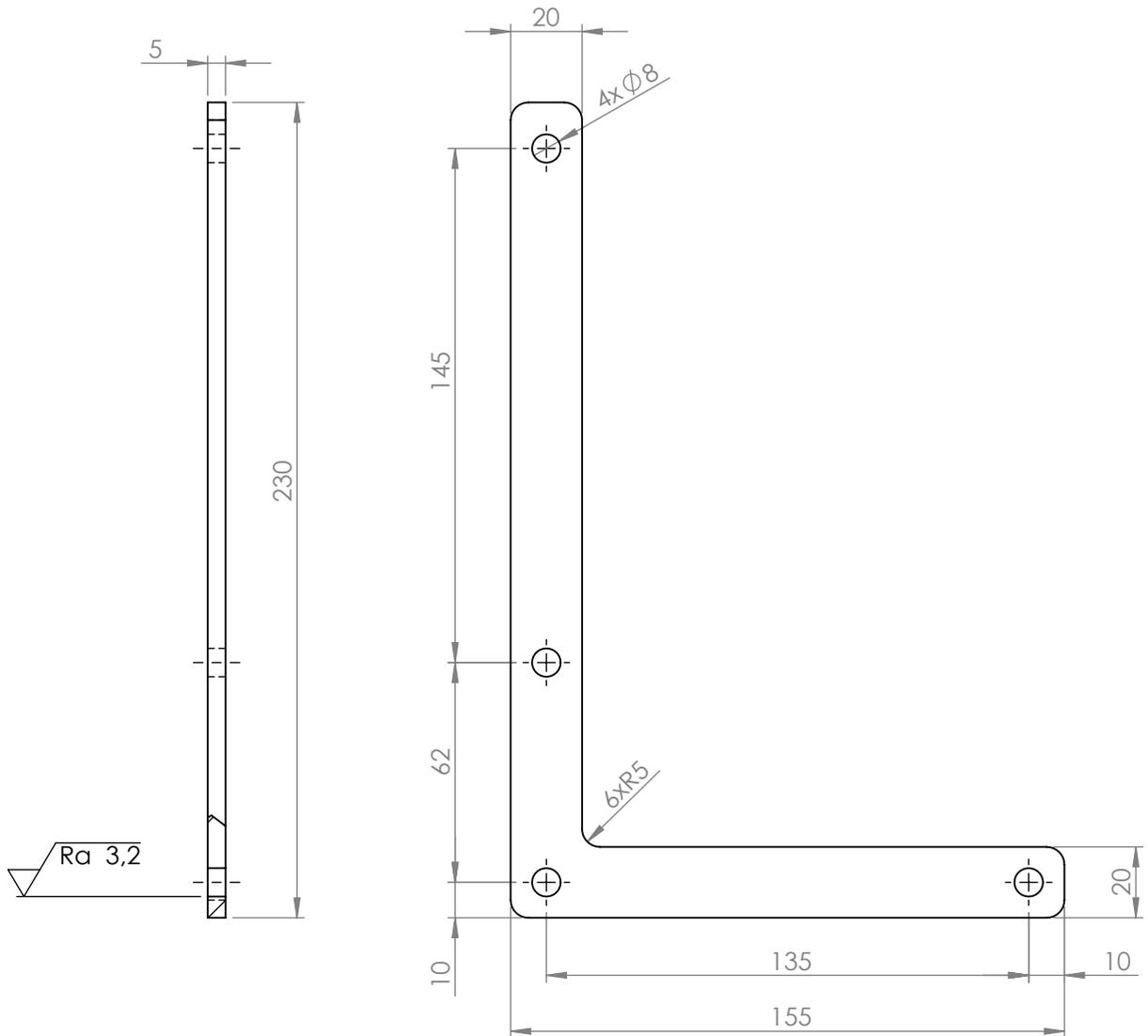
DIBUJADO	Adrián Labanda Méndez	Nº PLANO	 Universidad de Oviedo
FECHA DIBUJ.	13/07/2023	16	
REVISADO	-		
FECHA REVIS.		TIPO Elemento	
ESCALA: 2:3	Barra inclinada delantera	MATERIAL	Acero S250
		TOL. GEN.	ISO 2768-mK
		CANTIDAD	1
		HOJA	1 de 1

Ra 25 (✓)

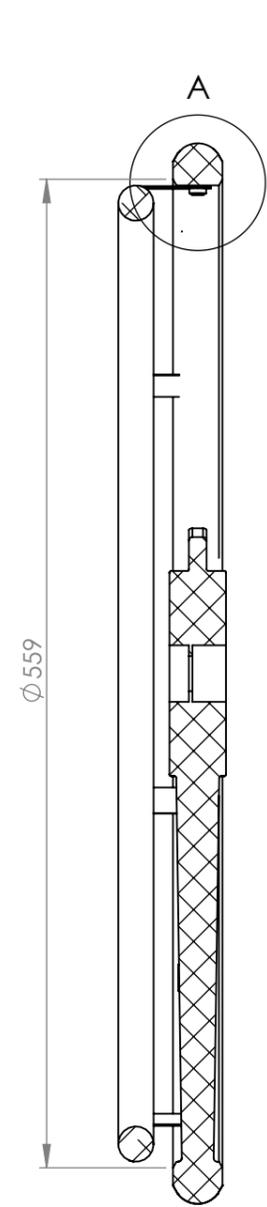


DIBUJADO	Adrián Labanda Méndez	Nº PLANO	 Universidad de Oviedo
FECHA DIBUJ.	13/07/2023	17	
REVISADO	-		
FECHA REVIS.		TIPO Elemento	
ESCALA: 2:3	Barra inclinada trasera	MATERIAL	Acero S250
		TOL. GEN.	ISO 2768-mK
		CANTIDAD	1
		HOJA	1 de 1

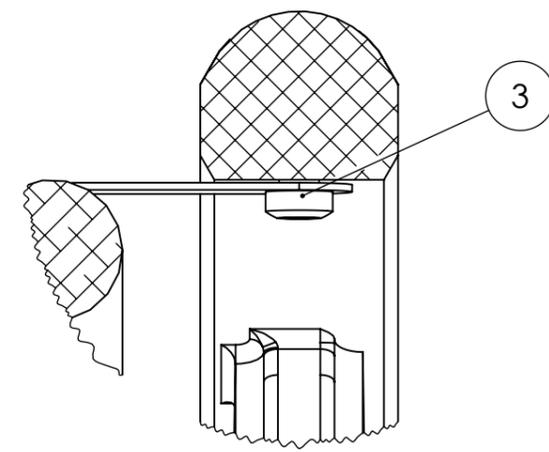
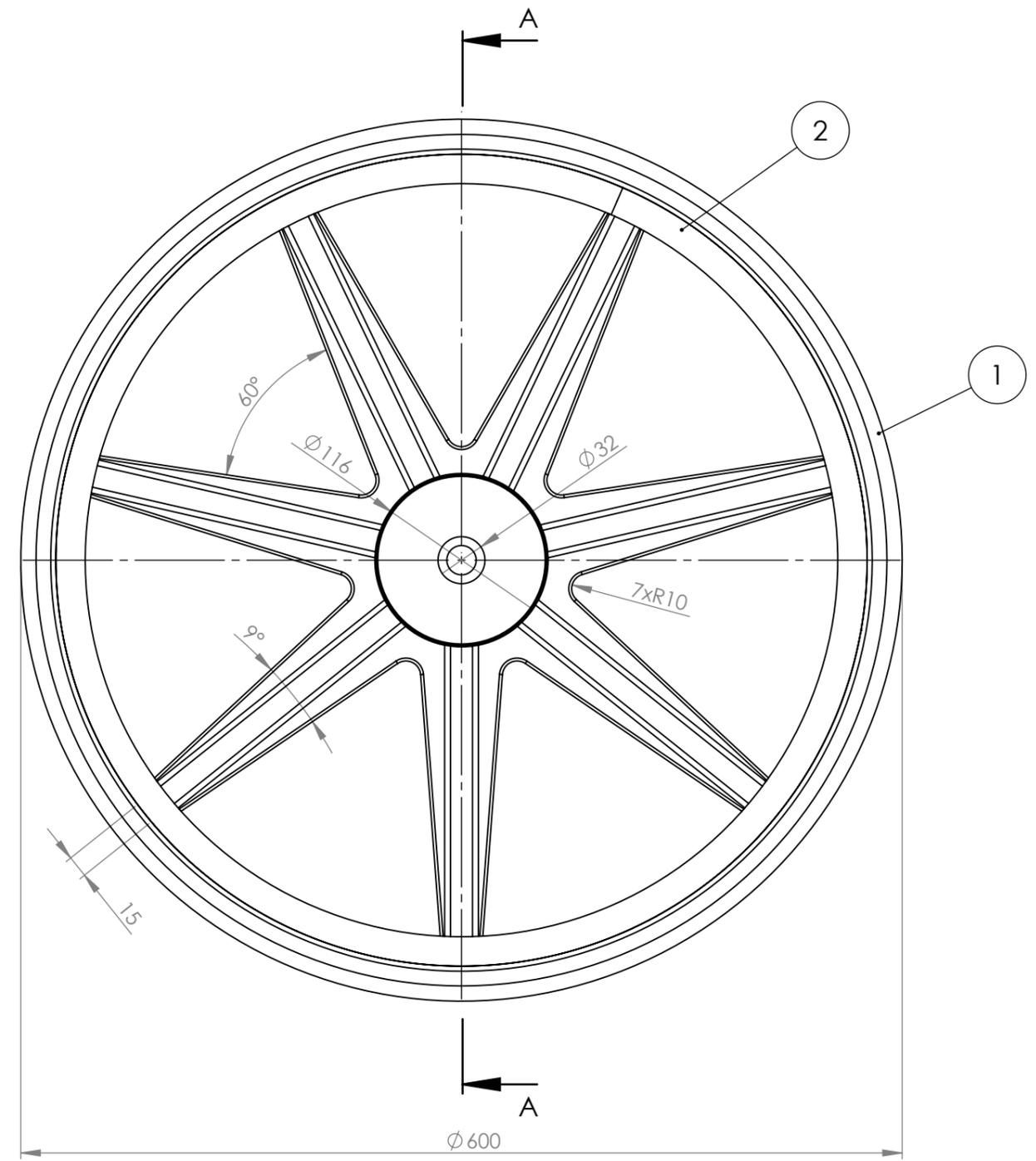
$\sqrt{Ra\ 25}$ (✓)



DIBUJADO	Adrián Labanda Méndez	Nº PLANO	 Universidad de Oviedo
FECHA DIBUJ.	13/07/2023	18	
REVISADO	-		
FECHA REVIS.		TIPO Elemento	
ESCALA:	Barra respaldo	MATERIAL	Acero S250
1:2		TOL. GEN.	ISO 2768-mK
		CANTIDAD	1
		HOJA	1 de 1

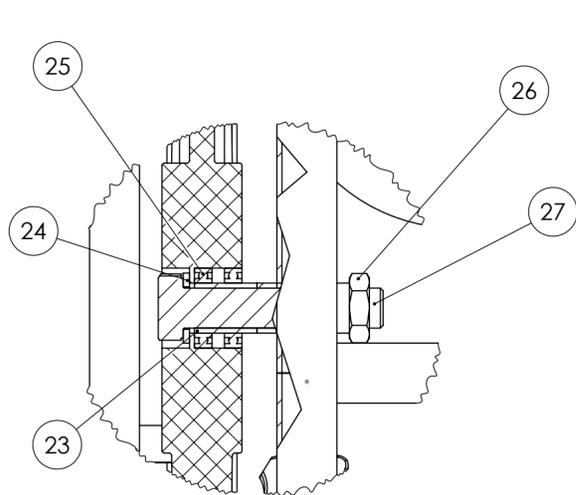
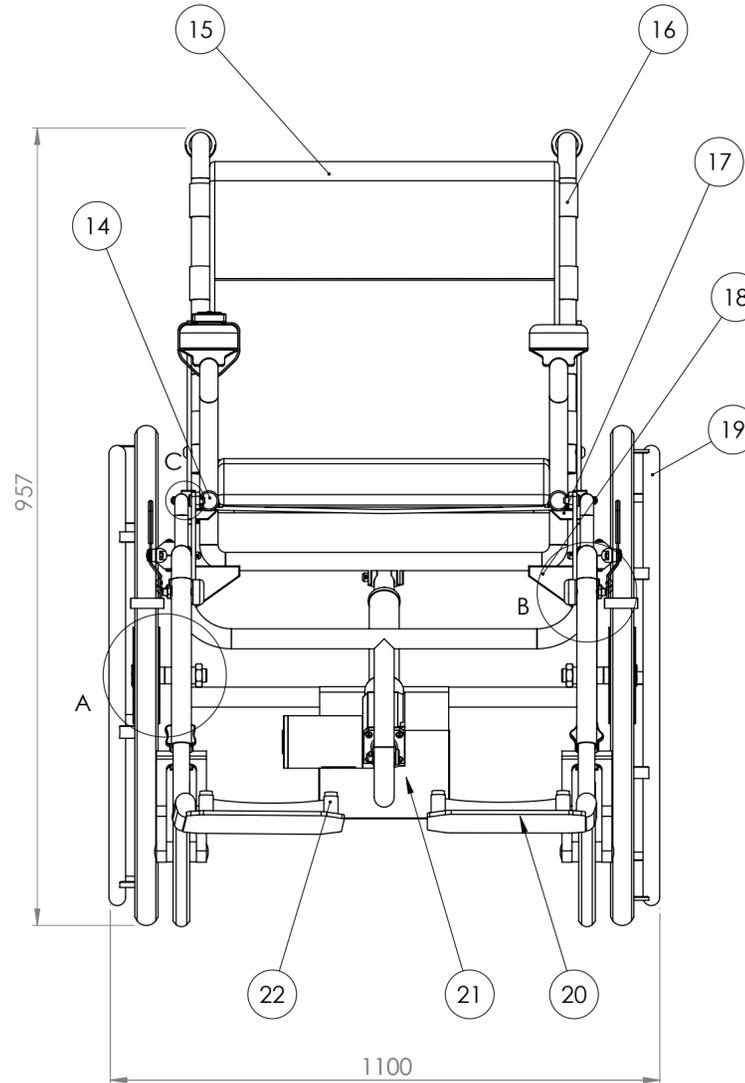
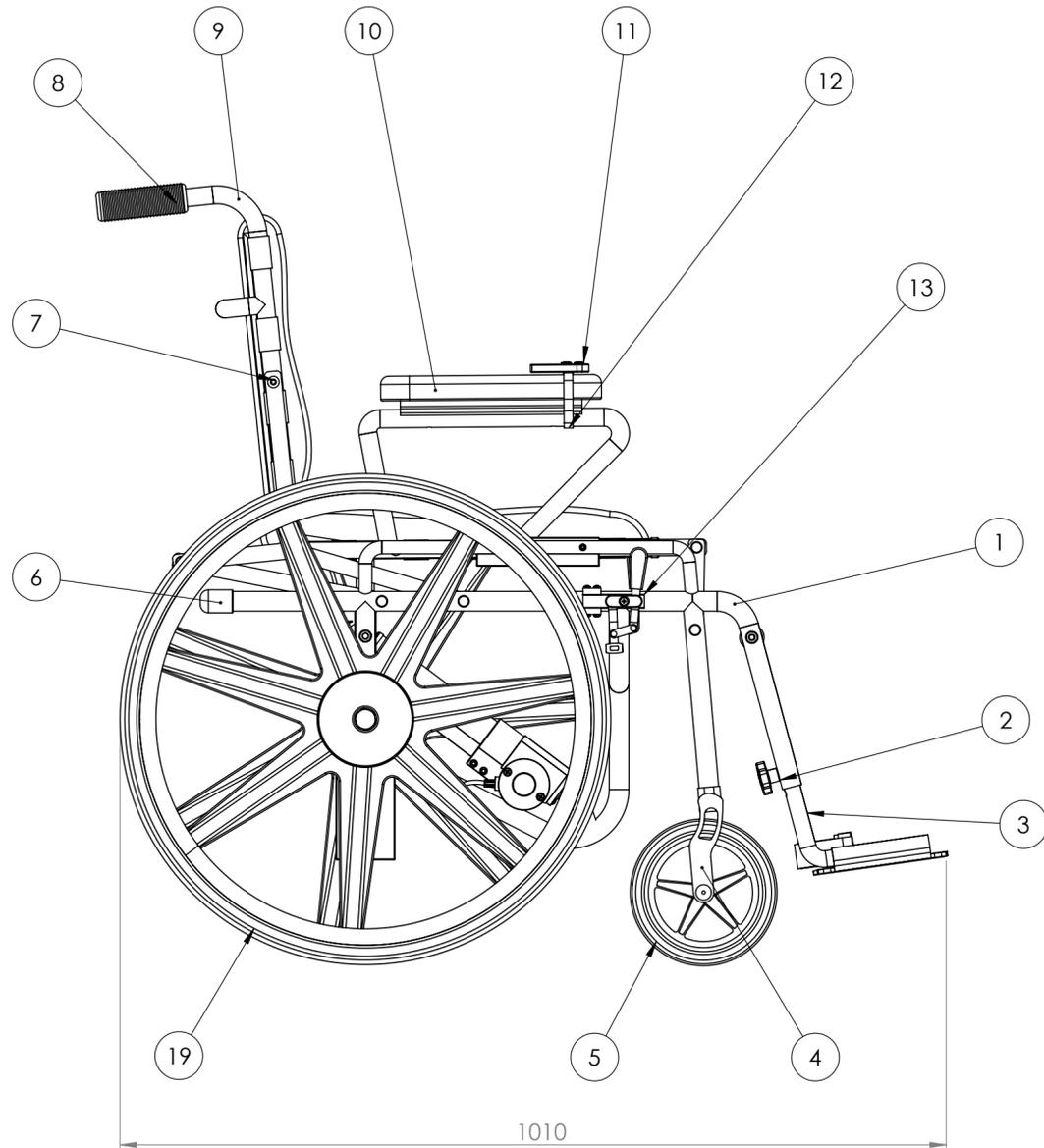


SECCIÓN A-A

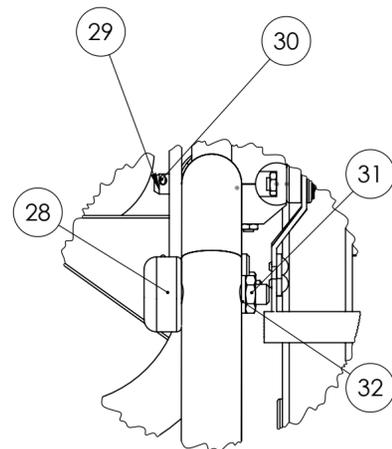


DETALLE A (1 : 1)

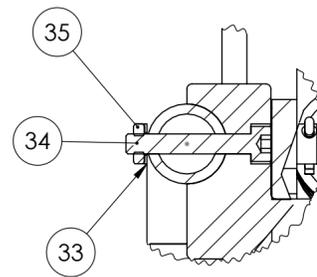
3	Tornillo cabeza en cruz M5 x 6 (ISO 14583)		7
2	Aro	Aleacion 1060	1
1	Rueda trasera	Poliuretano	1
MARCA		NOMBRE	MATERIAL
DIBUJADO		Adrián Labanda Méndez	Nº PLANO
FECHA DIBUJ.		13/07/2023	19
REVISADO		-	 Universidad de Oviedo
FECHA REVIS.			
ESCALA:		Rueda trasera	TIPO Conjunto
1:4			MATERIAL
			TOL. GEN.
			CANTIDAD
		HOJA	1 de 1



DETALLE A (1 : 2)



DETALLE B (1 : 2)



DETALLE C (1 : 1)

35	Tuerca hexagonal M4 (ISO 4762)	Acero inoxidable, 440 C	4
34	Tornillo cabeza hexag M4 x 30 (ISO 4035)	Acero inoxidable, 440 C	4
33	Arandela plana (ISO 7092)	Acero	4
32	Arandela plana (ISO 7092)	Acero	12
31	Tuerca hexagonal M8(ISO 4035)	Acero inoxidable, 440 C	12
30	Albura (ISO 1234)	Acero inoxidable, 440 C	12
29	Pasador M8 x 35 (ISO 2341)	Acero inoxidable, 440 C	6
28	Tope barra anterior	Caucho	2
27	Tornillo cabeza hex M16 x 80 (ISO 4014)	Acero inoxidable, 440 C	2
26	Tuerca hexagonal M16 (ISO 4035)	Acero inoxidable, 440 C	2
25	Rodamiento bolas rígidas (ISO 15) Ø20	Acero inoxidable, 440 C	4
24	Arandela plana (ISO 7092)	Acero	2
23	Casquillo	Aleación de cobre	2
22	Correa reposapiés		2
21	Conjunto batería		1
20	Resposapiés	PVC	1
19	Conjunto rueda trasera y aro		2
18	Tope inferior	Caucho	2
17	Tope superior	Caucho	2
15	Cojín respaldo		1
14	Contera asiento	Caucho	2
13	Freno		1
12	Cinta control		1
11	Control		1
10	Reposabrazos		2
9	Respaldo	Acero AISI 304	1
8	Manguetas	Goma	2
7	Tornillo cabeza hueca hex M8 x 35 (ISO 7380)	Acero inoxidable, 440 C	8
6	Contera 24 mm	Caucho	4
5	Rueda delantera		2
4	Anclaje rueda delantera	Acero AISI 304	2
3	Barra reposapiés	Acero AISI 304	2
2	Tornillo estrella M8	Acero	2
1	Chasis	Acero AISI 304	1
MARCA	NOMBRE	MATERIAL	CANTIDAD

DIBUJADO

Adrián Labanda Méndez

FECHA DIBUJ.

13/07/2023

REVISADO

FECHA REVIS.

ESCALA:

1:6

**Silla de ruedas
posición sentada**

Nº PLANO

20

TIPO Conjunto

MATERIAL

TOL. GEN.

CANTIDAD

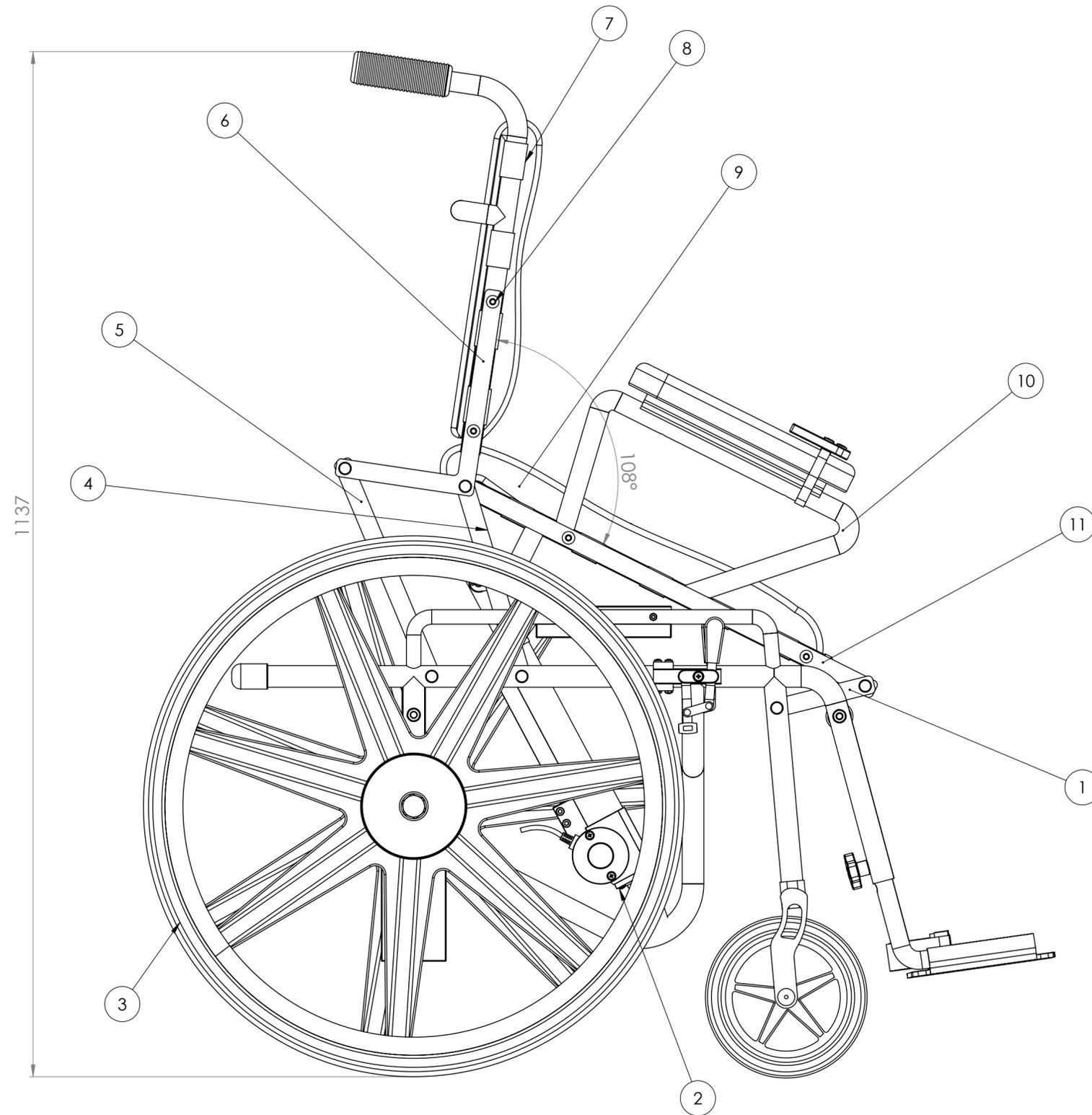
HOJA



Universidad de Oviedo

1

1 de 1



11	Barra horizontal	AceroS250	2
10	Estructura asiento	Acero AISI 304	1
9	Cojín asiento	Microfibra	1
7	Correa respaldo	Espuma prensada	4
6	Barra respaldo	AceroS250	2
5	Barra inclinada tras	Acero S250	2
4	Barra inclinada del	AceroS250	2
3	Rueda trasera	Poliuretano	2
2	Cilindro actuador		1
1	Eslabon corto	AceroS250	2
MARCA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

DIBUJADO	Adrián Labanda Méndez	Nº PLANO	 Universidad de Oviedo
FECHA DIBUJ.	13/07/2023	21	
REVISADO	-		
FECHA REVIS.		TIPO Conjunto	
ESCALA: 1:4	Silla de ruedas posición semi-bípeda	MATERIAL	
		TOL. GEN.	
		CANTIDAD	1
		HOJA	1 de 1