



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

---

## DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRACCIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS BASADA EN UNA ORUGA CON GEOMETRÍA ADAPTABLE



TRABAJO FINAL DE

**GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

REALIZADO POR

**Francés García, Aida**

TUTORIZADO POR

**Peris Fajarnes, Guillermo**

DIRIJIDO POR

**Pajares Moreno, Bernardo / Defez García, Beatriz**

CURSO ACADÉMICO: 2020/2021



# Índice

1. Resumen y palabras clave .....	1
1.1. Resumen .....	1
1.2. Palabras clave .....	1
2. Perfil del usuario.....	2
2.1. Características de los usuarios basadas en datos estadísticos .....	2
2.2. Movilidad en entornos exteriores .....	3
3. OBJETIVO .....	5
3.1. Objetivo General.....	5
3.2. Objetivos Específicos .....	5
4. Definición e Historia .....	6
4.1. Definición de silla de ruedas .....	6
4.2. Historia y evolución de la silla de ruedas .....	6
4.3. Materiales presentes en las sillas de ruedas .....	10
4.4. Clasificación de las sillas de ruedas.....	10
4.4.1. Sillas de ruedas con tracción manual.....	11
4.4.2. Sillas de ruedas con tracción eléctrica .....	12
4.4.3. Otros tipos de sillas de ruedas .....	14
4.5. Silla de ruedas adaptadas con un sistema de Oruga .....	15
5. Estudio de Mercado.....	17
5.1. Análisis del mercado actual .....	17
5.1.1. Sillas de ruedas con tracción manual.....	17
5.1.2. Sillas de ruedas con tracción eléctrica .....	19
5.1.3. Sillas de ruedas “todoterreno” .....	21
5.1.4. Complementos eléctricos para sillas de ruedas con tracción manual.....	22
5.2. Documentación: patentes .....	24
.....	27
5.3. Conclusión del estudio de mercado .....	28
6. Metodología .....	29
6.1. Planificación.....	29
6.2. Método “Morphological”, Chart Overview Design .....	29
6.3. Diseño de las alternativas .....	31
6.3.1. Evolución del diseño de ambas alternativas .....	31
7. Descripción de ambas soluciones propuestas .....	37
7.1. Descripción del diseño plataforma .....	38

7.2. Descripción del diseño basado en un sistema triangular.....	40
8. Diseño adoptado .....	45
8.1. Criterio de selección .....	45
8.2. Desarrollo del diseño seleccionado .....	47
8.3. Cálculos necesarios en el sistema .....	48
8.4. Diseño final .....	56
9. Pliego de condiciones .....	63
9.1. Presentación .....	63
9.2. Especificaciones técnicas.....	63
9.2.1. Requisitos .....	63
9.2.2. Lista de componentes .....	64
9.3. Presupuesto .....	68
10. Conclusiones .....	72
11. Bibliografía.....	73
12. Planos.....	74

## Listado de tablas

<b>Tabla 1.</b> INE, población residente en España en el 2021 .....	2
<b>Tabla 2.</b> INE, encuesta de discapacidad, autonomía personal y situación de dependencia en 2009 (cifras absolutas) .....	2
<b>Tabla 3.</b> INE, población residente en España con deficiencia de movilidad en 2009 (cifras absolutas).....	3
<b>Tabla 4.</b> INE, índice de masa corporal por edad y masa corporal en 2017 (cifras absolutas). .....	3
<b>Tabla 5.</b> Análisis del mercado, sillas de ruedas con tracción manual no autopulsadas .....	17
<b>Tabla 6.</b> Análisis del mercado, sillas de ruedas con tracción manual autopulsadas .....	29
<b>Tabla 7.</b> Análisis del mercado, sillas de ruedas con tracción eléctrica delantera .....	37
<b>Tabla 8.</b> Análisis del mercado, sillas de ruedas con tracción eléctrica central .....	45
<b>Tabla 9.</b> Análisis del mercado, sillas de ruedas con tracción eléctrica trasera .....	21
<b>Tabla 10.</b> Análisis del mercado, sillas de ruedas eléctricas todo terreno .....	72
<b>Tabla 11.</b> Análisis del mercado, complementos eléctricos para sillas de ruedas con tracción manual.....	73
<b>Tabla 12.</b> Esquema gráfico de la metodología a seguir .....	29
<b>Tabla 13.</b> Método “Morphological”, posibles alternativas .....	30
<b>Tabla 14.</b> Método “Morphological”, posibles materiales.....	31
<b>Tabla 15.</b> Evaluación de necesidades en las alternativas presentadas.....	17
<b>Tabla 16.</b> Listado de componentes, solución ruedas delanteras .....	29
<b>Tabla 17.</b> Listado de componentes, sistema oruga .....	68
<b>Tabla 18.</b> Listado de tareas .....	69
<b>Tabla 19.</b> Gastos generales / Costes Indirectos con IVA .....	70
<b>Tabla 20.</b> Gastos generales / Costes Indirectos sin IVA .....	72
<b>Tabla 21.</b> Costes Finales .....	73

## Listado de imágenes

<b>Imagen 1.</b> Triride y On Track, sillas y complementos para superar terrenos irregulares .....	3
<b>Imagen 2.</b> Grabado chico de VI a.C. y sillón de Felipe II de 1595 .....	7
<b>Imagen 3.</b> Prototipo de Stephen Farffler en 1655 .....	7
<b>Imagen 4.</b> Prototipo Bath en 1783.....	8
<b>Imagen 5.</b> Prototipo de Harry Jennigs en 1932.....	17
<b>Imagen 6.</b> Prototipo de George Klein en 1956.....	29
<b>Imagen 7.</b> Ejemplo de los primeros scooter y silla salvaescalera .....	9
<b>Imagen 8.</b> Quickrelease en sillas de ruedas rígidas.....	11
<b>Imagen 9.</b> Silla de ruedas bipedestación.....	13
<b>Imagen 10.</b> Diferentes tracciones en las sillas de ruedas con tracción eléctrica .....	14
<b>Imagen 11.</b> Prototipo plataforma Freedom Trax y sistema integrado On Track .....	16
<b>Imagen 12.</b> Patente, Silla de ruedas autopropulsada, Nicolas Fernandes-Truchaud Otero (16/01/2001) .....	24
<b>Imagen 13.</b> Patente, Silla de ruedas de alta movilidad, Álvaro Freudenberger Prendes (16/09/2005) .....	25
<b>Imagen 14.</b> Patente, Dispositivo de rodadura para vehículos automóviles y sillas de ruedas, Francisco S. Cabanillas Navarro (16/04/2000) .....	26
<b>Imagen 15.</b> Patente, Dispositivo electromecánico trepabrodillos, Claudio José Cardoso Saturnino (01/01/2007) .....	27
<b>Imagen 16.</b> Patente, Mecanismo con Brazo-Rampa para subir y bajar escaleras, Bayron Sicilia Acosta (09/08/2013) .....	28
<b>Imagen 17.</b> Prototipo utilizado, silla de ruedas con tracción manual autopropulsada .....	32
<b>Imagen 18.</b> Bocetos, alternativa plataforma .....	32
<b>Imagen 19.</b> Dimensionado, alternativa plataforma .....	33
<b>Imagen 20.</b> Bocetos, alternativa sistema triangular .....	34
<b>Imagen 21.</b> Dimensionado, alternativa sistema triangular al vuelo .....	34
<b>Imagen 22.</b> Dimensionado, alternativa sistema triangular con placa como soporte .....	35
<b>Imagen 23.</b> Boceto, alternativa sistema triangular agarre motor .....	35
<b>Imagen 24.</b> Dimensionado, alternativa sistema triangular conjunto .....	35
<b>Imagen 25.</b> Sistema oruga con forma triangular. ....	37
<b>Imagen 26.</b> Sistema oruga, diseño plataforma .....	17
<b>Imagen 27.</b> Chasis, diseño plataforma .....	38
<b>Imagen 28.</b> Diseño plataforma.....	39
<b>Imagen 29.</b> Localización y colocación del motor, diseño sistema triangular.....	41
<b>Imagen 30.</b> Boceto distribución de las ruedas, diseño sistema triangular .....	42

<b>Imagen 31.</b> Estructura al vuelo, diseño sistema triangular.....	72
<b>Imagen 32.</b> Soporte-placa de la parte interior y placa de la parte exterior, diseño sistema triangular .....	43
<b>Imagen 33.</b> Esquema gráfico de la metodología a seguir .....	44
<b>Imagen 34.</b> Solución ruedas delanteras atoradas, diseño propio.....	47
<b>Imagen 35.</b> Soluciones ruedas atoradas, opción del mercado actual.....	47
<b>Imagen 36.</b> Planteamiento, esfuerzos provocados en la correa del mecanismo oruga .....	51
<b>Imagen 37.</b> Análisis de tensiones, carga a soportar de forma vertical .....	54
<b>Imagen 38.</b> Análisis de tensiones, carga a soportar de forma perpendicular .....	54
<b>Imagen 39.</b> Análisis de tensiones, carga a soportar descompuesta .....	45
<b>Imagen 40.</b> Análisis de tensiones, momentos aplicados en el mecanismo .....	55
<b>Imagen 41.</b> Desplazamientos, momentos aplicados en el mecanismo .....	56
<b>Imagen 42.</b> Motor de 300W.....	57
<b>Imagen 43.</b> Imagen del diseño de la abrazadera de sujeción, diseño final .....	57
<b>Imagen 44.</b> Placa interior, diseño final .....	58
<b>Imagen 45.</b> Distribución de las ruedas, diseño final .....	59
<b>Imagen 46.</b> Placa exterior, diseño final.....	59
<b>Imagen 47.</b> Bastidor entres placas interiores, diseño final.....	60
<b>Imagen 48.</b> Ruedas dentadas $Z=60$ , $M=1$ , $D_p=60\text{mm}$ .....	60
<b>Imagen 49.</b> Transmisión del par y la potencia del motor, diseño final.....	61
<b>Imagen 50.</b> Ruedas del mecanismo oruga, diseño final.....	61
<b>Imagen 51.</b> Correa goma del mecanismo de oruga, diseño final .....	62
<b>Imagen 52.</b> Diseño final.....	62
<b>Imagen 53.</b> Tabla salarias y plus convenio, año 2019 .....	72



# **1. Resumen y palabras clave**

## **1.1. Resumen**

El presente trabajo de fin de grado (TFG) pretende resolver la problemática que se les presenta a algunos usuarios de sillas de ruedas convencionales a la hora de superar y moverse con libertad por terrenos fuera de asfalto, como pueden ser la arena de playa, césped, un camino de tierra o el monte con una pendiente leve, etc...

Dicha solución se afronta partiendo de una silla de ruedas de tracción manual semi desmontable que ofrece unas características de robustez, ligereza y un chasis con mínimo entramado tubular. Estas propiedades son compatibles con el objetivo de este trabajo, convirtiendo así a esta silla en una con tracción eléctrica mediante un sistema de oruga adaptable.

Dicho diseño pretende la autonomía del usuario a la hora de moverse en terrenos irregulares, siendo más fácil acceder a cualquier punto sin necesidad de tener una segunda silla motorizada o elegir únicamente sitios adaptados para este menester. Con lo cual, la propuesta de diseñar un sistema de tracción para una silla de ruedas con tracción manual basado en una oruga con geometría adaptable da al público objetivo una libertad de elección, la comodidad de no cambiar de silla y una opción más económica.

Cabe añadir que este diseño de tracción de oruga está basado en un modelo de silla de ruedas estándar que facilitó el C.I.T.G (Centro de Investigación en Tecnologías Gráficas de la Universitat Politècnica de València)

## **1.2. Palabras clave**

Silla de ruedas; Movilidad; Sistema de tracción; Accesibilidad; Oruga;

## 2. Perfil del usuario

### 2.1. Características de los usuarios basadas en datos estadísticos

Según el INE (Instituto nacional de estadística) en enero de 2021 la población residente en España es más de 47 millones de personas (Tabla 1).

De esos, 3'84 millones sufren alguna discapacidad, lo que equivale a un 8'17% del total de la población (Tabla 2). Teniendo en cuenta los datos más recientes del INE tomados en la "Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia 2008" (aún que los resultados han sido sustituidos y modificados en diciembre de 2009) 2'5 millones personas (desde seis a más años) de ese 8'17% sufren deficiencia de movilidad (Tabla 3).

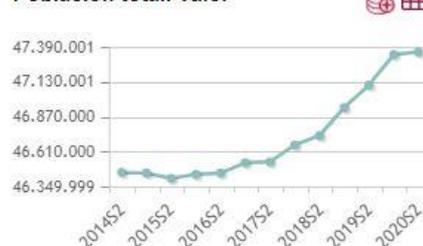
Esto significa que el público objetivo, a grandes rasgos, al que va dirigido el producto desarrollado en dicho proyecto es de 5'32% de la población residente en España.

#### Población residente en España

	Valor	Variación semestral
Población total	47.351.567	0,04
Hombres	23.206.752	0,03
Mujeres	24.144.815	0,05
Extranjeros	5.326.089	1,90

La suma de los datos desagregados puede diferir del total debido al redondeo  
1. Datos de 1 de julio de 2020 (Provisional)

#### Población total. Valor

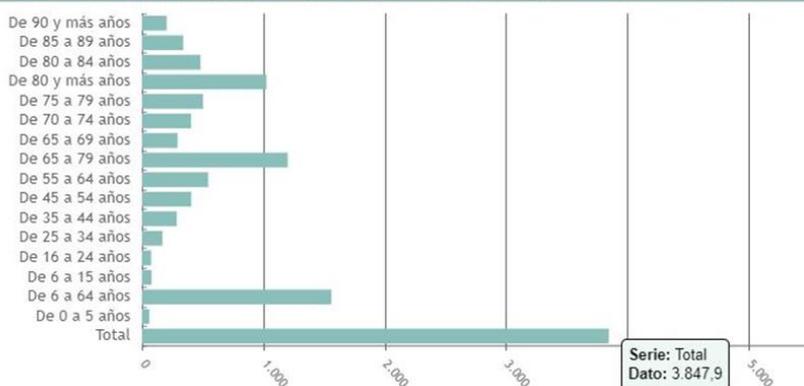


#### Últimos datos

Provisionales a 01/07/2020 Publicado:  
28/01/2021

[Tabla 1]. INE, población residente en España en el 2021 [www.ines.es](http://www.ines.es) – 2021

#### Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia, Edad, Ambos sexos



[Tabla 2]. INE, encuesta de discapacidad, autonomía personal y situación de dependencia en 2009 (cifras absolutas). [www.ines.es](http://www.ines.es) – 2021

	Total	De 6 a 64 años	De 6 a 15 años	De 16 a 24 años	De 25 a 34 años	De 35 a 44 años	De 45 a 54 años	De 55 a 64 años	De 65 a 79 años
	Ambos sexos	Ambos sexos	Ambos sexos	Ambos sexos	Ambos sexos	Ambos sexos	Ambos sexos	Ambos sexos	Ambos sexos
Total	3.787,4 <sup>1</sup>	1.560,4 <sup>1</sup>	78,3 <sup>1</sup>	75,1 <sup>1</sup>	168,7 <sup>1</sup>	286,5 <sup>1</sup>	406,0 <sup>1</sup>	545,8 <sup>1</sup>	1.201,3 <sup>1</sup>
Movilidad	2.544,1 <sup>1</sup>	929,1 <sup>1</sup>	26,3 <sup>1</sup>	39,8 <sup>1</sup>	88,6 <sup>1</sup>	159,3 <sup>1</sup>	253,4 <sup>1</sup>	361,6 <sup>1</sup>	814,0 <sup>1</sup>

	De 65 a 69 años	De 70 a 74 años	De 75 a 79 años	De 80 y más años	De 80 a 84 años	De 85 a 89 años	De 90 y más años
	Ambos sexos	Ambos sexos	Ambos sexos	Ambos sexos	Ambos sexos	Ambos sexos	Ambos sexos
	292,8 <sup>1</sup>	404,7 <sup>1</sup>	503,8 <sup>1</sup>	1.025,8 <sup>1</sup>	482,6 <sup>1</sup>	339,8 <sup>1</sup>	203,4 <sup>1</sup>
	200,7 <sup>1</sup>	264,8 <sup>1</sup>	348,5 <sup>1</sup>	801,0 <sup>1</sup>	354,5 <sup>1</sup>	271,8 <sup>1</sup>	174,6 <sup>1</sup>

[Tabla 3]. INE, población residente en España con deficiencia de movilidad en 2009 (cifras absolutas). [www.ines.es](http://www.ines.es) – 2021

Cabe añadir que el usuario de la silla de ruedas propuesta en el presente trabajo debe tener movilidad en los brazos y suficiente fuerza en ellos para poder cargar o colocar el sistema sin ayuda de una segunda persona.

Las medidas básicas corporales de público objetivo también se deben tener en consideración. Creando así un diseño óptimo, tanto resistente como cómodo para los usuarios. El peso estándar del público objetivo se establecerá a raíz de los datos obtenidos por el Instituto Nacional de Estadística en 2017 (Tabla 4). Siendo un peso aproximado para hombres usuarios de 75'8 Kg y para mujeres de 68'9 Kg, aún que las referencias del mercado actual una silla de ruedas con sistema de tracción manual puede soportar un peso de alrededor de unos 150 kg.

	Peso Insuficiente	Peso normal	Sobrepeso	Obesidad
De 18 a 24 años	8,0 <sup>1</sup>	66,5 <sup>1</sup>	17,4 <sup>1</sup>	8,2 <sup>1</sup>
De 25 a 34 años	3,6 <sup>1</sup>	56,8 <sup>1</sup>	28,7 <sup>1</sup>	10,9 <sup>1</sup>
De 35 a 49 años	1,8 <sup>1</sup>	47,2 <sup>1</sup>	35,2 <sup>1</sup>	15,8 <sup>1</sup>
De 50 a 64 años	1,0 <sup>1</sup>	35,4 <sup>1</sup>	43,3 <sup>1</sup>	20,3 <sup>1</sup>
De 65 y más años	1,0 <sup>1</sup>	30,2 <sup>1</sup>	44,8 <sup>1</sup>	23,9 <sup>1</sup>

[Tabla 4]. INE, índice de masa corporal por edad y masa corporal en 2017 (cifras absolutas). [www.ines.es](http://www.ines.es) – 2021

## 2.2. Movilidad en entornos exteriores

Uno de los inconvenientes a los que se enfrentan los usuarios de silla de ruedas a la hora de practicar actividades de recreo, es la dificultad de moverse en terrenos fuera de asfalto siempre y cuando tengan unas características determinadas como pueden ser suelos compactados, nivelados y con poca o nula pendiente.

Este usuario estándar de silla de ruedas convencional tiene poco margen de libertad a la hora de elegir un lugar o realizar una actividad de ocio en el exterior. Esto es debido a que los destinos tienen que ser compatibles con unas mínimas condiciones de accesibilidad.

En general, para cualquier persona, las opciones elegidas para los momentos de ocio suelen ser el campo y la playa, pero son los que más complicaciones ofrecen a las personas que se desplazan en silla de ruedas. Afortunadamente, en nuestro entorno, cada vez existen más espacios de ocio a aire libre adaptados a personas con algún tipo de problemas de movilidad. Un ejemplo lo podemos encontrar en la guía facilitada por DiscapNet (un portal de personas

con discapacidad, creada por la fundación ONCE) en el cual se pueden encontrar varias playas habilitadas para este tipo de usuarios.

Con lo dicho anteriormente, los inconvenientes principales a dicha situación son evidentes. El destino debe ser consultado con premeditación y organización o buscar una silla especializada para el terreno del lugar, además de tener presente que no se podrá acceder a cualquier punto de este si no las zonas que estén habilitadas.

En el mercado de sillas de ruedas se pueden encontrar diversas opciones que permiten cierta movilidad en exteriores con pavimentos irregulares, ya sea adquiriendo una silla de ruedas motorizada especial para terrenos complicados o accesorios para sillas de ruedas convencionales.

Una de las alternativas es las llamadas sillas 'todoterreno', entre las más comunes están las sillas con rueda delantera motriz (tipo triciclo) otras no tan comunes como el sistema de tracción oruga. Dichas sillas se llevan comercializando desde 2008 en Estados Unidos. Un ejemplo son las marcas llamadas OnTrack, Freedom Trax (Imagen 1). Esta alternativa fuerza al usuario a comprar dicha silla o alquilarla.

Sin embargo, otra alternativa es el Triride (Imagen 1). Este dispositivo tiene la mejor relación peso-potencia del mercado, siendo compacto y fácil de transportar. En resumen, se trata de una especie de parte delantera de un triciclo que funciona mediante un motor eléctrico y se coloca en la parte delantera de la silla. El único inconveniente es que debe ser realizado a medida para cada usuario.



[Imagen 1]. Triride y On Track, sillas y complementos para superar terrenos irregulares - [www.trirideitalia.com](http://www.trirideitalia.com) y [www.beontrack.es](http://www.beontrack.es) – 2021

En definitiva, actualmente estas son las opciones más conocidas que el mercado de sillas de ruedas ofrece a los usuarios a la hora de superar un terreno difícil, irregular y escarpado en cierta medida. Por ello el proyecto nace de dar una opción más barata, cómoda y que de mayor autonomía.

### **3. OBJETIVO**

El objetivo de este proyecto es diseñar un sistema de modificación de tracción de una silla de ruedas manual autopropulsada a uno de orugas con propulsión eléctrica, todo partiendo de un modelo de silla de ruedas convencional estándar facilitado por el C.I.T.G.

Teniendo en cuenta un análisis general del mercado y de los usuarios de sillas de ruedas, se estudiará las necesidades e inconvenientes que tienen estos la hora de utilizarlas.

Para la elección el diseño se considerará que la parte estructural y el motor cumplan con ciertos requisitos. Se estudia que la estructura sea resistente y firme, evitando flexiones pandeos o cualquier consecuencia negativa de las tensiones creadas en el sistema. Además, se estima un par en el motor capaz de empujar el conjunto de la silla de ruedas adaptada y calificado para superar leves pendientes.

#### **3.1. Objetivo General**

Se basa en el estudio y diseño de un sistema oruga con geometría adaptable, el cual sea fácil de incorporar a una silla de tracción manual. Posibilitando el acceso de los usuarios con sillas de ruedas convencionales a espacios donde no pueden acceder con una convencional.

A su vez, el diseño debe cumplir con varios aspectos que se consideran importantes. La comodidad del cambio de utillaje de la silla de ruedas con tracción manual al diseño propuesto, resistencia del sistema creado y la posibilidad de abaratarlo mediante piezas normalizadas y comunes en este tipo de mercado.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos planteados para el presente proyecto son los siguientes:

1. Silla dotada con tracción eléctrica trasera
2. Movimiento creado mediante un sistema de oruga
3. Económico
4. Mecanismo sencillo
5. Resistencia al peso conjunto de la silla, usuario y elementos presentes.
6. Resistencia a las tensiones ocasionadas tanto por el peso como por el desplazamiento.
7. Estabilidad en terreno irregulares.

## **4. Definición e Historia**

### **4.1. Definición de silla de ruedas**

Antes de seguir con el proyecto se va a pasar a definir lo que es una silla de ruedas. Según Tododisca<sup>1</sup> una silla de ruedas es "un *dispositivo de movilidad con ruedas en el que el usuario se sienta. El dispositivo se impulsa manualmente (girando las ruedas con la mano) o mediante diversos sistemas electrónicos. Las sillas de ruedas son utilizadas por personas con dificultades para deambular por limitaciones físicas, fisiológicas o enfermedad*".

Por lo tanto, llamaremos silla de ruedas manual convencional a una en la cual la propulsión la realizará el propio ocupante sentado girando las ruedas traseras de forma manual utilizando su fuerza mediante unos aros concéntricos situados a unos pocos milímetros de la rueda de tracción.

### **4.2. Historia y evolución de la silla de ruedas**

La silla de ruedas ha sido y es un invento que a lo largo de su historia ha dejado muchas ideas, prototipos y avances que merecen la pena ser conocidos. En la actualidad cada vez dicho invento está más desarrollado y permite complacer casi por completo todas las necesidades de los usuarios.

Los primeros prototipos e intentos de sillas de ruedas convencionales se alejan en pequeña medida como se conoce hoy en día. La primera idea de silla de ruedas de la cual se ha tenido constancia se estima que fue en China sobre el siglo VI a.C (Imagen 2). Se encontró un grabado chino donde aparece un primer prototipo de silla de ruedas, un sillón con tres ruedas. Aún que se cree que el primer intento de prototipo fue el 4000 a.C., ya que fue la época cuando se inventaron la rueda y la silla. También se reflejan en las Crónicas Romanas y Griegas de como transportaban a los enfermos en prototipos, inventos o dispositivos con ruedas.

Sin embargo, a causa del retraso en el ámbito del control de los materiales no se puede hablar de una silla de ruedas como tal hasta el siglo XVI, exactamente en el 1595. El rey Felipe II por aquel tiempo estaba inmovilizado a causa de su gota y la artrosis que sufría. Por lo que se consideró acoplar ruedas a un sillón, un reposapiés y un respaldo reclinable para facilitarle la movilidad (Imagen 2). Siendo así la primera silla de ruedas "auténtica" pero el inicio de la historia de la silla de ruedas moderna se consideró con el invento de John Joseph Merlin. Él diseñó un modelo de silla de ruedas parecido al que utilizaba el rey Felipe II.

---

<sup>1</sup> <https://www.tododisca.com/sillas-de-ruedas-informacion-y-diferencias/v> (2021)



[Imagen 2]. Grabado chico de VI a.C. y sillón de Felipe II de 1595– [www.blog.stannah.es](http://www.blog.stannah.es) - [www.sunrisemedical.es](http://www.sunrisemedical.es) – 2021

Los primeros prototipos e ideas de sillas de ruedas convencionales empiezan a evolucionar. En la década de los 60 (en 1655) Stephen Farffler, que era relojero de profesión, incorporó una especie de carro trasero el cual iba acompañado de un sistema que permitía impulsar dicho carro con un movimiento circular de los brazos (apariencia similar a las handbike modernas). Dicho sistema está formado por manivelas a cada lado de la rueda frontal (Imagen 3).



[Imagen 3]. Prototipo de Stephen Farffler en 1655– [www.sunrisemedical.es](http://www.sunrisemedical.es) - 2021

El avance de la silla de ruedas empieza hacerse eco de los avances en los vehículos en el siglo XIX, como es el caso de la bicicleta. El prototipo de Bath, en 1783, fue mejorado no solo en su movilidad si no también se empezó a tener en cuenta la comodidad del usuario (Imagen 4). Dicha silla contaba con dos ruedas traseras grandes y una más pequeña en la parte delantera, siendo la primera silla de ruedas patentada. Por lo que, en 1869 se creó una patente con ruedas de empuje traseras y pequeñas ruedas delanteras. Dando paso, entre 1867 y 1875, a las ruedas de goma huecas parecidas a las de las bicicletas con las llantas de metal. Además, se le añadió en 1881 los aros para la autopropulsión añadida, como se acostumbra a ver en las sillas de ruedas de tracción manual hoy en día.



[Imagen 4]. Prototipo Bath en 1783– [www.wheelchairbeyonlimits.wordpress.com](http://www.wheelchairbeyonlimits.wordpress.com) - 2021

Las novedades tecnológicas del siglo XX suponen la introducción de las ruedas radiadas, seguido de la creación de la primera silla de ruedas motorizadas en plena Guerra Mundial 1916.

La cuna de las sillas de ruedas convencionales es la silla de ruedas de Harry Jennigs fabricada en 1932 (Imagen 4). Esta silla de ruedas era una silla de ruedas plegable de acero tubular que se patentó y se monopolizó su venta.



[Imagen 5]. Prototipo de Harry Jennigs en 1932– [www.sunrisemedical.es](http://www.sunrisemedical.es) - 2021

Sin embargo, se planteó la forma de que el usuario pudiera tener más autonomía y no tener que ‘autopulsadas’ o depende de segundas personas para su movilidad. La incorporación de un pequeño motor a las sillas de ruedas con tracción manual permitió impulsar las ruedas para que avanzarán o girarán, dando paso a las sillas de ruedas motorizadas o eléctricas.

La primera silla de ruedas motorizada viene de la mano del ingeniero George Klein y su equipo (Imagen 6). Este diseño nace de la necesidad de ayudar a los veteranos heridos que regresaban después de la Segunda Guerra Mundial.

Además, Jennings (creador de la referente silla de ruedas manual plegable) también fabricó un prototipo de silla de ruedas eléctrica a grandes escalas a partir del 1956. Estas sillas eran sillas de ruedas convencionales a las cuales se les había adaptado diversos sistemas de engranajes. En su inicio dichos engranajes eran poco eficientes y difíciles de manejar. Más adelante se adoptaron los motores de tracción directa y sistemas de control mucho más precisos.



[Imagen 6]. Prototipo de George Klein en 1956 – [www.blog.stannah.es](http://www.blog.stannah.es) - 2021

En los finales de los 60 e inicios de los 70, se creó el primer prototipo de scooter de movilidad reducida como alternativa a las sillas de ruedas. Aún que este fue pensado para personas que tiene movilidad en las piernas y no pueden recorrer grandes distancias.

Cabe apuntar que en 1920 se impulsaron las primeras sillas salvaescaleras, aún se estima que ya en el siglo XVI el rey inglés Henry VII ya usaba una. Dicha silla del rey era una silla bastante grande la cual se desplazaba por las escaleras a través de un sistema de cuerdas.



[Imagen 7]. Ejemplo de los primeros scooter y silla salvaescalera– [www.blog.stannah.com.mx](http://www.blog.stannah.com.mx) - 2021

Cabe destacar, que gracias a los avances de la ciencia se consiguió cubrir las necesidades de usuarios con movilidad muy limitada. Esta silla creada por John Donoghue y Braingate permitía que estos usuarios, que no podrían usar la silla de ruedas por sí mismos, lograrán manejar la silla mediante el dispositivo BrainGate. Este se implanta en el cerebro de la persona y se conecta a un ordenador de forma que pudiera enviar impulsos mentales que activan y controlan cualquier dispositivo conectado, en este caso la silla de ruedas.

### **4.3. Materiales presentes en las sillas de ruedas**

La silla de ruedas tanto con tracción manual como motorizadas son inventos que evolucionan rápidamente a la vez que los materiales y tecnologías presentes lo hacen. Marcando diseños fabricados con nuevos materiales más fuertes y ligeros.

El material con que se fabrica las sillas es un factor importante, sobre todo para controlar la resistencia y peso de esta. Normalmente para la fabricación de las sillas de ruedas siempre se usan materiales como el acero, acero ligero, aluminio, titanio o fibra de carbono.

- Los aceros, son materiales robustos y pesados dando a la silla de ruedas un peso entre los 15 Kg y los 21Kg. Suelen ser utilizados en residencias y hospitales.

El aluminio 7000 es una prueba de los avances tecnológicos. Se trata de una aleación muy resistente que permite que la estructura, como los tubos del armazón, sean más finos y ligeros a la vez que más fuertes. Es un material que permite ser modelado mediante técnicas innovadoras es el Hidroconfomado, que consiste en el conformado de un material mediante la acción de un líquido sometido a presión. Dicha técnica deja crear formas irregulares y geometrías complejas, consiguiendo así una estructura en la silla más fuerte y ligera a la par que cómoda y con un diseño más estético. Aporta a la silla un peso entre 9 Kg y 12Kg.

- El carbono, un material que llega a ser cinco veces más fuerte que el acero. Normalmente es utilizado mediante tecnología patentada de trenzado sin costuras. Logrando así un armazón en la silla de ruedas fuerte en los puntos necesarios y ligero al mismo tiempo. Tiene un alto cotes al igual que el titanio. Suelen ser sillas de ruedas con suspensión central y delantera con ruedas de alto rendimiento. Son útiles para gente joven por su mayor maniobrabilidad, aún que también son fáciles de volcar.

Estos avances permiten que cada vez más se creen diseños adaptados a cada deporte y otras actividades dando así a los usuarios más libertad y actividad en sus vidas diarias.

### **4.4. Clasificación de las sillas de ruedas**

Una vez vista la evolución de la silla de rueda durante la historia y observando el desarrollo que sufre estas adaptándose a las circunstancias de cada usuario, se pueden dividir las sillas de ruedas principalmente en: tracción manual y tracción eléctrica.

#### 4.4.1. Sillas de ruedas con tracción manual

Las sillas de ruedas convencionales se pueden clasificar según quién genere la impulsión de esta. Están las impulsadas por el usuario o mediante una segunda persona.

- Las sillas autopropulsadas se tratan de generar el giro de las ruedas con el arco acoplado en el exterior de las ruedas traseras.
- Las sillas de ruedas que no son autopropulsadas deben ser empujadas por una segunda persona mediante los mangos de detrás del respaldo. Estas sillas suelen tener las ruedas más pequeñas.

Una segunda clasificación se podría considerar entre plegables o rígidas.

- Las sillas de ruedas con tracción manual plegables permiten ahorrar espacio al usuario y permiten ser transportadas fácilmente, por ejemplo, en un maletero. El uso de estas sillas es principalmente en residencias, hospitales o hogares donde viven personas mayores. En el mercado se pueden encontrar con un pliegue en tijera que tiene un ancho entre 25 cm y 35 cm, favorece a la portabilidad de la silla.
- Las sillas de ruedas convencionales rígidas suelen ser destinadas a personas con fuerza y movilidad en los brazos ya que su diseño está enfocado en el autopropulsado y en su mayoría no suelen tener los mangos traseros de empuje. Además, sus ruedas cuentan con un mecanismo de montaje y desmontaje de ruedas traseras llamado “quickrelease” (Imagen 8). Se trata de un pasador situado en el eje de las ruedas traseras que funciona con presiones su eje interno y tirar de él. También se les denomina pasador de liberación rápida. Con esto se consigue autonomía para el usuario, pudiendo transportar la silla de ruedas con mayor facilidad y un montaje/desmontaje sencillo.



[Imagen 8]. Quickrelease en sillas de ruedas rígidas - [www.karmamobility.es](http://www.karmamobility.es) – 2021

#### 4.4.2. Sillas de ruedas con tracción eléctrica

Principalmente las sillas de ruedas motorizadas o eléctricas son impulsadas por motores asociados a baterías recargables. Según varias asociaciones o grupos, como Grupo Habitat o Grupo las Mimosas, existen dos tipos de sillas con tracción eléctrica, fija o plegable. Clasificándolas desde el punto de vista del transporte.

- Las sillas de ruedas con tracción eléctrica fijas son adecuadas para personas con lesiones leves donde piernas, manos y brazos sufren una limitación en su movilidad. Es decir, para usuarios con patologías que afectan a la movilidad ya sea completa o parcial del cuerpo. Estas sillas se suelen controlar mediante un joystick y un peño panel de control, ayudando al usuario a desplazarse sin hacer esfuerzo.
- Las sillas de ruedas con tracción eléctrica plegables son de reducido tamaño con un fácil sistema de plegado. Esto las hacen muy prácticas e interesantes. La mayoría de los modelos o prototipos que se puede encontrar en el mercado ofrecen guárdalas en una bolsa, aportando mayor libertad en los desplazamientos. Suelen incorporar en ellas dos baterías de litio, ofreciendo mayor autonomía.

Aún que desde un punto de vista de ligereza se pueden clasificar como sillas de ruedas con tracción eléctricas estándar o ligeras.

- Las más habituales son las sillas de ruedas con tracción eléctrica estándar, con un peso elevado, fabricadas con acero y con baterías de 40 o más amperios.
- Las sillas de ruedas con tracción eléctrica ultraligeras, sin embargo, han tenido un mayor desarrollo. Con un plegado fácil, fabricadas en aluminio y con batería de litio. Permite reducir el peso a una tercera parte de lo estándar. Mayor rapidez y comodidad a la hora de transportar la silla de ruedas. Aún que, suelen tener un precio bastante elevado y son sillas de ruedas más débiles.

Desde un punto de vista funcional las sillas de ruedas con tracción eléctrica pueden ser sencillas o con multitud de funciones.

- Las sillas de ruedas con tracción eléctrica sencilla simplemente se impulsan a través de un motor eléctrico.
- Las sillas de ruedas con tracción eléctrica con multitud de funciones pueden cubrir más necesidades del usuario y mejorar su comodidad. Estas sillas pueden trepar pequeños bordillos mediante un mecanismo. Normalmente formado por dos ruedas con un punto de pivotación o un sistema oruga pequeño incorporado en la parte delantera. Además, suelen tener respaldo reclinable, de forma manual o eléctrico. Otras actividades o funciones que pueden completar las sillas de ruedas con tracción eléctrica con multitud de funciones es incluir mando en la parte posterior, o doble mando para una segunda persona. Cabe destacar que también pueden poseer la opción de bipedestación (Imagen 9). Es capaz de levantar e incorporar al usuario y ponerlo de pie.



[Imagen 9]. Silla de ruedas bipedestación - [www.sunrisemedical.es](http://www.sunrisemedical.es) – 2021

Además de las características, las sillas de ruedas con tracción eléctrica también se pueden clasificar por el tipo de tracción utilizada en sus ruedas.

El sistema de tracción presente en las sillas de ruedas eléctricas es un factor muy importante a la hora de elegir la silla de ruedas y del cual se desarrolla futuras adaptaciones. En general se encuentran tres tipos de tracción, la trasera, la delantera y central, todo dependerá de donde se sitúa la fuerza motriz.

- Las sillas de ruedas con tracción eléctrica central suelen ser las más desconocidas y, sin embargo, son las más idóneas para uso en interiores. Tienen un reducido radio de giro, permitiendo girar prácticamente sobre su propio eje. Siendo además sillas compactas, favoreciendo los movimientos por interiores, evitando ocupar demasiado espacio y apoyando a la reducción de las adaptaciones en los interiores. Están formadas por seis ruedas, dos ruedas principales motrices en el centro de las sillas bajo el asiento, dos pequeñas como apoyo delantero y dos traseras. Esto hace que sean sillas más activas y manejables. Aún que el número de ruedas puede ser un inconveniente a la hora de acceder a vehículos adaptados con rampa de acceso doble, donde se corre el riesgo de que las traseras de apoyo se sitúen más hacia el interior y no se apoyen bien. Su uso en exterior también es aceptable puesto dispone de suspensión independiente, reduciendo los impactos causados por desniveles y ofreciendo una mayor comodidad. Es capaz de superar los bordillos, pero para ello se debe hacer a una velocidad no muy baja, ya que su fuerza motriz está en el centro de la silla, y cabe la posibilidad del riesgo de quedarse las ruedas traseras atascadas.
- Las sillas de ruedas con tracción eléctrica trasera están formadas por dos juegos de ruedas, dos ruedas pequeñas en la parte delantera de la silla y otras dos más grandes en la parte trasera, donde está colocada la fuerza motriz. Suelen ser la tracción más común. Debido a la colocación de la fuerza motriz hace que estas sillas tengan mucha más potencia detrás, lo cual mejora y facilita la propulsión de las sillas de ruedas sin importar en mayor medida como

sea el terreno. Son ideales para superar o subir obstáculos sin necesidad de ninguna ayuda, manteniendo su estabilidad y su equilibrio. Tiene un amplio radio de giro, lo permite una movilidad fluida en espacios exteriores.

- Las sillas de ruedas con tracción eléctrica delantera, donde la fuerza motriz se coloca en las ruedas grandes delanteras. Suele ser la tracción menos común. Esta distribución permite tener una sedestación buena, al no girar las ruedas delanteras hay más espacio entre ellas y el usuario puede llevar las piernas a 90°. Son bastante estables y sus grandes ruedas delanteras ayudan a superar mejor los obstáculos. El asiento normalmente está colocado más próximo a la parte delantera, por lo que permite acceder a espacios u objetos más fácilmente.



[Imagen 10]. Diferentes tracciones en las sillas de ruedas con tracción eléctrica - [www.centroortopedicosanitario.es](http://www.centroortopedicosanitario.es) - [www.dismovil.net](http://www.dismovil.net) - [www.ortopediaortojosbel.es](http://www.ortopediaortojosbel.es) - 2021

Cabe nombrar, que a medida que el desarrollo de diseños y prototipos avanza hace que el ámbito de particularidades se amplíe. En consecuencia, la personalización de productos hace que se pueda cubrir necesidades más específicas e intentar llegar a todos los usuarios.

En el caso de las sillas ruedas motorizadas, su desarrollo crece más rápido debido al gran avance de la electrónica. Incorporando en ella motores con menor consumo y nuevas baterías más optimizadas (recarga más rápida y mayor capacidad) dando al usuario mayor autonomía. Además, los kits de motorización para sillas de ruedas manuales más discretos y ligeros son útiles para muchas personas que no quieren o no puedan adquirir una silla motorizada y solo dispongan de una convencional. Al igual que el desarrollo en el guiado mediante GPS, que podría estar disponible en el mercado en muy pocos años.

#### 4.4.3. Otros tipos de sillas de ruedas

Además de la clasificación principal entre sillas de ruedas con tracción manual o eléctrica, existe otros tipos de sillas dependiendo de su funcionalidad.

- Las sillas de ruedas deportivas están destinadas para un uso deportivo. Para cada disciplina suele encontrarse una silla de rueda con diferentes características que faciliten y mejoren la práctica del deporte en cuestión. Pero

en general, son sillas de ruedas con tracción manual. Donde las ruedas traseras están inclinadas hacia el asiento, ofreciendo resistencia, estabilidad y velocidad de giro. En estas sillas se suele poder regular el centro de masas, ajustan el centro de gravedad o ángulo de asiento de cada jugador.

- Las sillas de rueda que suben las escaleras son mecanismos fijos en una escalera, formados por una guía y una silla. Suelen ser básicamente para personas que tienen alguna dificultad para subir, aparte de personas con algún problema funcional.
- Las sillas de ruedas para playa o piscina suelen ser sillas de ruedas anfibas que permiten que personas con movilidad reducida puedan bañarse. Hay varios tipos de silla para esta función, las que permiten bañarse sin necesidad de levantarse de las sillas y las que no. Según la norma de accesibilidad toda zona de uso público debe poder usarse por cualquier público. En consecuencia, este tipo de sillas suelen estar presentes en piscinas y playas.
- Las sillas de ruedas bariátricas son sillas de ruedas diseñadas para personas de gran tamaño o con un mayor peso de lo normal, que no se adaptan a los modelos convencionales. Están construidas con un chasis reforzado y son configurables de acuerdo con las necesidades de cada usuario. Sus asientos son más anchos de lo habitual y por tanto es importante tener en cuenta que dicha anchura de más no va a causar problemas en el día a día del usuario.

#### **4.5. Silla de ruedas adaptadas con un sistema de Oruga**

Las sillas de ruedas adaptadas con cintas o sistemas de oruga son muy pocas en el mercado y mayormente solo se pueden encontrar dos prototipos de esta solución adaptada a las sillas de ruedas con tracción eléctrica. Mediante una plataforma de base en la silla de ruedas, o formando una estructura similar a la de un tanque.

Estas soluciones se adaptan debido que a las sillas de ruedas con tracción eléctrica actuales en el mercado apenas tiene amortiguación o agarre, de forma que solo puedan circular por superficies completamente lisas. Este diseño mediante ruedas de oruga permite que el usuario circule por zonas y terreno irregulares, convirtiendo la silla de ruedas en una silla "todoterreno". Estas cintas trabajan igual que las utilizadas en los tanques o las excavadoras, necesitan agarre por tanto son ideales para circular por terrenos como arena, tierra, barro, césped... En definitiva, son sillas de ruedas clasificadas como sillas todoterreno.

Este sistema puede ser adaptado como un complemento de la silla o incorporado ella.



**[Imagen 11].** Prototipo plataforma Freedom Trax y sistema integrado On Track - [www.tododisca.com](http://www.tododisca.com) - [www.evolucion.media](http://www.evolucion.media) – 2021

En caso de ser un complemento, como facilita la marca Freedom Trax, se trata de una plataforma sobre la cual colocar la silla de ruedas manual. En dicha plataforma va incorporado tanto el sistema de oruga como el motor para poder motorizar la silla. Es muy útil, puesto que se puede poner y quitar solo en los momentos necesarios, o incluso en diferentes sillas. Para el usuario supone un ahorro de costes considerable y la incomodidad de cambiar de asiento.

Por otro lado, dicho sistema también puede ser incorporado y formar parte de la silla sin necesidad de ser un complemento. Esta especie de prototipo fue inventada por Brad Soden. La causa de su invención fue que la mujer de este quedará paralizada de cintura para abajo en un accidente de tráfico en 1999. Los primeros intentos del diseño fueron mediante pequeños motores de gasolina, posteriormente probando con propulsores eléctricos y finalmente incorporo un chasis de oruga de aluminio con un sistema de fusibles para evitar quemar los motores eléctricos. Mediante la ayuda de la compañía robótica NPC, consiguió que dicho sistema fuera funcional y el motor tuviera una autonomía considerable. Como se puntualiza, esta adaptación está pensada para superar terrenos desiguales, ya sea montaña o la orilla de la playa. Estas sillas se pueden encontrar construidas por las marcas On Track o XTrem.

## **5. Estudio de Mercado**

### **5.1. Análisis del mercado actual**

Para enfocar el estudio del mercado actual del producto se ha realizado dos rastreos.

En primer lugar, se ha valorado la clasificación a seguir en el análisis del mercado. Ya que en el actual hay un amplio rango de sillas de ruedas.

Según COCEMFECYL (Confederación de Personas con Discapacidad Física y Orgánica de Castilla y León) <sup>2</sup>clasificar las sillas en dos grandes grupos. El primero de ellos desde el tipo de tracción, encontramos con tracción manual (Tablas 5 y 6) y con tracción eléctrica (Tablas 7, 8 y 9). Y en el segundo según la optimización hacia la libertad de movilidad en terrenos irregulares, quedando en sillas de ruedas “todoterreno” (Tabla 10) y complementos eléctricos en sillas de ruedas convencionales (Tabla 11). Más adelante se explica detalladamente los subgrupos dentro de los dos grandes grupos, y la elección de estudiar dichos tipos de sillas de ruedas.

En el segundo rastreo del mercado se ha estudiado aspectos importantes dentro de cada grupo. En estos se ha tenido en cuenta el precio, la autonomía, el peso de la silla, el peso a soportar o desplazar, dimensiones, potencias de motor, baterías y velocidad. Las cuales poseen tracción manual no se han mostrado las características eléctricas, como es evidente.

Igualmente se ha tenido presente una gama de precios y unas prestaciones mínimas en cada grupo y subgrupos.

#### **5.1.1. Sillas de ruedas con tracción manual**

Dentro de este grupo se distinguen: las sillas de ruedas con tracción manual autopropulsadas y con tracción manual no autopropulsadas. Como sus propios nombres indican, el primer tipo son impulsadas por el usuario el cual va sentado y a través del giro de los aros exteriores concéntricos a las ruedas traseras provoca el movimiento. Por el contrario, en las sillas no autopropulsadas el usuario no es el que provoca el movimiento, sino que depende de una segunda persona, la cual empuja la silla mediante los magos trasero-colocados en el respaldo.

- **SILLAS DE RUEDAS CON TRACCIÓN MANUAL NO AUTOPROPULSADAS**

Junto con las de tracción manual, este tipo de sillas son las más básicas que se pueden encontrar en el mercado.

En este análisis se presentan tres opciones de sillas de ruedas. En ellas se han estudiado tres precios diferentes, considerando tres gamas. Además de todas las prestaciones y características presentes en la Tabla 5.

---

<sup>2</sup> <http://www.cocemfecyl.es/index.php/discapacidad-y-tu/65-las-sillas-de-ruedas> (2021)

Análisis del mercado, SILLAS DE RUEDAS CON TRACCIÓN MANUAL NO PROPULSADAS							
	<b>Modelo</b>	Silla de ruedas de acero no autopropulsable A200					
	<b>Precio (Euros)</b>	120,00 €					
	<b>Peso Silla (Kg)</b>	15,2					
	<b>Peso Soportado (Kg)</b>	120					
	<b>Dimensiones (cm)</b>	Longitud 92	Asiento anchura 43-46	Anchura 58	Altura 92	Altura asiento 48	Altura respaldo 43
	<b>Material</b>	Acero					
	<b>Referencia</b>	<a href="https://www.ortoweb.com/silla-de-ruedas-de-acero-no-autopropulsable-a200?gclid=Cj0KCQjw78yFBhCZARIsAOxgSx2wm8LaWhlOi5QF2atst5votv0tKcvo4cdSviiQwos5vhZX">https://www.ortoweb.com/silla-de-ruedas-de-acero-no-autopropulsable-a200?gclid=Cj0KCQjw78yFBhCZARIsAOxgSx2wm8LaWhlOi5QF2atst5votv0tKcvo4cdSviiQwos5vhZX</a>					
	<b>Modelo</b>	Silla de ruedas basic R-300					
	<b>Precio (Euros)</b>	249,00 €					
	<b>Peso Silla (Kg)</b>	13,5					
	<b>Peso Soportado (Kg)</b>	125					
	<b>Dimensiones (cm)</b>	Altura 93	Altura asiento 49,5	Longitud 99	Profundidad asiento 43	Longitud reposapiés 70	
	<b>Material</b>	Aluminio					
	<b>Referencia</b>	<a href="https://www.ortopediamimas.com/movilidad/sillas-de-ruedas-manuales/4560-silla-de-ruedas-basic-r-300.html?gclid=Cj0KCQjw78yFBhCZARIsAOxgSx337x-">https://www.ortopediamimas.com/movilidad/sillas-de-ruedas-manuales/4560-silla-de-ruedas-basic-r-300.html?gclid=Cj0KCQjw78yFBhCZARIsAOxgSx337x-</a>					
	<b>Modelo</b>	Breazy Style - Silla de ruedas de aluminio no autopropulsable					
	<b>Precio (Euros)</b>	317,00 €					
	<b>Peso Silla (Kg)</b>	13,9					
	<b>Peso Soportado (Kg)</b>	125					
	<b>Dimensiones (cm)</b>	Altura 88	Anchura asiento 38-52	Longitud 98	Profundidad asiento 41,5	Altura asiento 51,5	
	<b>Material</b>	Aluminio					
	<b>Referencia</b>	<a href="https://www.ortoweb.com/breazy-style-silla-de-ruedas-de-aluminio-no-autopropulsable">https://www.ortoweb.com/breazy-style-silla-de-ruedas-de-aluminio-no-autopropulsable</a>					

[Tabla 5]. Análisis del mercado, sillas de ruedas con tracción manual no autopropulsadas – 2021

- SILLAS DE RUEDAS CON TRACCIÓN MANUAL AUTOPROPULSADAS

Otra categoría son las sillas de ruedas con tracción manual autopropulsadas, en este caso se muestran las plegables. Ya que dichas sillas son fáciles de transportar, factor importante para cumplir el fin del proyecto, y se podrían plantear para ser utilizadas en este proyecto. Como es el caso del modelo de la silla que se utiliza como base del trabajo, la cual pertenece a este grupo.

Se han descrito cuatro sillas de ruedas de esta clase, con características similares y precios razonables indicando varias gamas (de menos a más). Como se observa en la Tabla 6, se han estudiado aspectos como el precio, peso, carga máxima que pueden soportar, material y dimensiones.

Análisis del mercado, SILLAS DE RUEDAS CON TRACCIÓN MANUAL AUTOPROPULSADAS						
	Modelo	Silla de ruedas de acero basic				
	Precio (Euros)	80,00 €				
	Peso Silla (Kg)	17				
	Peso Soportado (Kg)	100				
	Dimensiones (cm)	Ancho 64	Altura respaldo 44	Altura 86	Altura asiento 48	Largo 93
	Material	Acero				
Referencia	<a href="https://www.quirumed.com/es/silla-de-ruedas-de-acero-basic-colors.html?sid=83905#product-info">https://www.quirumed.com/es/silla-de-ruedas-de-acero-basic-colors.html?sid=83905#product-info</a>					
	Modelo	Silla de ruedas económica Apolo				
	Precio (Euros)	155,00 €				
	Peso Silla (Kg)	20				
	Peso Soportado (Kg)	110				
	Dimensiones (cm)	Ancho 60-65	Anchura asiento 42-45	Fondo asiento 41	Long. Reposapiés 106-98	
	Material	Acero				
Referencia	<a href="https://www.ortopediamimas.com/movilidad/sillas-de-ruedas-manuales/5926-silla-de-ruedas-economica-apollo.html">https://www.ortopediamimas.com/movilidad/sillas-de-ruedas-manuales/5926-silla-de-ruedas-economica-apollo.html</a>					
	Modelo	Silla de Ruedas Configurable ACTION 3 NG				
	Precio (Euros)	550,00 €				
	Peso Silla (Kg)	14,2				
	Peso Soportado (Kg)	125				
	Dimensiones (cm)	Respaldo 43	Anchura asiento 43	Altura asiento 48,5	Profundidad asiento 40	
	Material	Aluminio				
Referencia	<a href="https://www.abueloactual.com/tienda/Silla-de-Ruedas-Configurable-ACTION-3-NG-p176903281">https://www.abueloactual.com/tienda/Silla-de-Ruedas-Configurable-ACTION-3-NG-p176903281</a>					
	Modelo	Silla de ruedas Trial Country				
	Precio (Euros)	780,00 €				
	Peso Silla (Kg)	15,5				
	Peso Soportado (Kg)	125				
	Dimensiones (cm)	Largo 100	Altura 90	Fondo asiento 43	Altura asiento 52	Anchura asiento 41
	Material	Aluminio				
Referencia	<a href="https://xn--ortopediaortoespaa-30b.es/sillas-de-ruedas-plegables-de-aluminio/1656-silla-de-ruedas-trial-country.html?bt_product_attribute=4914#/419-colores-azul">https://xn--ortopediaortoespaa-30b.es/sillas-de-ruedas-plegables-de-aluminio/1656-silla-de-ruedas-trial-country.html?bt_product_attribute=4914#/419-colores-azul</a>					

[Tabla 6]. Análisis del mercado, sillas de ruedas con tracción manual autopropulsadas– 2021

### 5.1.2. Sillas de ruedas con tracción eléctrica

En el diseño del sistema de tracción del proyecto es importante tener presente su carácter eléctrico. En consecuencia, se ha analizado las existentes en el mercado: delantera, central y trasera. De esta forma se pueden comparar y ofrecer las mismas o mayores prestaciones en el diseño del trabajo.

En todos los subgrupos se han estudiado el peso, precio, carga máxima, características eléctricas, autonomía, velocidades y dimensiones de las sillas.

- SILLAS DE RUEDAS CON TRACCIÓN ELÉCTRICA DELANTERA

Estas sillas ofrecen una tracción en las ruedas delanteras, es decir, la fuerza motriz está en las ruedas delanteras. Aún que son las menos común, son bastantes estables. Se han evaluado tres sillas con tracción delantera, las cuales van de un precio más económico a menos.

Análisis del mercado, SILLAS DE RUEDAS CON TRACCIÓN ELÉCTRICA DELANTERA						
	Modelo	Silla eléctrica Navix – Tracción Delantera				
	Precio (Euros)	2.827,00 €	Dimensiones (cm)			
	Peso Silla (Kg)	79		Longitud total	94,5	
	Peso Soportado (Kg)	130		Ancho total	58-63	
	Autonomía (Km)	20		Altura asiento	40-45-50	
	Batería	2x12V-50Ah		Ancho asiento	46	
	Motor	2x220W		Radio de giro	125	
	Velocidad Máx. (km/h)	6		Profundidad asiento	438-50	
	Referencia	<a href="https://www.cuiddo.es/silla-electrica-navix-traccion-delantera-certificado/">https://www.cuiddo.es/silla-electrica-navix-traccion-delantera-certificado/</a>				
		Modelo	Suministros de terapia de rehabilitación, silla de ruedas eléctrica reclinable y de pie para discapacitados, KSN			
Precio (Euros)		2.764,00 €	Dimensiones (cm)			
Peso Silla (Kg)		-		Ancho asiento	45	
Peso Soportado (Kg)		125		Altura respaldo	60	
Autonomía (Km)		50		Dimensiones generales		
Batería		4x12V-20Ah		Alto	112	
Motor		2x320W		Ancho	66	
Velocidad Máx. (km/h)		-		Longitud	110	
Referencia		<a href="https://spanish.alibaba.com/product-detail/rehabilitation-therapy-supplies-reclining-and-standing-up-electric-wheelchair-for-disabled-62451545093.htmlspm=a2700.7735675.normal_offer.d_image.16cc73e5HCvz0o&amp;s=p">https://spanish.alibaba.com/product-detail/rehabilitation-therapy-supplies-reclining-and-standing-up-electric-wheelchair-for-disabled-62451545093.htmlspm=a2700.7735675.normal_offer.d_image.16cc73e5HCvz0o&amp;s=p</a>				
		Modelo	VERMEIREN Navix (tracción delantera) silla de ruedas eléctrica			
	Precio (Euros)	3.040,00 €	Dimensiones (cm)			
	Peso Silla (Kg)	79		Longitud total	108,5	
	Peso Soportado (Kg)	130		Ancho total	58-63	
	Autonomía (Km)	20-32		Altura asiento	40-45-50	
	Batería	2x12V-50/80Ah		Ancho asiento	45-50	
	Motor	2x220W		Altura respaldo	58	
	Velocidad Máx. (km/h)	6				
	Referencia	<a href="https://www.ortopediaortosbel.es/sillas-de-ruedas-electricas/608-vermeiren-navix-traccion-delantera-silla-de-ruedas-electrica.html">https://www.ortopediaortosbel.es/sillas-de-ruedas-electricas/608-vermeiren-navix-traccion-delantera-silla-de-ruedas-electrica.html</a>				

[Tabla 7]. Análisis del mercado, sillas de ruedas con tracción eléctrica delantera – 2021

- **SILLAS DE RUEDAS CON TRACCIÓN ELÉCTRICA CENTRAL**

Suelen ser sillas desconocidas, aún que perfectas para moverse por interiores por su reducido radio de giro y al ser bastantes compactas. Sin embargo estas sillas no pueden aportar mucho en el trabajo, ya que buscamos movilidad del diseño de la silla en zonas exteriores. Sin embargo, se han evaluado tres sillas.

Análisis del mercado, SILLAS DE RUEDAS CON TRACCIÓN ELÉCTRICA CENTRAL						
	Modelo	Silla de ruedas eléctrica de tracción central R320				
	Precio (Euros)	1.993,00 €	Dimensiones (cm)			
	Peso Silla (Kg)	105		Longitud total	102	
	Peso Soportado (Kg)	136		Ancho total	69	
	Autonomía (Km)	34		Ancho asiento	46	
	Batería	2x12v 55Ah		Radio de giro	5	
	Motor	320W				
	Velocidad Máx. (km/h)	7				
	Referencia	<a href="https://dortomedical.com/sillas-ruedas-electricas/523-silla-de-ruedas-electrica-de-traccion-central-r320.html?utm_source=google&amp;utm_medium=surfaces&amp;utm_campaign=shopping_feed&amp;utm_content=Fichas%20d">https://dortomedical.com/sillas-ruedas-electricas/523-silla-de-ruedas-electrica-de-traccion-central-r320.html?utm_source=google&amp;utm_medium=surfaces&amp;utm_campaign=shopping_feed&amp;utm_content=Fichas%20d</a>				
		Modelo	Silla de Ruedas Eléctrica 'R310' Sistema de tracción Ayudas Dinámicas SC			
Precio (Euros)		2.259,00 €	Dimensiones (cm)			
Peso Silla (Kg)		84		Ancho asiento	41-46	
Peso Soportado (Kg)		136		Longitud total	109	
Autonomía (Km)		35		Ancho total	61	
Batería		2x12V 34Ah		Radio de giro	118	
Motor		320W		Altura libre de seulo	5	
Velocidad Máx. (km/h)		7				
Referencia		<a href="https://solucionesdiarias.com/sillas-electricas/2697-silla-de-ruedas-electrica-r310-sistema-de-traccion-ayudas-dinamicas-sc.html#/escoger_tipo_de_iva-producto_iva_4">https://solucionesdiarias.com/sillas-electricas/2697-silla-de-ruedas-electrica-r310-sistema-de-traccion-ayudas-dinamicas-sc.html#/escoger_tipo_de_iva-producto_iva_4</a>				
		Modelo	Silla eléctrica Salsa M2 – Tracción Central			
	Precio (Euros)	3.584,00 €	Dimensiones (cm)			
	Peso Silla (Kg)	120		Longitud total	110	
	Peso Soportado (Kg)	140		Ancho total	61	
	Autonomía (Km)	26/32		Altura asiento	43-45-47	
	Batería	50/60Amp		Ancho asiento	41-51	
	Motor	2x300W		Altura respaldo	48,5	
	Velocidad Máx. (km/h)	6 km/h		Profundidad asiento	41-51	
	Referencia	<a href="https://www.cuiddo.es/silla-electrica-salsa-m2-sunrise-medical-certificado/">https://www.cuiddo.es/silla-electrica-salsa-m2-sunrise-medical-certificado/</a>				

[Tabla 8]. Análisis del mercado, sillas de ruedas con tracción eléctrica central– 2021

- SILLAS DE RUEDAS CON TRACCIÓN ELÉCTRICA TRASERA

Este grupo de sillas es importante e imprescindible tenerlo presente a la hora de crear el diseño. Estas colocan la fuerza motriz en las ruedas trasera, de manera que empujan al conjunto desde la parte trasera, favoreciendo la propulsión de la silla ya que el peso recae en el eje trasero. Este factor presenta una alternativa en el mercado actual capaz de superar obstáculos con facilidad y una movilidad fluida en el espacio. Siendo competencia directa con el proyecto presente.

Se han evaluado cuatro sillas del mercado actual.

Análisis del mercado, SILLAS DE RUEDAS CON TRACCIÓN ELÉCTRICA TRASERA																	
	Modelo	Silla de ruedas eléctrica plegable Easy estructura de acero															
	Precio (Euros)	674,00 €	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Profundidad asiento</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td>Altura respaldo</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td>Ancho asiento</td> <td>46</td> </tr> <tr> <td>Profundidad asiento</td> <td>42</td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones (cm)		Profundidad asiento	42	Altura respaldo	42	Ancho asiento	46	Profundidad asiento	42				
	Dimensiones (cm)																
	Profundidad asiento	42															
	Altura respaldo	42															
	Ancho asiento	46															
	Profundidad asiento	42															
	Peso Silla (Kg)	36															
	Peso Soportado (Kg)	125															
Autonomía (Km)	13																
Batería	24V																
Motor	Brushed-Standard																
Velocidad Máx. (km/h)	6																
Referencia	<a href="https://www.quirumed.com/es/silla-de-ruedas-electrica-plegable-easy-estructura-de-acero.html?sid=82697&amp;currency=EUR&amp;gclid=Cj0KCQjw78yFBhCZARisAOxpSx3oxDpCWfAbTmu5mUTisHAKJhmA5qktdHOBW">https://www.quirumed.com/es/silla-de-ruedas-electrica-plegable-easy-estructura-de-acero.html?sid=82697&amp;currency=EUR&amp;gclid=Cj0KCQjw78yFBhCZARisAOxpSx3oxDpCWfAbTmu5mUTisHAKJhmA5qktdHOBW</a>																
	Modelo	Silla de ruedas eléctrica plegable Bambú															
	Precio (Euros)	739,00 €	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Profundidad sin reposapiés</td> <td>77</td> </tr> <tr> <td>Profundidad total</td> <td>99</td> </tr> <tr> <td>Ancho total</td> <td>68</td> </tr> <tr> <td>Altura asiento</td> <td>47</td> </tr> <tr> <td>Altura total</td> <td>88,5</td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones (cm)		Profundidad sin reposapiés	77	Profundidad total	99	Ancho total	68	Altura asiento	47	Altura total	88,5		
	Dimensiones (cm)																
	Profundidad sin reposapiés	77															
	Profundidad total	99															
	Ancho total	68															
	Altura asiento	47															
	Altura total	88,5															
	Peso Silla (Kg)	29,7															
Peso Soportado (Kg)	100																
Autonomía (Km)	15-20																
Batería	Litio 18Ah																
Motor	2x210W																
Velocidad Máx. (km/h)	6																
Referencia	<a href="https://www.ortopediasilvio.com/es/sillas-de-ruedas-electronicas-plegables-ligeras/8740-168103-silla-de-ruedas-electrica-plegable-bambu.html?gclid=Cj0KCQjw78yFBhCZARisAOxpSx2l8yikkk-">https://www.ortopediasilvio.com/es/sillas-de-ruedas-electronicas-plegables-ligeras/8740-168103-silla-de-ruedas-electrica-plegable-bambu.html?gclid=Cj0KCQjw78yFBhCZARisAOxpSx2l8yikkk-</a>																
	Modelo	Silla de ruedas eléctrica Troya Plus Mobiclinic															
	Precio (Euros)	1.299,95 €	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Longitud total</td> <td>104</td> </tr> <tr> <td>Ancho total</td> <td>64</td> </tr> <tr> <td>Altura asiento</td> <td>51</td> </tr> <tr> <td>Ancho asiento</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>Distancia ejes</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Profundidad asiento</td> <td>44</td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones (cm)		Longitud total	104	Ancho total	64	Altura asiento	51	Ancho asiento	45	Distancia ejes	60	Profundidad asiento	44
	Dimensiones (cm)																
	Longitud total	104															
	Ancho total	64															
	Altura asiento	51															
	Ancho asiento	45															
	Distancia ejes	60															
	Profundidad asiento	44															
Peso Silla (Kg)	26,5																
Peso Soportado (Kg)	100																
Autonomía (Km)	34																
Batería	Litio 24V 2A DC																
Motor	2x250W																
Velocidad Máx. (km/h)	8 km/h																
Referencia	<a href="https://www.gualto.com/22678-silla-de-ruedas-electrica-plegable-aluminio-auton-34-km-24v-ligera-troya-plus-mobiclinic.html?gclid=Cj0KCQjw78yFBhCZARisAOxpSx2wSmAxUMelg49ou1uTC93CvRUw-">https://www.gualto.com/22678-silla-de-ruedas-electrica-plegable-aluminio-auton-34-km-24v-ligera-troya-plus-mobiclinic.html?gclid=Cj0KCQjw78yFBhCZARisAOxpSx2wSmAxUMelg49ou1uTC93CvRUw-</a>																
	Modelo	Silla eléctrica Tiit															
	Precio (Euros)	3.890,00 €	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dimensiones (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ancho asiento</td> <td>41-47</td> </tr> <tr> <td>Radio de rotación</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Profundidad asiento</td> <td>42-52</td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones (cm)		Ancho asiento	41-47	Radio de rotación	100	Profundidad asiento	42-52						
	Dimensiones (cm)																
	Ancho asiento	41-47															
	Radio de rotación	100															
	Profundidad asiento	42-52															
	Peso Silla (Kg)	75															
	Peso Soportado (Kg)	120															
	Autonomía (Km)	40															
Batería	2 Ah																
Motor	160W																
Velocidad Máx. (km/h)	7 km/h																
Referencia	<a href="https://ortomanros.es/sillas-de-ruedas-electricas/1430-silla-electrica-tilt.html">https://ortomanros.es/sillas-de-ruedas-electricas/1430-silla-electrica-tilt.html</a>																

[Tabla 9]. Análisis del mercado, sillas de ruedas con tracción eléctrica trasera– 2021

### 5.1.3. Sillas de ruedas “todoterreno”

En la actualidad, el usuario carece ayudas técnicas económicas para poder moverse con cierta autonomía y libertad en terrenos fuera de asfalto. Esta problemática se ha intentado resolver con la innovación y evolución de las sillas de ruedas eléctricas. Creando un tipo de sillas de ruedas con tracción eléctrica denominadas formalmente por sillas de ruedas “todoterreno”.

Este grupo son el resultado de aplicar los avances automovilísticos a las sillas de ruedas con tracción eléctrica ya conocidas y desarrolladas hoy en día. Un ejemplo es la incorporación en los últimos años del sistema de tracción de oruga, como los de un

tanque o una excavadora. La pista plana y adaptable de dicho sistema permite que los usuarios se puedan desplazar por terrenos difíciles sin clavarse en ellos o siendo capaces de superar obstáculos.

En concreto, este tipo de sillas son muy interesantes y se enfocan al objetivo del presente proyecto.

Uno de los principales inconvenientes observados en el estudio de mercado actual está relacionado con su elevado precio.

Otro estaría en su manejabilidad, este tipo de silla es difícil de transportar, son pesadas y requiere un vehículo de carga o remolque.

Por último, se trata de una silla que debe ser personalizada. Por lo tanto, no todas las marcas pueden obtener rentabilidad en su fabricación con lo que son excepciones los fabricantes que dan ese paso.

Se han estudiado varios tipos de estas sillas eléctricas “todoterreno”.

Análisis del mercado, SILLAS DE RUEDAS ELÉCTRICAS "TODOTERRENO"				
	Modelo	Silla de ruedas todoterreno Xtreme X8		
	Precio (Euros)	3.000,00 €	Dimensiones (cm)	
	Peso Silla (Kg)	168	Anchura total	103
	Peso Soportado (Kg)	155	Altura respaldo	43-63,5
	Autonomía (Km)	-	Ancho asiento	30-61
	Batería	2x70Amp	Profundidad asiento	30,5-56
	Motor	250W	Longitud total	103
	Velocidad Máx. (km/h)	10	Radio giro	66
	Referencia	<a href="https://www.ortopediamimas.com/movilidad/sillas-de-ruedas-electricas/6366-silla-de-ruedas-todoterreno-extreme-x8.html">https://www.ortopediamimas.com/movilidad/sillas-de-ruedas-electricas/6366-silla-de-ruedas-todoterreno-extreme-x8.html</a>		
		Modelo	Silla de ruedas eléctrica todoterreno Xtrem	
Precio (Euros)		8.450,00 €	Dimensiones (cm)	
Peso Silla (Kg)		80	Ancho total	99
Pendiente máx.		10%	Longitud total	125
Autonomía (Km)		15	Altura total	158
Batería		2x24V		
Motor		2x250W		
Velocidad Máx. (km/h)		12		
Referencia		<a href="https://www.ortopediamimas.com/movilidad/sillas-de-ruedas-electricas/5739-silla-de-ruedas-electrica-todoterreno-xtrem.html">https://www.ortopediamimas.com/movilidad/sillas-de-ruedas-electricas/5739-silla-de-ruedas-electrica-todoterreno-xtrem.html</a>		
		Modelo	Action TrackChair ST	
	Precio (Euros)	9.829,77 €	Dimensiones (cm)	
	Peso Silla (Kg)	181,437	Longitud total	133,5
	Pendiente máx.	-	Altura total	109,22
	Autonomía (Km)	11	Altura asiento	58,42
	Batería	2x12V	Distancia al suelo	88,9
	Motor	24V DC	Radio de giro	0
	Velocidad Máx. (km/h)	5 Km/h		
	Referencia	<a href="http://actiontrackchair.com/trackchair-st/">http://actiontrackchair.com/trackchair-st/</a>		
		Modelo	Action TrackStander TR	
Precio (Euros)		15.037,87 €	Dimensiones (cm)	
Peso Silla (Kg)		222,26	Altura	109,22
Pendiente máx.		-	Longitud	60,96
Autonomía (Km)		11	Distancia al suelo	88,9
Batería		2x12V	Radio de giro	0
Motor		24V DC		
Velocidad Máx. (km/h)		5 km/h		
Referencia		<a href="http://actiontrackchair.com/trackchair-tr/">http://actiontrackchair.com/trackchair-tr/</a>		

[Tabla 10]. Análisis del mercado, sillas de ruedas eléctricas todo terreno– 2021

#### 5.1.4. Complementos eléctricos para sillas de ruedas con tracción manual

En el mercado actual también hay complementos para estas que junto a los complementos dan una mayor autonomía y movilidad. Estos complementos

principalmente son creados para dar la silla una mayor autonomía y movilidad, haciendo la vida del usuario más fácil. Además de ser una opción más económica y práctica.

En la siguiente tabla 11, se han estudiado distintos competentes eléctricos para las sillas de ruedas con tracción manual. El fin es evaluar las ventajas que ofrecen sobre las sillas convencionales a la hora de ser utilizadas en zonas exteriores, sin límites de movilidad.

Análisis del mercado, COMPLEMENTOS ELÉCTRICOS PARA SILLAS DE RUEDAS CON TRACCIÓN MANUAL				
	Modelo	Orugas Todoterreno, Freedom Trax		
	Precio (Euros)	6.000,00 €	Dimensiones (cm)	
	Peso soportado (Kg)	34,5	Anchura total	60
	Peso soportado (Kg)	115	Anchura del marco	23
	Autonomía (Km)	16 km	Distancia entre ejes	50-58
	Batería	24V 33,5Ah	Longitud total	120
	Motor	2x250W		
	Velocidad Máx. (km/h)	5		
	Referencia	<a href="https://freedomtrax-europe.com/wp-content/uploads/2019/02/Flver-Freedom-trax-ES.pdf">https://freedomtrax-europe.com/wp-content/uploads/2019/02/Flver-Freedom-trax-ES.pdf</a>		
	Modelo	Propulsión eléctrica para silla de ruedas manual		
	Precio (Euros)	1.690,00 €	Dimensiones (cm)	
	Peso soportado (Kg)	19	Ruedas de goma	20x5
	Peso soportado (Kg)	180 kg		
	Autonomía (Km)	14		
	Batería	11,5Ah		
	Motor	-		
	Velocidad Máx. (km/h)	1-5,5		
	Referencia	<a href="https://ortopediaenlinea.com/sillas-ruedas-electricas/propulsion-electrica-para-silla-de-ruedas-manual?gclid=Cj0KCCQjw78yFBhCZARisAOxg5x3XWWWhNko-qJtVksGsx9Qg0BwP4tEDKUq1Kng3YDp-">https://ortopediaenlinea.com/sillas-ruedas-electricas/propulsion-electrica-para-silla-de-ruedas-manual?gclid=Cj0KCCQjw78yFBhCZARisAOxg5x3XWWWhNko-qJtVksGsx9Qg0BwP4tEDKUq1Kng3YDp-</a>		
	Modelo	Handbike Batec Scrambler		
	Precio (Euros)	6.450,00 €	Dimensiones (cm)	
	Peso soportado (Kg)	16,7	Longitud total	92,5-107
	Peso soportado (Kg)	-	Altura total	82,5-102
	Autonomía (Km)	50	Altura rueda	52,6
	Batería	48V 678wh	Anchura rueda	31
	Motor	1200W	Anchura manillar	58-16,5
	Velocidad Máx. (km/h)	30 km/h		
	Referencia	<a href="https://www.ortoweb.com/handbike-batec-scrambler?gclid=Cj0KCCQjw78yFBhCZARisAOxg5x3BmWLDLTN6MVupOrUkupajklD1-">https://www.ortoweb.com/handbike-batec-scrambler?gclid=Cj0KCCQjw78yFBhCZARisAOxg5x3BmWLDLTN6MVupOrUkupajklD1-</a>		
	Modelo	Handbike Eléctrica		
	Precio (Euros)	1.995,00 €	Dimensiones (cm)	
	Peso soportado (Kg)	13		
	Peso soportado (Kg)	-		
	Autonomía (Km)	20		
	Batería	36V 8,8Ah		
	Motor	250W		
	Velocidad Máx. (km/h)	6 km/h		
	Referencia	<a href="https://www.ayudasmas.com/PBSCProduct.asp?PGFngID=2&amp;itmlD=27410287">https://www.ayudasmas.com/PBSCProduct.asp?PGFngID=2&amp;itmlD=27410287</a>		
	Modelo	Motor auxiliar para silla de ruedas Power Pack Plus		
	Precio (Euros)	664,00 €	Dimensiones (cm)	
	Peso soportado (Kg)	13,2	Anchura	35-55
	Peso soportado (Kg)	135	Diámetro tubo	2,1-5,5
	Autonomía (Km)	13		
	Batería	12V 20-22Ah		
	Motor	300W 12V DC		
	Velocidad Máx. (km/h)	5,5 km/h		
	Referencia	<a href="https://www.ortopediamas.com/movilidad/motores-para-sillas-de-ruedas-manuales/4761-motor-auxiliar-para-silla-de-ruedas-power-pack-">https://www.ortopediamas.com/movilidad/motores-para-sillas-de-ruedas-manuales/4761-motor-auxiliar-para-silla-de-ruedas-power-pack-</a>		
	Modelo	Invacare Alber SmooV		
	Precio (Euros)	3.600,00 €	Dimensiones (cm)	
	Peso soportado (Kg)	-		
	Peso soportado (Kg)	170		
	Autonomía (Km)	20		
	Batería	36v 13,8Ah		
	Motor	250-450W		
	Velocidad Máx. (km/h)	6 km/h		
	Referencia	<a href="https://www.onlinemedical.es/motores-auxiliares-para-sillas-de-ruedas-/519-invacare-alber-smooov-6-km-h.html">https://www.onlinemedical.es/motores-auxiliares-para-sillas-de-ruedas-/519-invacare-alber-smooov-6-km-h.html</a>		

[Tabla 11]. Análisis del mercado, complementos eléctricos para sillas de ruedas con tracción manual- 2021

## 5.2. Documentación: patentes

A la hora de diseñar un producto se debe tener muy presente la innovación que este aporta al mercado y al público objetivo. Se ha considerado la realización de un estudio de algunas de las patentes actuales en España.

En este análisis se ha valorado la semejanza a la idea inicial del diseño, es decir, prototipos de sillas de ruedas con tracción manual o eléctrica y mecanismos presentados para superar obstáculos, subir o bajar escaleras o circular por terrenos difíciles.

Se parte de dos prototipos actuales, uno basado en una silla de ruedas convencional con tracción manual autopropulsada y otra basada en una silla de ruedas con tracción eléctrica.

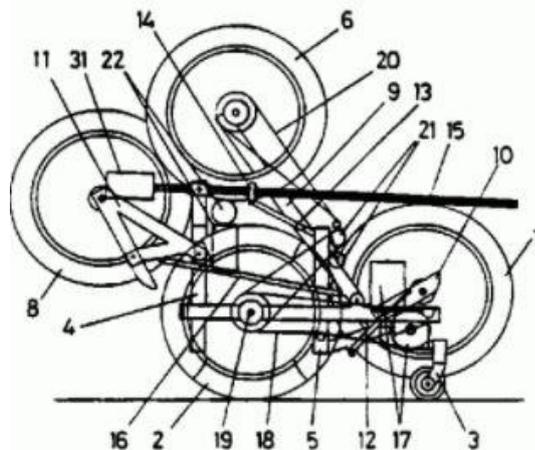
- SILLA DE RUEDAS AUTOPROPULSADA

La base del diseño de esta patente es una silla de ruedas convencional autopropulsada a la cual se le añade en el bastidor de la silla un sistema formado con brazos basculantes y ruedas.

El mecanismo está compuesto por tres pares de ruedas similares a las principales de la silla de ruedas, cada una de estas ruedas están unidas al bastidor con sus brazos basculantes respectivos. En condiciones normales el sistema está plegado y recogido, con una ocupación de volumen mínima. Cuando se circula por terrenos irregulares el mecanismo se alinea longitudinalmente y al mismo nivel, quedando las ruedas delanteras auto-orientables suspendidas en el aire. Definiendo un amplio tren de rodaje motorizado (Imagen 12).

Además, contiene un mecanismo que actúa automáticamente gobernado por un giróscopo manteniendo la horizontalidad del asiento, de forma longitudinal y transversal.

De esta forma se dota a la silla de una gran estabilidad en desplazamiento por terrenos poco comunes.



[Imagen 12]. Patente, Silla de ruedas autopropulsada, Nicolas Fernandes-Truchaud Otero (16/01/2001)  
<https://patentados.com/2001/silla-de-ruedas-autopropulsada> – 2021

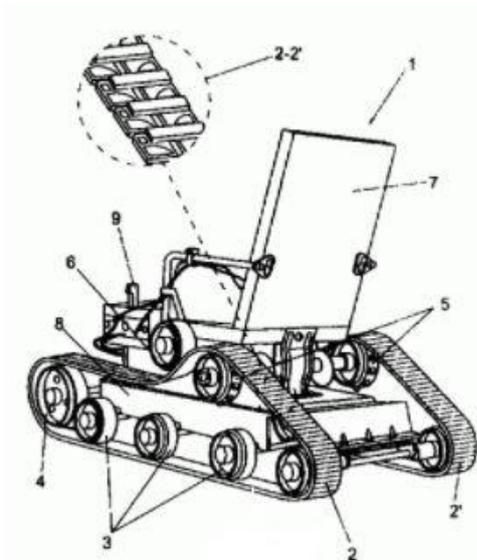
- SILLA DE RUEDAS DE ALTA MOVILIDAD

El prototipo de esta silla está compuesto de un chasis formado por dos sistemas de orugas en ambos lados (Imagen 13).

Cada sistema de oruga está formado por cinco ruedas guías (colocadas en la parte inferior) y una motriz (colocada en la parte superior, eje del motor).

La rueda guía delantera es de mayor tamaño que las otras, y va unida mediante un eje horizontal a la rueda guía delantera del lado contrario. Las ruedas motrices están aproximadamente alineadas con el respaldo del asiento y colocadas en el eje horizontal del motor, ejerciendo una tracción eléctrica trasera. Estas ruedas son ruedas troncas y están ajustadas a la goma mediante tensores.

En medio de los dos sistemas de orugas se encuentra el conjunto de batería y motor eléctrico.



[Imagen 13]. *Patente, Silla de ruedas de alta movilidad, Álvaro Freudenberger Prendes (16/09/2005)*  
<https://patentados.com/2005/silla-de-ruedas-de-alta-movilidad> – 2021

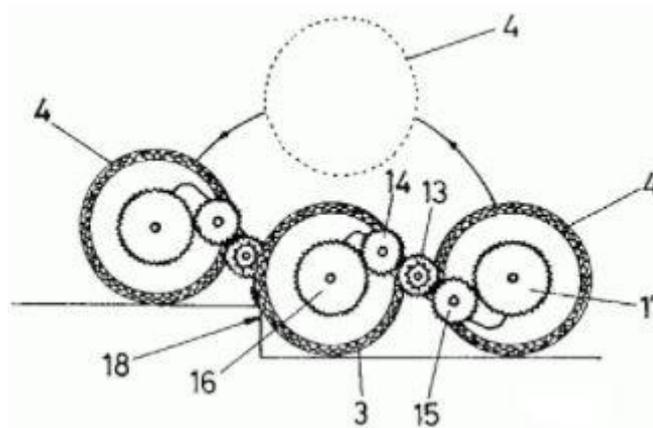
A parte de los diseños estudiados, se han valorado tres complementos que facilitan a las sillas de ruedas a superar obstáculos y circular por terrenos algo difíciles.

- DISPOSITIVO DE RODADURA PARA VEHÍCULOS AUTOMÓVILES Y SILLAS DE RUEDAS

Este mecanismo está compuesto por dos ramales en forma de “Z”, donde en los extremos de ellos se presentan los ejes de las ruedas correspondientes a ellos (todas de igual diámetro). En la parte central de los ramales se encuentran un conjunto de ruedas engranadas, estas están montadas en un eje fijo perpendicular a dicha parte del ramal (Imagen 14).

Hay dos mecanismos, a cada lado de las sillas de ruedas uno.

A la hora de superar un obstáculo, la rueda delantera hace tope en él y la rueda trasera juntamente con la estructura del ramal giran hacia delante. Convirtiéndose esta en la rueda delantera, debido a que el eje de la rueda delantera crea el eje de giro del dispositivo.



[Imagen 14]. Patente, Dispositivo de rodadura para vehículos automóviles y sillas de ruedas, Francisco S. Cabanillas Navarro (16/04/2000)- <https://patentados.com/2000/rodadura-para-vehiculos-automoviles-2021>

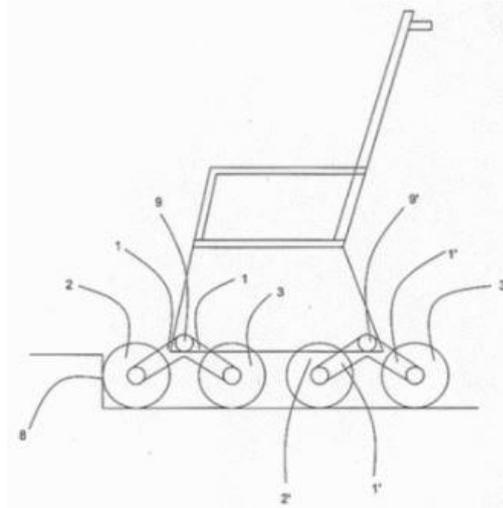
- DISPOSITIVO ELECTROMECHANICO TREPABORDILLOS

El dispositivo lo forman dos conjuntos a cada lado de la silla, los cuales están compuestos de un brazo y un par de ruedas.

El brazo tiene forma de “V” invertida. En él hay tres ejes, uno en medio el cual es un punto de pivote y dos fijos en los extremos que sirven para colocar las dos ruedas (Imagen 15).

Al topar las ruedas delanteras con un bordillo, el brazo efectúa un giro gracias a su eje central de pivotante. Dicho movimiento eleva la rueda trasera del brazo hasta llevarla al borde superior del bordillo, todos los brazos realizan este movimiento.

Por lo que el dispositivo hace que la silla de ruedas sea capaz de superar bordillos en su propio avance y recorrido.



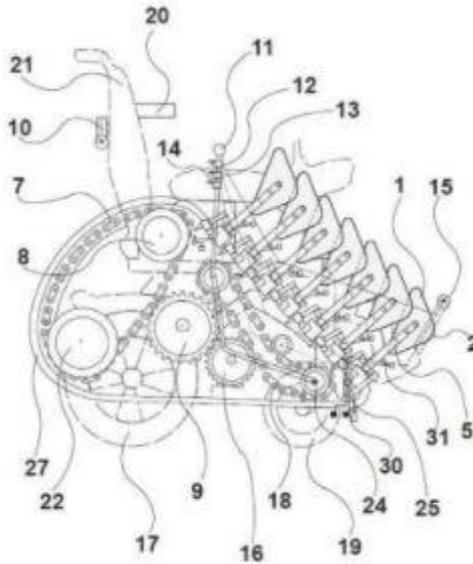
**[Imagen 15].** Patente, Dispositivo electromecánico trepabrodillos, Claudio José Cardoso Saturnino (01/01/2007) - <https://patentados.com/2007/dispositivo-electromecanico.55-2021>

- MECANISMO CON BRAZO-RAMPA PARA SUBIR Y BAJAR ESCALERAS.

El conjunto, uno en cada lado de la silla, está formado por sistema de dos correas las cuales están conectadas mediante una rueda dentada.

Dicho mecanismo emplea en la parte delantera de la silla unos brazos unidos a rampas, los brazos siguen el rail de una de las cadenas del sistema. Dicha rampa se coloca en frete de la rueda, la rampa se ancla al escalón y mediante los rebordes que contiene sirve para efectuar la baja o subida del escalón. Los brazos se van desplegando conforme la trayectoria que siguen las ruedas. El mecanismo cuenta con una palanca para desplegar y plegar los brazos (Imagen 16).

La propulsión y tracción es facilitada mediante el motor eléctrico, por tanto, es un mecanismo ideado para sillas de ruedas con tracción eléctrica.



[Imagen 16]. Patente, Mecanismo con Brazo-Rampa para subir y bajar escaleras, Bayron Sicilia Acosta (09/08/2013) - <https://patentados.com/2013/mecanismo-con-brazo-rampa-para-subir> - 2021

### 5.3. Conclusión del estudio de mercado

Una vez realizada la valoración del mercado actual y el análisis de las patentes, se observa la existencia de un nicho de mercado que puede estar cubierto.

Es cierto que actualmente hay prototipos de sillas y complementos que facilitan la movilidad en terrenos difíciles y aumentan la autonomía en el desplazamiento, pero conllevan varios inconvenientes.

Las soluciones ofrecidas son soluciones costosas y solo un porcentaje bajo del público objetivo puede acceder por ellas. Además, se le suma que suelen ser sillas y complementos difíciles de transportar y manejar. La poca cantidad de mecanismos adaptados a sillas de ruedas convencionales es evidente, y normalmente solo cubre la posibilidad de superar bordillos en terrenos ya habilitados para la circulación de estas sillas.

Por tanto, la creación del diseño planteado en este proyecto intenta cubrir las necesidades y reduce los inconvenientes que el mercado actual presenta hoy en día.

## 6. Metodología

### 6.1. Planificación

A la hora de la realización de un proyecto es importante tener un planteamiento previo. Este esquema debe acotar todos los pasos, desde el inicio al final, para lograr cumplir con los objetivos planteados en este trabajo.

Partiendo de la idea de un diseño que pretende crear un mecanismo adaptativo para las sillas de ruedas convencionales, de bajo coste, orientadas a las personas con problemas de movilidad. La cual se debe analizar, integrar, desarrollar y validar (Tabla 12).

Esquema Metodología			
Análisis	Integración	Desarrollo	Validación
Ideas Google	Forma	Modelos 3D	Objetivos cumplidos
Información e historia	Funcionalidad	Funcionalidad	
Público Objetivo	Bocetos Alternativas	Ergonomía	
Estudio de Mercado	Diseño Económico	Cálculos	
Patentes existentes		Análisis de Tensiones	
Necesidades		Diseño Final	
		Planos	

[Tabla 12]. Esquema gráfico de la metodología a seguir– 2021

Como se ha dicho anteriormente, la idea es diseñar una silla de ruedas con sistema de tracción eléctrico mediante oruga con geometría adaptativa. Partiendo de una silla de ruedas con tracción manual autopropulsada, que sea capaz de convertirse en una con tracción eléctrica trasera que circule por terrenos como arena, césped, barro... El principal motivo de este proyecto es el poder aprovechar una silla convencional que el usuario tenga sin necesidad de adquirir una nueva para circular por dichos espacios. Dando al usuario una alternativa más económica, de fácil transporte y montaje, que les permita una mayor libertad y una movilidad mucho más fluida en superficies fuera de asfalto.

### 6.2. Método “Morphological”, Chart Overview Design

Para crear las posibles alternativas para el diseño final se debe tener algunas consideraciones. En el caso que se ocupa, se ha decidió esquematizar y analizar las soluciones nacidas de una inicial lluvia de ideas.

El método “Morphological” permite hacer de forma esquematizada un planteamiento de aspectos generales, para así dibujar los primeros bocetos. En consecuencia, se obtienen soluciones rápidas, claras y precisas (Tabla 13). Además, es un método bastante visual porque permite evaluar lo resolutivas que son las soluciones propuestas. Por lo que gracias a dicha puntuación se puede elegir a simple vista una posible alternativa como diseño final. La puntuación en este caso va del 1 al 5, siendo una solución muy apta el 5 y poco o nula el 1.

Método "Morphological", Chart Overview Design		
Consideraciones en el diseño		
Montaje rápido	Directamente la silla encima del sistema	Eganche mediante pasador de liberación rápida
Forma del Sistema oruga	Plano	Triangular
Amortiguaciones	No	Sí
Puntos de pivotación en el sistema	Ninguno	Al menos dos, uno a cada lado del sisetma
Conjunto motor-batería	Junto	Separado
Localización Motor	Estructura del sistema	Agarre en el bastidor del asiento
Localización Batería	Estructura del sistema	Mochila en el respaldo
Posibilidad de desmontar el sistema	No	Sí
Antivuelco	Anchura considerable	Mecanismo a ambos lados
Alternativas	Plataforma	Sistema triangular

Puntuación	
1	
2	
3	
4	
5	

[Tabla 13]. Método "Morphological", posibles alternativas – 2021

Como se puede observar, a la izquierda de la tabla 2 se han colocado las consideraciones en el diseño inicial. Las dos columnas de la derecha corresponden a las dos alternativas iniciales. Por un lado, un diseño de una plataforma compacta y la otra un sistema triangular montado directamente como las ruedas traseras.

Como muestra la tabla 13, se ha llegado a la conclusión que la mejor opción para iniciar y desarrollar es mediante un diseño de un sistema triangular. Esta decisión se ha tomado en base al croma de la puntuación (Tabla 13, puntuación) de ambas alternativas, es decir, cuanto más claro sea el color de la casilla de cada consideración más cumplirá los requisitos de la columna de la izquierda (columna gris). La plataforma sería una opción con un volumen considerado, peso elevado y difícil de transportar. Además, que aun así podría existir el riesgo de que la silla volcará.

Es siguiente planteamiento recae en los materiales a utilizar, sobre todo en el desarrollo del sistema de la oruga en general. En la tabla 14 se estudia los posibles materiales de los componentes presentes en la columna de la izquierda. Para evaluarlos se ha utilizado el mismo sistema que anteriormente.

Método "Morphological", Chart Overview Design				
Materiales a considerar				
Cadena de la oruga	Goma	Cadena Alumino	Cadena Acero	Cadena Fundición
Ruedas Guías	Plástico (Teflón)	Fundición	Alumino	Acero
Engranajes	Plástico (Teflón)	Fundición	Alumino	Acero
Amortiguación	Alumino	Acero	Cobre	-
Estructural (cubrir)	Alumino	Acero	Metacrilato	-
Estructura (colocación)	Alumino	Acero	Metacrilato	-
Ejes	Plástico (Teflón)	Fundición	Alumino	Acero

Puntuación	
1	
2	
3	
4	
5	

[Tabla 14]. Método "Morphological", posibles materiales– 2021

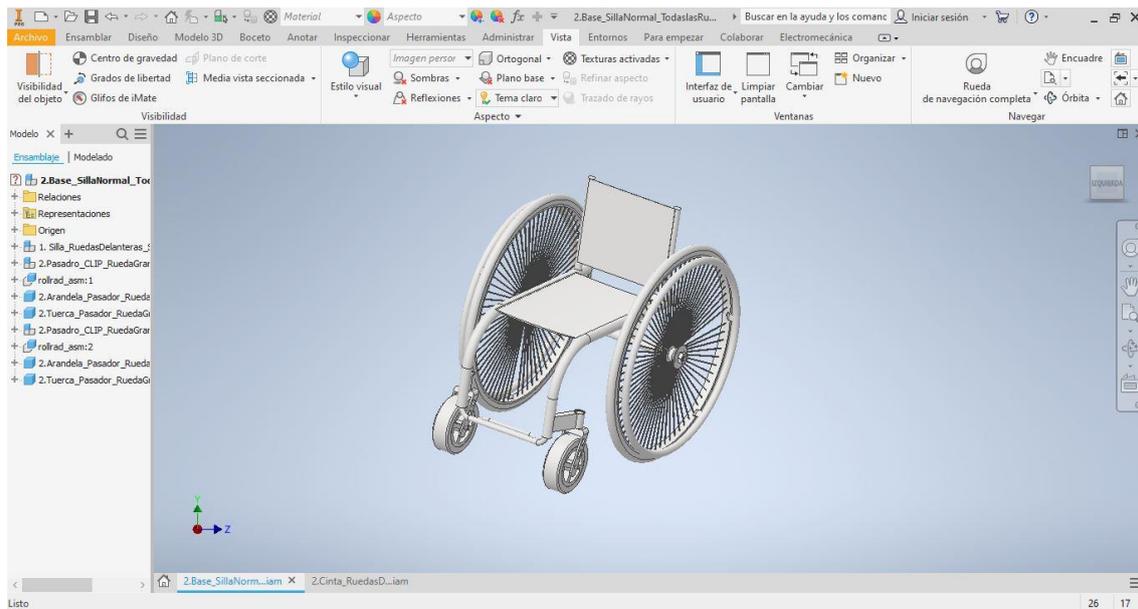
### 6.3. Diseño de las alternativas

Las dos alternativas propuestas se han dibujado al mismo tiempo en bocetos a mano alzada (en papel) y en CAD/CAM (Autodesk Inventor Profesional 2020 en la versión de estudiante). El primero permite dibujar directamente y efectuando cambios en el mismo instante. El segundo profundiza más en las medidas y los ajustes que van a ofrecer una perspectiva tridimensional más parecida a la realidad necesaria para el diseño final.

Para el modelado tridimensional se ha utilizado Autodesk Inventor en su versión estudiante. Este programa de CAD/CAM ofrece múltiples soluciones de modelado en 3D que posteriormente permite realizar análisis de tensiones en ensamblados o piezas dibujadas. En el desarrollo del diseño final será muy útil a la hora de valorar la resistencia a la carga que se someten algunas piezas importantes en el mecanismo. Al igual que ofrece una gran facilidad a la hora de realizar los planos una vez finalizados los diseños tridimensionales. Cabe destacar que es un software muy completo, se puede manejar en varios formatos. STL, .OBJ y STEP.

#### 6.3.1. Evolución del diseño de ambas alternativas

Antes de dibujar y modelar ambas alternativas iniciales se tridimensionó en Inventor la silla de ruedas con tracción manual, la cual se le creará la adaptación del sistema oruga con tracción eléctrica (Imagen 17). En este primer diseño en 3D no se valora los detalles, simplemente se ensambló las partes para obtener una imagen sobre el conjunto final.



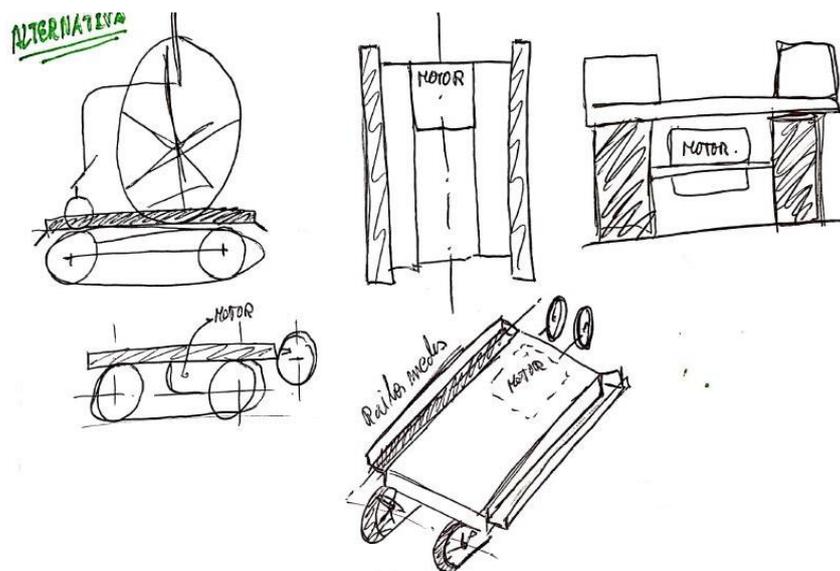
[Imagen 17]. Prototipo utilizado, silla de ruedas con tracción manual autopulsada – 2021

Los archivos de dibujo de las piezas de la silla fueron facilitados por el C.I.T.G, el cual posee dicha silla físicamente.

A partir de este dimensionado se desarrollaron las diferentes alternativas a nivel de dibujo, la plataforma y el sistema triangular.

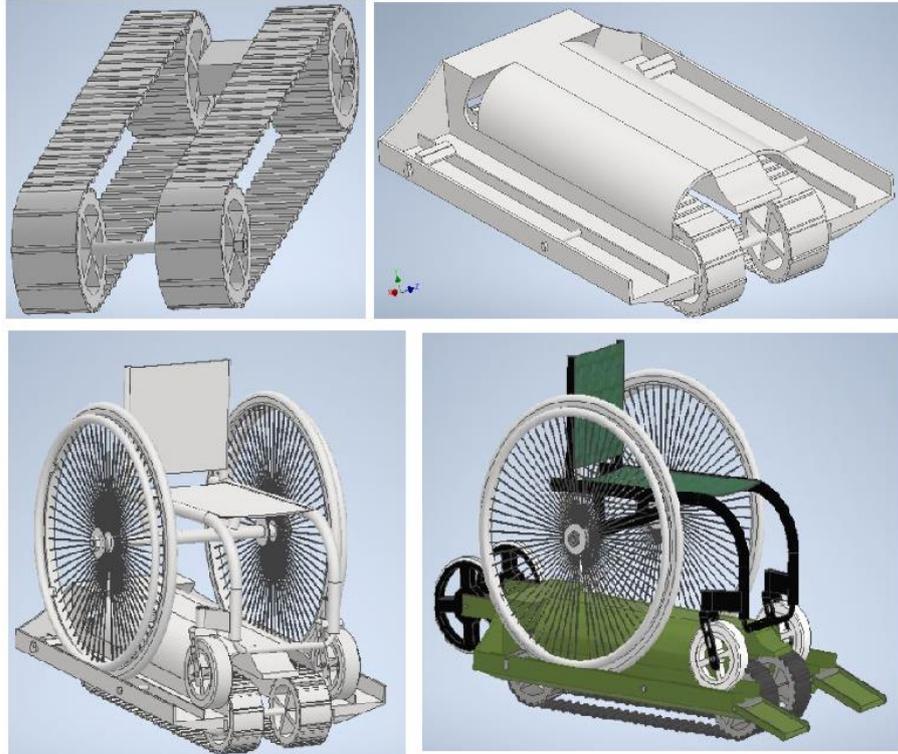
- PLATAFORMA

Como se puede observar en el boceto a mano alzada (Imagen 18), se tenía en mente la idea de un conjunto unificado. En este conjunto están incorporados tanto el motor, el sistema oruga y el chasis que mantiene la silla



[Imagen 18]. Bocetos, alternativa plataforma– 2021

Una vez se tenía clara la distribución del diseño y los componentes a tener en cuenta, se procedió al diseño 3D (Imagen 19). Primero se elaboraron dos conjuntos: el chasis y sistema oruga. Más adelante se añadió la silla y ruedas traseras. Estas ruedas traseras se añaden con el fin de dar mayor estabilidad a la hora de superar pequeñas pendiente u obstáculos muy pronunciados.

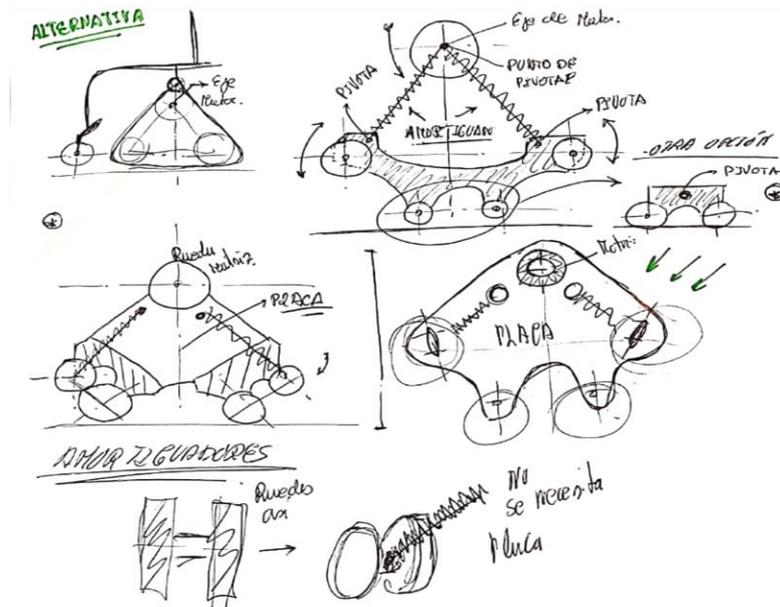


[Imagen 19]. Dimensionado, alternativa plataforma– 2021

- SISTEMA TRIANGULAR

El modelo de este sistema se basa en crear un dispositivo que sustituyera las ruedas manuales de la silla, las cuales van ancladas mediante el pasador de liberación rápida.

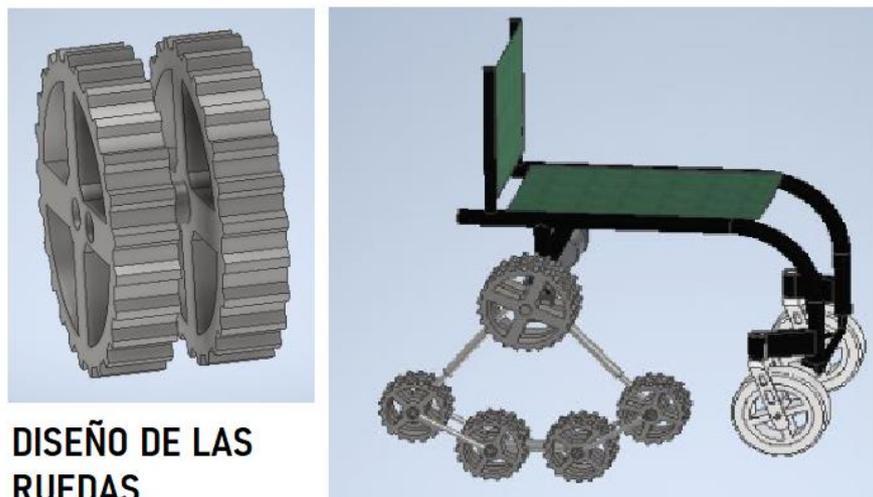
A diferencia con la alternativa anterior, en esta se han propuesto varios bocetos (Imagen 20). En ellos se aborda la posibilidad de añadir varios puntos de rotación, amortiguaciones y formar una estructura mediante placas o al vuelo.



[Imagen 20]. Bocetos, alternativa sistema triangular– 2021

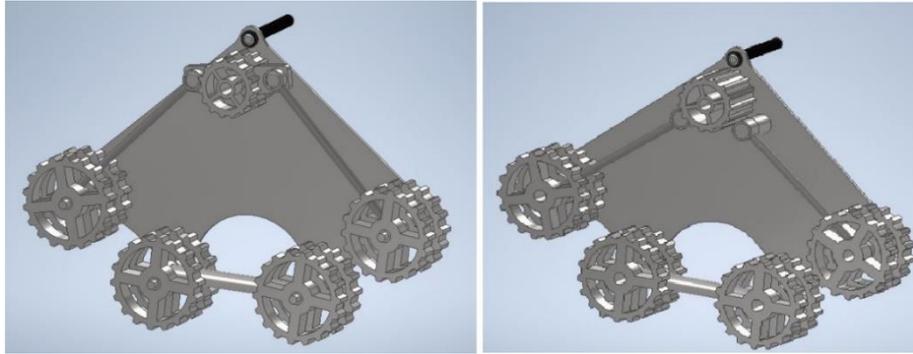
En consecuencia, se modeló el sistema en ambas estructuras, al vuelo (Imagen 21) y con placa.

En el diseño inicial se contempló no crear ninguna pieza que soporte los engranajes. Conforme se fue desarrollando el boceto se observó que el diseño no tendrá ninguna resistencia, por tanto, se pasó a diseñar la siguiente opción de soporte (Imagen 22).



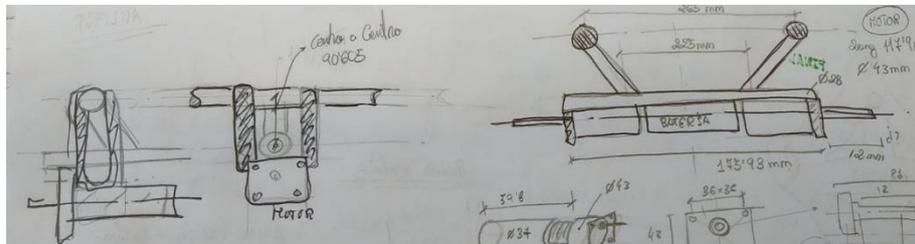
[Imagen 21]. Dimensionado, alternativa sistema triangular al vuelo– 2021

Se llega a la conclusión que con una placa-soporte (Imagen 22) es la alternativa funcional más acertada, esta se desarrollará con posterioridad para llegar al diseño final.

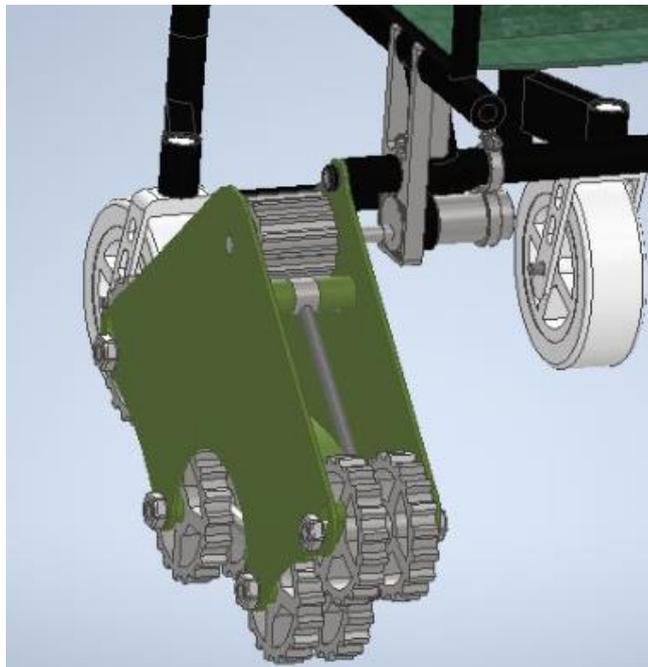


[Imagen 22]. Dimensionado, alternativa sistema triangular con placa como soporte– 2021

Además, se diseñó el soporte del motor mediante bocetos e imágenes de diseño en CAD CAM 3D (Imagen 23 y 24) con el fin de trabajar con un modelo completo en el que se tenga todas las consideraciones.



[Imagen 23]. Boceto, alternativa sistema triangular agarre motor– 2021



[Imagen 24]. Dimensionado, alternativa sistema triangular conjunto– 2021

Cabe destacar que en este apartado solo se pretende mostrar la metodología que se ha seguido para empezar a diseñar y desarrollar las ideas presentadas en el método "Morphological". En los siguientes apartados se muestran las consideraciones que se han tomado para la elección del diseño y el desarrollo de la alternativa final más detallada.

## **7. Descripción de ambas soluciones propuestas**

Las soluciones planteadas para el diseño de la silla de ruedas con tracción eléctrica mediante una oruga con geometría adaptable están basadas en los sistemas de orugas que el mercado actualmente ofrece.

Como se ha estudiado en el apartado 5 de este trabajo, las sillas de ruedas denominadas como sillas “todoterreno” actualmente siguen dos patrones.

El primer patrón nos ofrece la posibilidad de añadir la silla de ruedas con tracción manual encima de un chasis. Dicho chasis está compuesto por un conjunto unificado donde se sitúa en el motor o propulsor, las baterías y el sistema de oruga. Esta opción es algo más económica, puesto no obliga al usuario a comprar una segunda silla para circular por terrenos irregulares. Aun así, este producto tiene un precio algo elevado.

Por otro lado, el segundo patrón ofrece un sistema integrado de oruga el cual es propulsado mediante un motor eléctrico, mediante una tracción eléctrica trasera. Estas sillas proporcionan mayor movimiento en terrenos difíciles por su gran estabilidad. Esto se debe a la forma triangular que tiene el dispositivo de oruga (Imagen 25), formando la base de la silla. La gran fluidez de movimiento es gracias a la distribución de las ruedas que tensan la goma de la oruga. Normalmente en el vértice superior del sistema de triángulo encontramos la rueda motriz del mecanismo, además de ruedas guías en la parte inferior y lateral. Las ruedas guías en las partes laterales suelen venir previstas de amortiguaciones ya que sirven de apoyo para superar bordillos u obstáculos muy pronunciados en el terreno. El inconveniente de este tipo de sillas reside en que son pesadas y son difíciles de transportar. También es destacable que esta opción tiene un coste elevado con lo que la cantidad de usuarios dispuestos a adquirir una se reduce considerablemente.



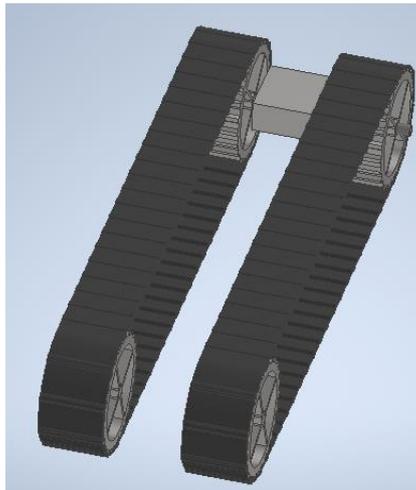
[Imagen 25]. Sistema oruga con forma triangular - <http://actiontrackchair.com/trackchair-eagle/>- 2021

## 7.1. Descripción del diseño plataforma

El diseño de esta propuesta está compuesto por un chasis y sistema orugas formado por correas y ruedas (motrices y guías) (Imágenes 25 y 26).

- SISTEMA ORUGA

El sistema está formado por cuatro ruedas dentadas, un conjunto de motor y baterías, la goma y los ejes pertinentes, tanto del motor como las ruedas conductoras.

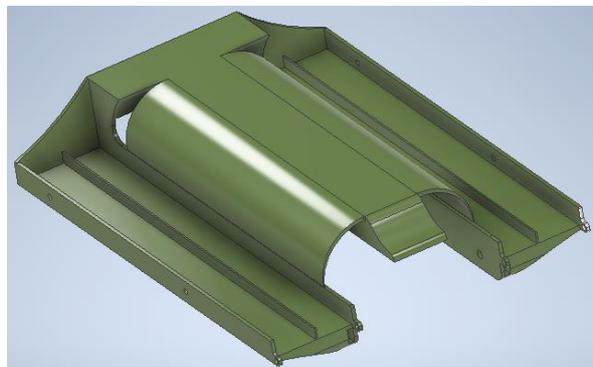


[Imagen 26]. Sistema oruga, diseño plataforma– 2021

Se buscó que dicho mecanismo fuera lo más sencillo posible, con los objetivos de que fuera económico, las piezas fueran reemplazables y ofreciera cierta estabilidad.

- CHASIS

El chasis debe ser robusto debido que sobre él recae la carga total de la silla más el peso del usuario, además de sostener y unificar el sistema de oruga.



[Imagen 27]. Chasis, diseño plataforma– 2021

El diseño se ideó de forma que protegiera el mecanismo de oruga y sostuviera la silla de ruedas. Se crearon dos carriles a cada lado, colocando en ellos las cuatro ruedas de la silla y delimitando los espacios. Esto permite que en el conjunto final de este diseño se ajuste y fije a la silla evitando movimientos no deseados.

- CONJUNTO FINAL

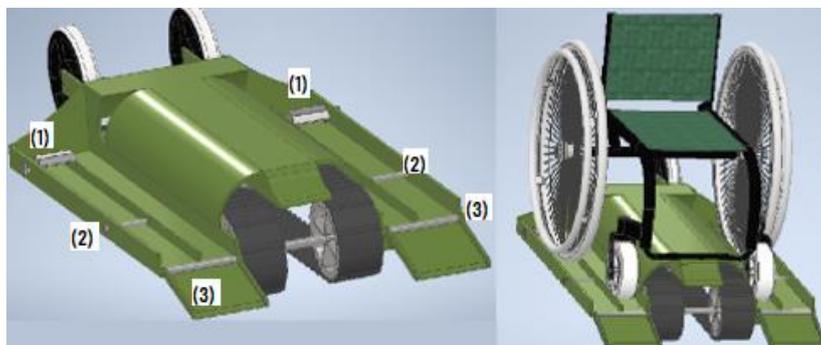
Como se observa en la imagen 4, el conjunto final es un bloque unificado y compacto. Además del mecanismo de oruga y el chasis se le añadieron varios componentes necesarios.

Se diseñó con ruedas traseras por motivos de estabilidad. Dan seguridad al conjunto contra vuelcos hacia atrás en pendientes leves o terrenos irregulares. Otro motivo es impedir que el chasis roce o impacte con el terreno pudiendo dificultar el movimiento del conjunto.

También nace la necesidad bloquear la silla, de forma que no se mueva encima de la plataforma. Para ello se diseñaron varios mecanismos que realizan la acción de frenado y bloqueo de las ruedas.

Estos tipos de frenos serán los que anclen las ruedas traseras, evitando el movimiento de la silla adelante y atrás. El dispositivo trasero (1) está formado por una pieza plana dotada de una superficie inclinada en su parte superior encarada hacia la rueda, con el fin de bloquear la rueda trasera. Este freno está montado mediante un pasador y fijado al chasis. Este pasador posee, en el extremo exterior al chasis, una pequeña palanca que permite el movimiento giratorio de la pletina, haciendo que la parte inclinada se fije o no a la rueda trasera. En la parte delantera del raíl se ha colocado un pasador (2). Tiene un diámetro óptimo para ser superado en la colocación de la silla, pero a la hora del desplazamiento del conjunto supone un obstáculo en el movimiento de la silla de ruedas en la plataforma.

Las rampas están colocadas en el inicio de los raíles y con la misma anchura que estos juntos. Se añaden al chasis mediante un pasador con un ajuste prieto (3). Este ajuste permite recoger las rampas hacia arriba e impedir en mayor medida el vaivén formado en la silla de ruedas en el movimiento del conjunto.



[Imagen 28]. Diseño plataforma – 2021

Cabe destacar que este diseño tiene varios inconvenientes. Funcionalmente es un diseño con alto riesgo de vuelco de la silla, debido que el mecanismo de oruga no es lo suficientemente ancho. En caso de serlo conllevaría a un aumento de volumen de la plataforma y por tanto influiría en su transporte. Siendo este ya lo bastante vasto, puesto a su peso y volumen inicial.

Añadiendo que este concepto de diseño ya existe en el mercado y la única finalidad sería desarrollarlo para poder abaratar el prototipo.

## **7.2. Descripción del diseño basado en un sistema triangular**

Mediante la referencia de los prototipos de las sillas de rueda “todoterreno” que ofrece el mercado actual se creó esta alternativa (Imagen 33). En el presente diseño se ha basado en el mecanismo del pasador de liberación rápida que poseen la mayoría de las sillas de ruedas convencionales para montar y desmontar las ruedas de tracción manual traseras.

Al igual que se acoplan las ruedas traseras manuales, se ha pretendido que el sistema de oruga tenga la misma facilidad y sencillez en su montaje. Para diseñar se dividió el diseño en varias partes que se consideraron importantes dentro de él: localización y colocación del motor, distribución de las ruedas y soporte del mecanismo

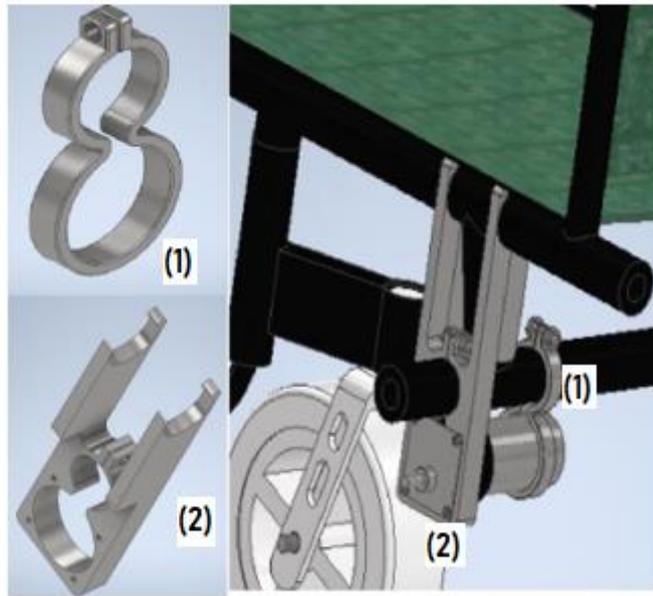
- **LOCALIZACIÓN Y COLOCACIÓN DEL MOTOR**

Para que el sistema de oruga sea optimo se debe colocar como base de la silla, en consecuencia, la localización más factible del motor también debe ser en la parte inferior de esta. Consiguiendo así que el eje del motor este alineado con el mecanismo de oruga.

Se decidió colocar el motor mediante un soporte (1) al bastidor horizontal situado transversalmente en el asiento de la silla (Imagen 29). Para ello se crearon dos piezas, una en forma de ocho agarrando el extremo interior del motor y otra sujetando la parte exterior.

El agarre interior es una abrazadera en forma de ocho, un diámetro inferior igual al de motor y otro superior con el mismo diámetro del bastidor horizontal de la silla. Esta abrazadera se ajustará mediante un perno normalizado de métrica seis.

En cuanto al otro soporte (2), es una pieza diseñada para fijar el motor e impedir el movimiento de balance que este puede causar en su uso. Para ello en la parte superior de la pieza cuenta con dos brazos donde sus extremos se acoplan al bastidor vertical situado longitudinalmente en el asiento. En la parte inferior cuenta con una superficie donde la placa del motor se puede ensamblar mediante pernos con métrica tres y medio, como los orificios roscados del motor.



[Imagen 29]. Localización y colocación del motor, diseño sistema triangular– 2021

- DISTRIBUCIÓN DE LAS RUEDAS

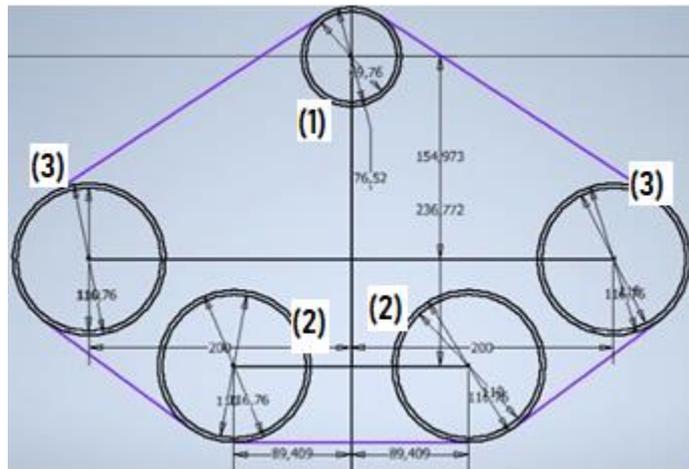
Como segunda cuestión en el presente diseño es la distribución de las ruedas del sistema de oruga (Imagen 30).

En este caso se planteó una rueda motriz (1) en la parte superior del mecanismo, compartiendo el eje del motor y cuatro ruedas guías. Cabe destacar que esta distribución es la misma a ambos lados de la silla.

Hay dos distinciones en las ruedas guías, un par de ellas como ruedas inferiores (2) y otro como laterales (3).

Como apoyo fijo se cuenta las dos ruedas inferiores (2), las cuales siempre estarán en contacto con el terreno.

En cambio, las ruedas laterales (3) en condiciones normales siempre estarán en elevación. Puesto que la finalidad de estas ruedas es dar apoyo al mecanismo a la hora de superar pequeñas pendiente y obstáculos notables en el terreno. De manera que sirva de apoyo en estas circunstancias, dando mayor resistencia, estabilidad y agarre en la superficie. Estas ruedas irán dotadas de amortiguaciones formadas por muelles (4). Cabe destacar que también son ruedas con una cierta libertad de movimiento, lo cual permite ajustar y tensionar mucho mejor la goma del mecanismo de oruga.



[Imagen 30]. Boceto distribución de las ruedas, diseño sistema triangular– 2021

A parte, el diseño previo de la distribución de las ruedas ayuda a crear una determinada estructura. Valorando la estructura y soporte que se debe tener en cuenta.

- SOPORTE DEL MECANISMO

En esta parte del diseño se plantearon dos alternativas, crear una estructura al vuelo o mediante una placa como soporte.

Una estructura al vuelo (Imagen 31) reduce el peso del sistema considerablemente y deja que el mecanismo de oruga se mueva más libre, teniendo una mayor adaptación al terreno irregular. Sin embargo, implica que el sistema sea mucho menos robusto y el peso recaiga directamente sobre la distribución de ruedas (ruedas, ejes de estas, amortiguaciones...).

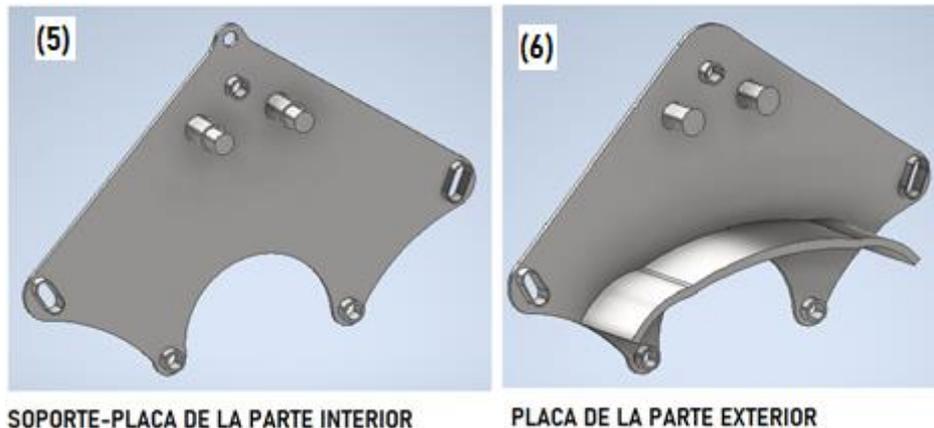


[Imagen 31]. Estructura al vuelo, diseño sistema triangular – 2021

Al finalizar el diseño de esta estructura se rechazó directamente por la ausencia de soporte. Aún que sirvió para fomentar la forma del soporte-placa (5).

Se concluyó al final por un soporte formado por una placa (5). Una placa de cuatro milímetros la cual se ensambla a la silla mediante el pasador de liberación rápida, propio de la silla de ruedas convencional. Esta placa (5) soporta el peso de ese lado del conjunto de la silla diseñada, es decir, la mitad del peso conjunto. Se consideró una pieza importante en el sistema, por lo que se valora la idea que sea de acero. De forma que además del peso pueda soportar las tensiones provocadas por el momento del motor.

Cabe destacar que también se diseñó una segunda placa (6) con el fin de proteger el mecanismo de oruga. Esta placa exterior (6) tiene un montaje rápido al conjunto mediante pasadores con extremos roscados. De manera que se pueda montar y desmontar rápida y fácilmente. En consecuencia, este montaje permite recambiar piezas desgastadas o estropeadas del sistema y limpiar el mecanismo a causa de circular por terrenos difíciles como arena o barro. Da la posibilidad de un mantenimiento óptimo, alargando la vida del dispositivo.

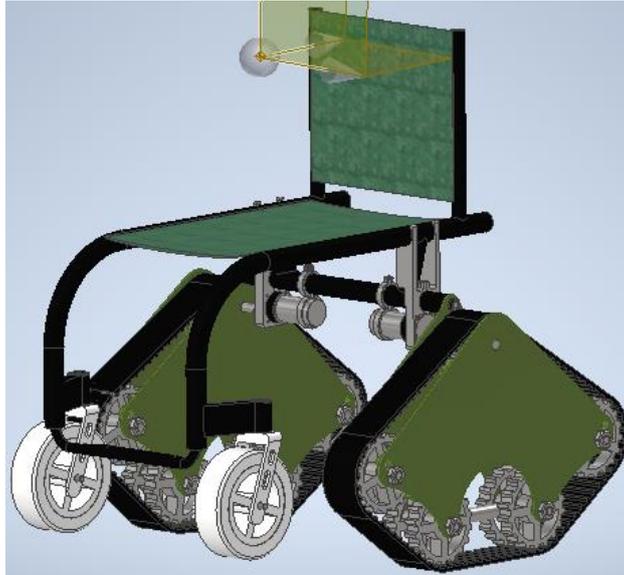


**[Imagen 32].** Soporte-placa de la parte interior y placa de la parte exterior, diseño sistema triangular- 2021

En resumen, el diseño de esta alternativa aporta una innovación al mercado actual. En él este tipo de mecanismo oruga esta implementado de forma fija en las sillas “todoterreno”, eso obliga al usuario a comprar dichas sillas, en caso obtener este tipo de sistemas para ser capaces de circular por terrenos irregulares. Con este diseño se ofrece la posibilidad de adaptar este mecanismo a una silla de ruedas manual con unas prestaciones semejantes a las sillas ofrecidas en el mercado.

Cabe añadir que es un conjunto fácil de transportar, e incluso se puede llevar siempre en el vehículo por su poco volumen.

Incluso no es preciso que se desmonten todas las partes, el motor se puede dejar anclado aun cuando la silla se utilice de forma manual. Además, este sencillo montaje permite un mantenimiento realizado por el propio usuario, sin ningún tipo de conocimiento específico. Las piezas del sistema, como el motor, la goma y las ruedas, pueden ser piezas con un precio económico y fáciles de encontrar en el mercado actual.



[Imagen 33]. *Diseño sistema triangular – 2021*

## **8. Diseño adoptado**

### **8.1. Criterio de selección**

A la hora de seleccionar una alternativa para desarrollar el diseño final se deben considerar ciertos criterios.

Como se comenta en el apartado 3, el objetivo general es diseñar un sistema de modificación de tracción de una silla de ruedas manual a uno de orugas con propulsión eléctrica, todo partiendo de un modelo de silla de ruedas convencional estándar facilitado por el C.I.T.G. Dicho objetivo lleva a identificar unas necesidades y limitaciones que se deben tener en cuenta en la elección y desarrollo del diseño.

Las necesidades específicas que el diseño debe cumplir son las siguientes:

1. Acoplar un motor eléctrico con el fin de adaptar a la silla una tracción eléctrica trasera, capaz de arrastrar la silla de ruedas creada.
2. Un sistema sencillo de oruga, el cual se ajuste al terreno.
3. Economizar el conjunto, abaratar los componentes del mecanismo buscando en el mercado piezas comunes.
4. Resistencia a las tensiones provocadas en el mecanismo ensamblado debido al movimiento o carga conjunta (peso del usuario y de todos los elementos de la silla diseñada).
5. Montaje rápido, cómodo y sencillo.
6. Transporte fácil, ligero y con un volumen mínimo.

En cuanto a las limitaciones del trabajo:

1. Diseño referido únicamente a la silla de ruedas convencionales facilitada por el C.I.T.G.
2. Planteamiento del diseño de forma teórica, diseño 3D y cálculos que lo validen, no hay posibilidad de creación de maqueta o prototipo.

De modo que, con las alternativas presentadas, el conjunto mediante plataforma y el sistema triangular ajustable mediante pasador de liberación rápida, se han evaluado las opciones que tienen para cumplir las necesidades exigidas para llegar a los objetivos específicos (Tabla 15).

Evaluación del cumplimiento de las necesidades			
	Necesidades		
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	Necesidades		
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
		Evaluación	
		No cumple	
		Sí cumple	
		No sé sabe	

[Tabla 15]. Evaluación de necesidades en las alternativas presentadas – 2021

Observando la tabla anterior se puede llegar a la conclusión que el diseño a integrar y desarrollar es el sistema triangular ensamblado a la silla. Puesto que el mecanismo triangular ofrece la posibilidad de colocar el motor eléctrico en el bastidor horizontal transversal del asiento y dotando a la silla de una tracción eléctrica trasera, pudiendo elegir dejarlo fijo o montarlo cuando sea necesario. Además, la forma triangular del mecanismo hace que el movimiento de la silla se adapte mejor a los terrenos irregulares, sobre todo gracias a las ruedas guías laterales acompañadas de amortiguaciones que hacen de apoyo en las pendientes o en obstáculos algo pronunciados. Al igual que dicha alternativa puede ser abaratada fácilmente, ya que la posibilidad de encontrar en el mercado un mecanismo de oruga estándar es fácil. Siendo por tanto un mecanismo sencillo donde el usuario no necesita ningún conocimiento específico. En cambio, la única duda que crea este diseño es su capacidad de resistir a la carga aplicada y las tensiones creadas por el desplazamiento. Este criterio será estudiado más adelante.

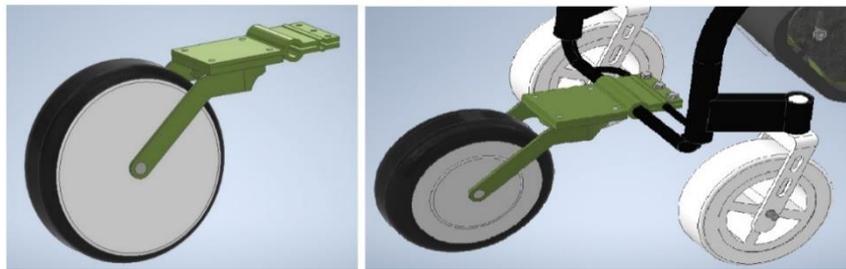
Por otra parte, la alternativa de la plataforma se ha descartado por tres motivos. El primero es la forma horizontal y plana en el que está formado el mecanismo de oruga. Su principal inconveniente reside a la hora de superar pendientes u obstáculos pronunciados en terrenos irregulares, ya que carece de apoyos para vencerlos sin dificultados. También cabe la posibilidad de que patine, al no tener apoyo y no ser adaptable a la forma del terreno. En cuanto al segundo motivo, el chasis de la estructura debe soportar en su totalidad el peso de la silla y del usuario, por tanto, su construcción se debe realizar con materiales robustos y resistentes. Esto conlleva a un aumento de carga y dificultando su transporte. Por tratarse de una plataforma que soporta la silla y al usuario, se debe tener en cuenta la fijación de estos y así evitar el vuelco durante el desplazamiento. Por lo tanto, esto conlleva un aumento de la superficie de apoyo en donde va situada la silla. Esto conlleva aumentar la superficie de apoyo de la silla, implicando un aumento de volumen. Por tanto, dificultando el transporte del mecanismo debido al aumento de peso y tamaño. El tercer motivo por el cual dicha alternativa se ha descartado es porque dicha opción también está presente en el mercado actual, como es la marca Freedom Trax.<sup>3</sup> La única mejora existente es poder abaratar los materiales o rediseñar el producto, pero conllevaría reducir las prestaciones del modelo actual en el mercado.

<sup>3</sup> <https://freedomtrax.com/>

## **8.2. Desarrollo del diseño seleccionado**

En base al diseño seleccionado se ha realizado varias mejoras.

Se ha observado que las ruedas delanteras pueden ser un obstáculo ahora de circular por terrenos difíciles pudiendo atorarse o clavarse en ellos debido a su reducido tamaño. Aún que el sistema incorporado hace que dichas ruedas estén en elevación respecto al terreno, es importante adaptarlas con un dispositivo que permite una mejor fluidez en el movimiento. Para ello se ha considerado dos opciones: una de diseño propio y otra de un producto ya comercializado. Para el primero, se ha propuesto un enganche de una rueda balón delantera. La rueda va ensamblada mediante una abrazadera en el reposapiés de la silla de ruedas convencional (Imagen 34). Con el fin de tener una libertad total de giro. Como comercializado, se acude a las opciones que el mercado actual proporciona para solucionar dicho problema. La opción más óptima es el producto FreeWheel<sup>4</sup> (Imagen 35), la cual va acoplada a la silla de ruedas mediante una pinza a presión en el reposapiés.



**[Imagen 34].** Solución ruedas delanteras atoradas, diseño propio – 2021



**[Imagen 35].** Soluciones ruedas atoradas, opción del mercado actual - [www.ortoweb.com](http://www.ortoweb.com) – [www.es.wallapop.com](http://www.es.wallapop.com) - 2021

Esta opción tiene un precio elevado, aproximadamente entre 500 euros y 600 euros. En consecuencia, se aplicará el diseño propio a la hora de desarrollar el prototipo final.

Además de la problemática de las ruedas delanteras, también se consideró reducir el volumen del mecanismo, se planteó disponer de un bastidor entre las placas interiores y

<sup>4</sup> Compra del producto: [https://www.ortoweb.com/rueda-freewheel?gclid=Cj0KCQjwpdqDBhCSARIsAEUJ0hNUD50mle1rRFLb5WGwuOVzEI3xK3lmX0lZ2ZaaA5\\_QyQOVWWcqpolaAu2MEALw\\_wcB](https://www.ortoweb.com/rueda-freewheel?gclid=Cj0KCQjwpdqDBhCSARIsAEUJ0hNUD50mle1rRFLb5WGwuOVzEI3xK3lmX0lZ2ZaaA5_QyQOVWWcqpolaAu2MEALw_wcB)

umentar la anchura de la pista del sistema de oruga. Logrando así un mejor transporte del sistema, una adecuada resistencia y una mayor estabilidad a la hora de circular por terrenos difíciles.

Al tener una base del diseño definido, se decidió realizar los cálculos necesarios para un funcionamiento óptimo del sistema antes que desarrollar el diseño final. Con esto se pretende enfocar la integración y el desarrollo final de la solución adaptada teniendo ya en cuenta todas las especificaciones necesarias.

### **8.3. Cálculos necesarios en el sistema**

Para que la solución final de este proyecto cumpla con los objetivos y necesidades especificadas anteriormente, no solo se debe diseñar y tridimensional, también se requiere un estudio de algunos aspectos mecánicos. En este caso se ha tomado en consideración varios factores importantes en el sistema a la hora del desplazamiento del conjunto de la silla. Los factores a tener en cuenta son los siguientes: una potencia del motor capaz de mover la carga total, transmisión del par motor al mecanismo oruga con la misma potencia, estudio de las tensiones en la correa y análisis de las tensiones en el sistema.

- **CÁLCULO POTENCIA DEL MOTOR NECESARIA**

Se han tenido en cuenta dos características básicas, como son la velocidad y aceleración. Estos datos son extraídos del estudio de mercado realizado anteriormente: velocidad (**v**) = **13 km/h** y aceleración (**a**) = **0'6 m/s<sup>2</sup>**.

Además de la velocidad y aceleración, se ha considerado que tanto la rueda delantera como la goma de la oruga son de caucho. Por lo que se considera un **coeficiente de fricción**<sup>5</sup> mínimo de 0'72 en asfalto, pero en el caso que se ocupa se trata de terrenos difíciles y por tanto se considerará un máximo de **1**.

Por otro lado, el peso que la silla debe mover es la carga total del usuario, silla de ruedas convencional y mecanismo acoplado. Se ha considerado tomar un peso total de 175 Kg, con el fin de redondear hacia arriba. Suponiendo una gravedad de 9'81 m/s<sup>2</sup>, la carga ejercida sobre la silla será **C = m\*g = 175\*9'81 = 1716'75 N**.

El motor necesita vencer este peso y además la fuerza de fricción creada por las ruedas, por tanto, esta fuerza será la suma de estas dos (Equilibrio de fuerza), [F = C + Fr].

---

<sup>5</sup> Fuente del valor del coeficiente de rozamiento:

<http://sgpwe.izt.uam.mx/Curso/209.Mecanica-Elemental-I/Tema/163.VI-Dinamica-de-la-particula/23262.6-4-Fuerza-de-friccion-cinetica.html>

Cabe destacar que este estudio se está realizando, tomando en cuenta una superficie plana, es decir sin ningún porcentaje de pendiente. Ya que la finalidad de la silla es poder circular por terrenos irregulares y no superar grandes pendientes. Por lo tanto, las pendientes a superar serán reducidas (máximo 12%). Por ello toma como fuerza de rozamiento el producto del coeficiente de las ruedas por la carga total.  $F_r = C + \mu = 1962 * 1 = 1716'75 \text{ N}$ .

En conclusión, la fuerza mínima que debe ejercer en total el motor es de,  $F = 1716'75 + 1716'75 = 3433'5 \text{ N}$ .

No obstante, se necesita convertir dicha unidad en una normalizada para la búsqueda de un motor en el mercado. Para ello se calculará la potencia necesaria del motor como resultado del producto de la velocidad por la fuerza,  $[P = v * F]$ . Es interesante obtener la potencia del motor en vatios (W), puesto que es la unidad más común en la que se expresa la potencia en las fichas técnicas de los motores.

Para ello se hará la conversión de fuerza a kilogramo-fuerza y la velocidad en metros por segundo:

$$1 \text{ Kgf} = 9'802 \text{ N} \rightarrow 3433.5 \text{ N} = 350'286 \text{ Kgf}$$
$$1 \text{ km/h} = 0'2777 \text{ m/s} \rightarrow 13 \text{ km/h} = 3'61 \text{ m/s}$$

La potencia que deberá tener el motor es de:  $P = 350'286 * 3'61 = 1264'531 \text{ W}$ .

Esta es la potencia total del conjunto si un solo motor tuviera que mover el conjunto. En el caso que se ocupa, se pondrá dos mecanismos a cada lado de la silla lo que implica un motor por lado, por lo cual cada motor será de una potencia igual a  $1264'531/2 = 632'266 \text{ W}$

Además de la potencia también se puede llevar a cabo el cálculo de las revoluciones del motor y el par de este.

Asumiendo una velocidad lineal de 3'61 m/s y el radio de la rueda grande trasera de 0'28 m, se obtiene las revoluciones por minuto del motor  $[v = \omega * r] \rightarrow \omega = v/r = 3'61 / 0'28 = 12'893 \text{ rps} \rightarrow \omega = 12'893 * 60 = 773'56 \text{ rpm}$ .

En resumen, el par motor:  $T = P/\omega = 632'266/773'56 = 0'8173 \text{ Nm} = 817'346 \text{ mNm}$

- TRANSMISIÓN DEL PAR MOTOR AL MECANISMO DE ORUGA

En una de las mejoras del diseño para el desarrollo final de este se considera reducir el volumen del mecanismo oruga, esto conlleva que el motor colocado en el bastidor horizontal transversal del asiento de la silla no comparta el mismo eje con la rueda motriz del sistema oruga. Esto obliga a transmitir la potencia y el par del motor al eje de la rueda motriz del mecanismo. Se pretende que en la transmisión no se pierda potencia ni par, por ello se opta por realizar la transmisión mediante ruedas de engranajes rectos con una relación de transmisión (i) igual a 1.

Por consiguiente, tendremos una rueda conductora (eje del motor) y otra conducida (eje de la rueda motriz del mecanismo oruga), con las mismas dimensiones.

Las características de las ruedas son las siguientes:

- Relación de transmisión ( $i$ ) = 1
- Diámetro de cabeza ( $d_a$ ) = 62 mm.
- Número de dientes ( $z$ ) = 60
- Paso de los dientes normalizados ( $p$ ) = 3'1416 mm.
- Diámetro primitivo ( $d_p$ ) = 60 mm.
- Altura de la cabeza del diente ( $h_a$ ) = 1 mm.
- Altura de pie ( $h_f$ ) = 1'25 mm.
- Diámetro de pie ( $d_f$ ) = 57'5 mm.
- Ancho de la rueda normalizado ( $b$ ) = 10 mm.
- Angulo de presión ( $\alpha$ ) = 20°.
- Módulo normalizado de 1 mm

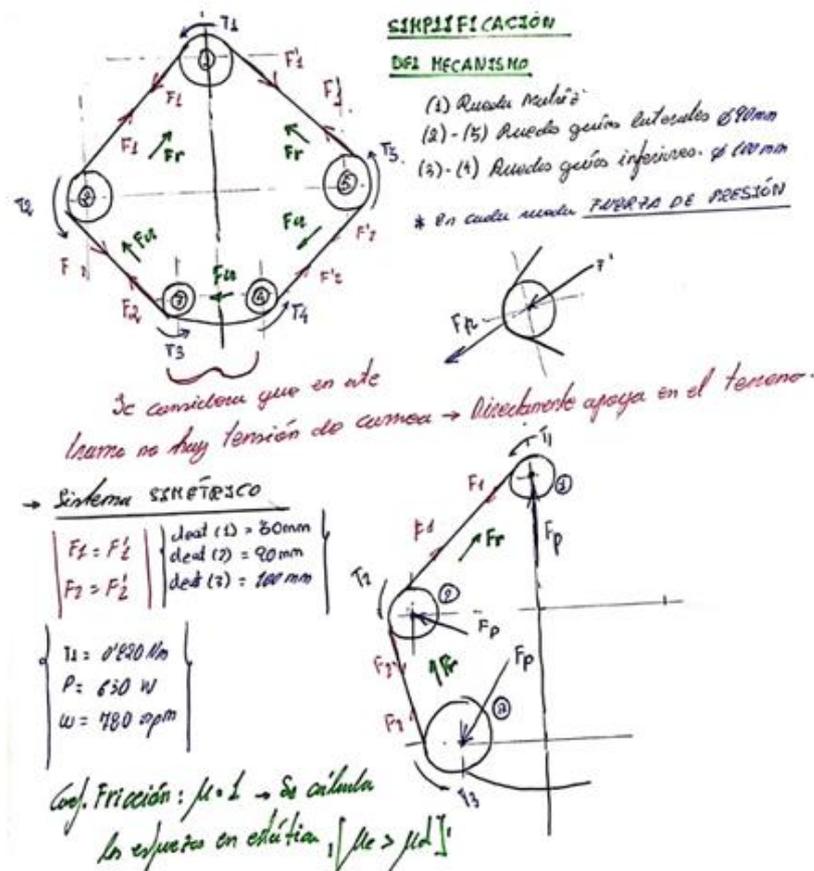
Además de asegurar que la potencia y el par del motor son transmitidos, es prudente tener presente las fuerzas tangenciales y radiales que las ruedas resisten a la hora de engranar. Siendo la fuerza tangencial el resultado de dividir el par entre el radio primitivo,  $F_t = T / (d_p/2) = 820/30 = \mathbf{21'333\ N}$ . Mientras que la fuerza radial es el resultado del producto de la fuerza tangencial entre la tangente del ángulo de presión,  $F_r = F_t * \text{tg}20^\circ = \mathbf{9'949\ N}$ .

En conclusión, como se observa las fuerzas causadas por la transmisión de par y potencia son casi insignificantes en comparación con el conjunto de motor y las dimensiones del sistema de oruga. Por lo que no se tomarán en cuenta en el análisis de tensiones.

- ESFUERZOS OCASIONADOS EN LA CORREA

En este apartado se ha considerado oportuno realizar el estudio de los esfuerzos presentes en la correa de goma del sistema oruga, con el objetivo de reducir dichas fuerzas si es necesario. Pero para ello primero se debe saber su magnitud.

En primer lugar, se debe realizar el planteamiento del problema que se aborda (Imagen 36). Se ha propuesto el equilibrio de fuerzas como se muestra en la imagen siguiente.



[Imagen 36]. Planteamiento, esfuerzos provocados en la correa del mecanismo oruga – 2021

En el problema se ha supuesto varias fuerzas existentes en la correa ( $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_1'$  y  $F_2'$ ), las cuales tensan la correa y pueden provocar su rotura. Además de estas fuerzas también se tiene presente la fuerza de rozamiento ( $F_r$ ) que es contraria al desplazamiento del mecanismo (según la imagen 3 hacia la izquierda). Y una sexta fuerza denominada fuerza de presión ( $F_p$ ), la cual es la fuerza que se ejerce para tensionar la correa y esta pueda ejercer su función sin problemas. Cabe añadir que no se ha planteado una fuerza tensora en la parte inferior del sistema oruga, entre las ruedas guías inferiores, ya que se considera que es un tramo que contacta directamente con el terreno y no es necesaria ninguna tensión en la correa.

Al tratarse de un sistema totalmente simétrico, es decir:

- $T_2 = T_5$
- $T_3 = T_4$
- $F_1 = F_1'$
- $F_2 = F_2'$
- $d_2 = d_5$
- $d_3 = d_4$

Se evaluará solo una parte del sistema como se muestra en la Imagen 36.

Los datos a tener en cuenta son los siguientes:

- $T_1 = 820\text{ mNm}$
- $P_1 = 630\text{ W}$

- $\omega_1 = 780 \text{ rpm} \rightarrow \omega_1 = 780 * (2*\pi/60) = 81'681 \text{ rad/s}$
- $De_1 = 80\text{mm}$
- $De_2 = 90 \text{ mm}$
- $De_3 = 100 \text{ mm}$
- Coeficiente de rozamiento estático del caucho ( $\mu_e$ ) = 1, ya que el dinámico es menor que el estático.

Estos datos son tomados tanto del cálculo previo del motor como las medidas de la alternativa seleccionada para el desarrollo del diseño final.

Por consiguiente, el equilibrio de fuerzas es:

- $F_1 + F_2 = 2*F_p + F_p/2 + 3*F_r = 2'5*F_p + 3*F_r$   
La fuerza de presión ( $F_p$ ) es ejercida en todas las ruedas, al plantear un sistema simétrico esta fuerza solo estará presente en dos ruedas y medias.  
La goma crea fracción en las tres ruedas, Fuerza de rozamiento ( $F_r$ ).
- $F_1 - F_2 - 3F_r = T_1/(De_1/2) = T_2/(De_2/2) = T_3/(De_3/2)$

En primer lugar, se calculará los pares de las ruedas (2) y (3):

$$T_1/(De_1/2) = 820/40 = 20'5 \text{ N}$$

$$\rightarrow T_2 = 20'5 * 0'045 = 0'9225 \text{ Nm} = 922'5 \text{ mNm}$$

$$\rightarrow T_3 = (922'5/45) * 50 = 1'025 \text{ Nm}$$

En segundo lugar, se calculó la fuerza de presión ejercida por correas nuevas, en este caso es un parámetro común como el coeficiente de rozamiento.

Fuerza de presión<sup>6</sup>

$$\rightarrow \text{Diámetros de 75-90 mm, presión de } 1'5 \text{ kg}$$

$$\rightarrow \text{Diámetros de 91-120mm, presión de } 1'3 \text{ kg}$$

Por tanto, considerando una gravedad igual a  $9'81 \text{ m/s}^2$ :

$$\rightarrow F_{p1} = F_{p2} = 1'5 * 9'81 = 14'715 \text{ N}$$

$$\rightarrow F_{p3} = 1'3 * 9'81 = 12'753 \text{ N}$$

Ahora sustituimos los datos obtenidos en el equilibrio de fuerzas planteado anteriormente:

- $F_1 + F_2 = 2*F_p + F_p/2 + 3*F_r = 2'5*F_p + 3*F_r$   
 $F_1 + F_2 = (2*14'715) + 12'753 + 2*(1*14'715) + (1*12'753) = 84'366 \text{ N}$
- $F_1 - F_2 - 3F_r = T_1/(De_1/2) = 20'5 \text{ N}$   
 $F_1 - F_2 = 20'5 + (2*14'715) + 12'753 = 62'683 \text{ N}$

<sup>6</sup> Fuente del valor de fuerza de presión: <https://vallyblog.wordpress.com/fisica-2013/2-periodo/friccion/coeficiente-de-friccion/tablas-de-valores-de-los-coeficientes/>

Para concluir con el cálculo, resolvemos el sistema de dos incógnitas resultante:

$$F1 + F2 = 84'366 \text{ N}$$

$$F1 - F2 = 62'683 \text{ N}$$

$$\mathbf{F1 = 73'5245 \text{ N}}$$

$$\mathbf{F2 = 10'8415 \text{ N}}$$

En conclusión, se puede observar que el sistema tiene una tensión en la parte superior del mecanismo a ambos lados de 73'5245 N y de 10'8415 N en los laterales. Estos resultados son coherentes, puesto que la parte superior de la goma siempre estará más tensa con el fin de que la transmisión en el mecanismo de oruga sea óptima. En cuanto a la magnitud que estas fuerzas ejercen en la goma no son preocupantes en comparación a la carga que el sistema soporta (858'38 N por lado). Además, al ser una cadena de goma con una pista ancha y un grosor considerable, las fuerzas provocadas son absorbidas.

- ANÁLISIS DE TENSIONES EN EL SISTEMA

La resistencia del mecanismo es un aspecto importante a tener en cuenta en el desarrollo del diseño final. Por ello, se ha considerado como pieza importante la placa interior del mecanismo. Esta placa a la vez que sujeta los ejes de colocación de las ruedas también es el elemento principal que soportar la carga de cada lado de la silla y los momentos ejercidos por el motor y la transmisión de los engranajes.

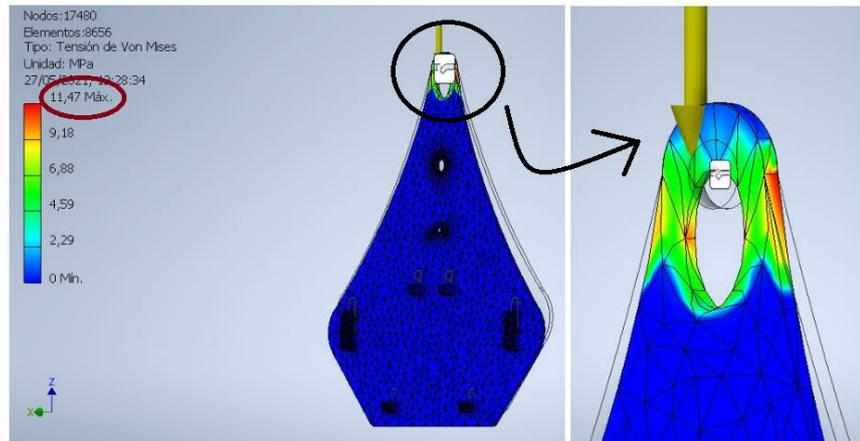
Mediante 3D Autodesk Inventor se realizó el estudio de tensiones, debido que la placa estaba diseñada en este programa y es más cómodo y eficaz realizarlo en él.

Se ha realizado dos análisis, uno estudiando la carga del sistema y otro evaluando los momentos ejercidos.

- Análisis de la carga

Para este estudio se tomó una carga total de 860 N por lado, esta fuerza se aplicó de varias formas a la placa con el fin de analizar todas las posibles opciones.

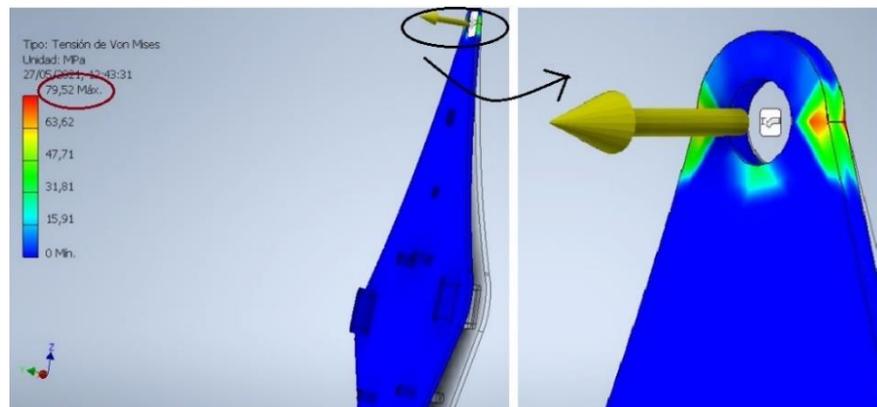
En primer lugar, se aplicó la fuerza verticalmente a la pieza en el orificio del pasador con liberación rápida, ya que se considera el punto de ensamblaje con la silla.



**[Imagen 37].** Análisis de tensiones, carga a soportar de forma vertical – 2021

En conclusión, a este estudio, podemos observar que la sección transversal del orificio pasante del pasador de liberación rápida acumula la mayor tensión, 11'47 MPa. En consecuencia, la forma de dicha placa en esta sección debe aumentar, dejando más material entre el borde y el orificio. Al no haber ningún otro foco de acumulación de tensiones en la superficie de la placa, se permite la posibilidad de realizar orificio con el fin de hacer este elemento más ligero.

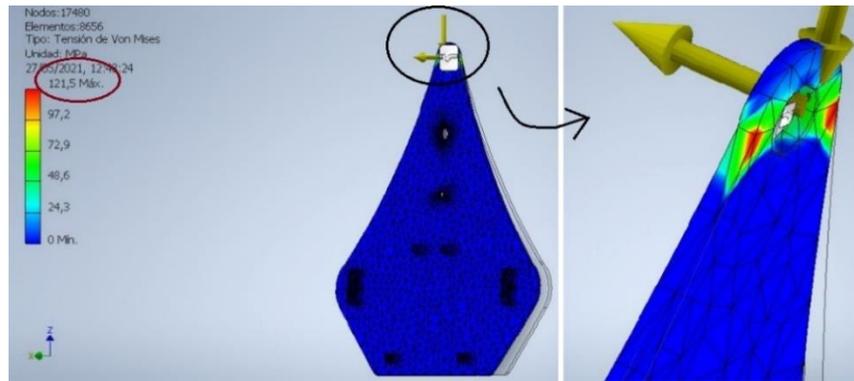
En segundo lugar, se realizó el mismo análisis, pero esta vez la fuerza se ejercía perpendicular a la placa sin cambiar la localización de esta.



**[Imagen 38].** Análisis de tensiones, carga a soportar de forma perpendicular – 2021

Con este estudio llegamos a la misma conclusión que el anterior, esta vez el punto de concentración de tensiones llega hasta 79'52 MPa.

Por último, se ha decidió hacer un análisis aplicando dicha carga de 860 N de manera descompuesta, vertical y perpendicular. En este caso cada fuerza con un valor de 430 N.

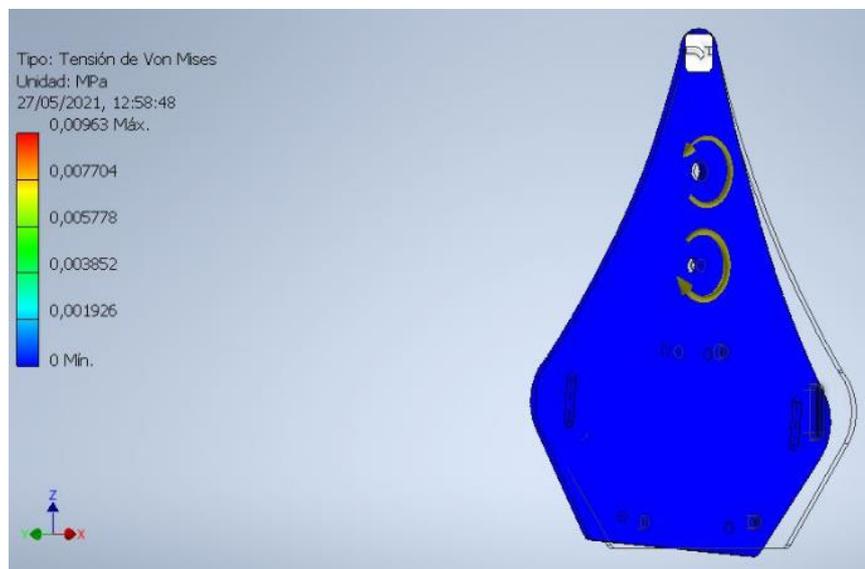


[Imagen 39]. Análisis de tensiones, carga a soportar descompuesta– 2021

Como es de esperar aún que se estudie la fuerza descompuesta el estudio no lleva al mismo resultado que los dos anteriores, se deberá aumentar el material en la zona entre el orificio de soporte y el borde de la pieza.

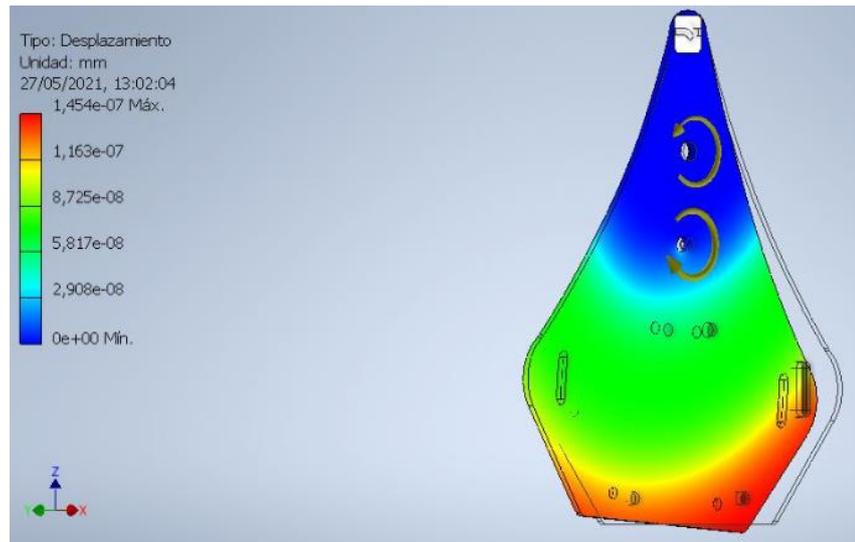
- Análisis de los momentos aplicados en el sistema

En el presente estudio además de evaluar las tensiones provocadas por los momentos del motor y de los engranajes también se ha analizado los posibles desplazamientos que puedan causar en la estructura de soporte del mecanismo. Es importante recordar que el par motor por lado es de 820 mNm, siendo el mismo en la transmisión.



[Imagen 40]. Análisis de tensiones, momentos aplicados en el mecanismo – 2021

En la siguiente imagen se puede observar que los momentos aplicados no causan casi tensiones en la estructura, siendo de una magnitud de 0'00963 MPa de máxima. En este aspecto el diseño es resistente.



**[Imagen 41].** Desplazamientos, momentos aplicados en el mecanismo – 2021

En cambio, en la imagen anterior se puede observar que los momentos causan desplazamientos transversales, sobre todo en la parte inferior de la placa. Esto debería ser preocupante, pero no lo es. La magnitud de estos desplazamientos es mínima siendo de  $1'45E-7$  mm como máximo desplazamiento. De todas formas, en el desarrollo del diseño final es conveniente añadir varios pasadores tubulares entre placas, creando una estructura con mayor estabilidad.

#### **8.4. Diseño final**

El desarrollo del diseño final se ha dividido en varias partes, a continuación, se mostrarán. Por consecuencia a continuación se mostrarán como se han planteado y el diseño su conjunto para ser adaptados a la silla.

- **LOCALIZACIÓN Y COLOCACIÓN DEL MOTOR**

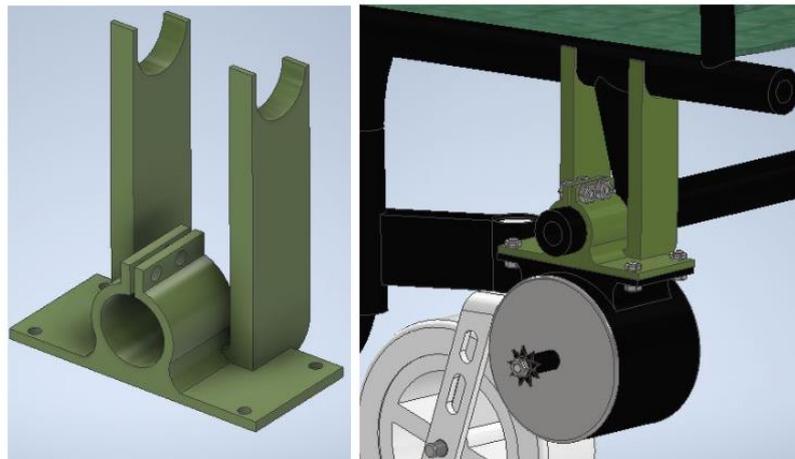
Teniendo en cuenta las características del motor se realizó una búsqueda rápida para tener una referencia a la hora diseñar el prototipo final. Se encontró un motor básico para patinetes eléctricos (Imagen 42), y se consideró optar por colocar dos a cada lado de la silla.



[Imagen 42]. Motor de 300W - [www.amazon.es](http://www.amazon.es) – 2021

Este motor en el mercado actual ronda un precio aproximado de 40 euros a 50 euros, es un motor de 300W. Es una opción muy económica y válida para este proyecto. Obviamente en caso de querer mayor potencia o prestaciones, el precio aumentará y el diseño se alejará del objetivo económico.

El acople del motor en el bastidor horizontal del asiento se ha resultado mediante una especie de abrazadera, la cual en su parte inferior tiene una superficie plana para poder ensamblar el motor mediante pernos. Al igual que en el diseño inicial, dicha pieza consta de dos brazos para evitar el movimiento de vaivén del motor que puede provocar el desplazamiento o su propio par.



[Imagen 43]. Imagen del diseño de la abrazadera de sujeción, diseño final – 2021

Como se observa el motor va ajustado a la pieza mediante pernos normalizados de 3'5 de métrica y la abrazadera va apretada al bastidor mediante pernos normalizados de métrica 6.

- ESTRUCTURA A BASE DE PLACAS Y PASADORES

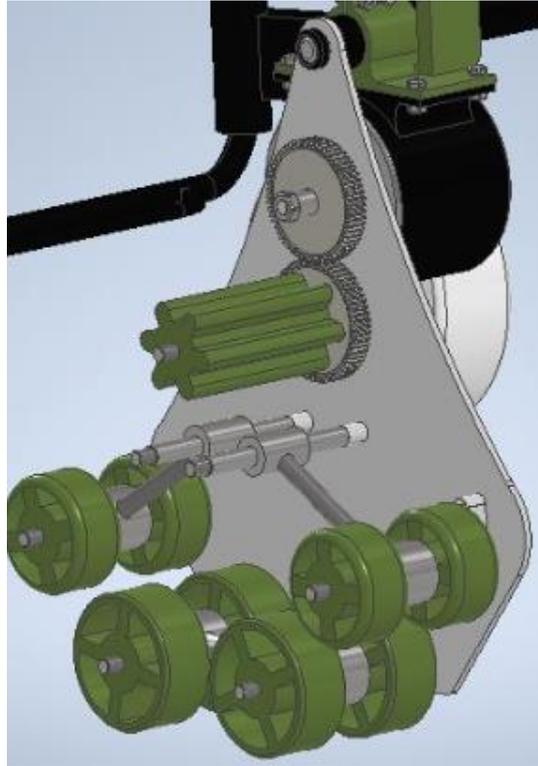
El soporte principal de la estructura del sistema se ha diseñado mediante una placa interior de acero de cuatro milímetros de grosos. Dicha placa va ensamblada a la silla mediante el pasador de liberación rápida que poseen las ruedas traseras de la propia silla convencional.

Esta pieza es fundamental en el diseño, y por eso tras los análisis de tensiones pertinentes se ha modificado su anchura en la parte superior (Imagen 44).



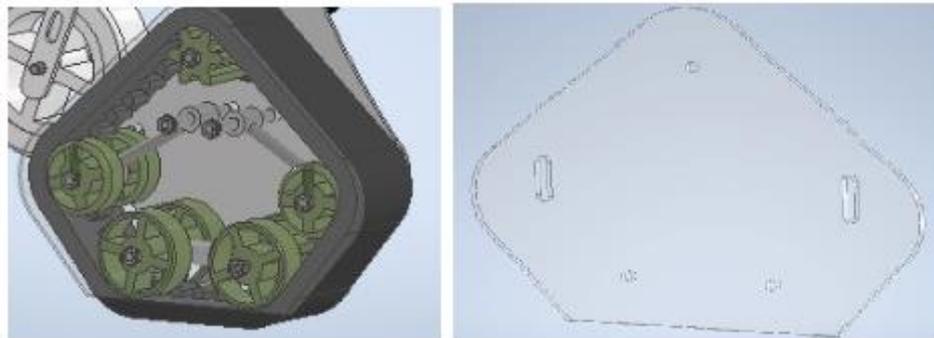
**[Imagen 44].** Placa interior, diseño final – 2021

Este elemento sirve de apoyo al resto de piezas del sistema, tanto de las ruedas engranadas como del sistema de oruga en sí. Mediante pasadores de acero, los cuales están roscado con una métrica ocho en sus extremos, se disponen los elementos pertinentes (Ruedas dentadas, rueda motriz de la oruga, ruedas guías y amortiguaciones). En ella se coloca la distribución de las ruedas del mecanismo de oruga. La rueda motriz y la ruedas guías simplemente se ensamblan mediante los pasadores nombrados anteriormente, mientras que las ruedas guías laterales tienen una cierta área de desplazamiento. Esto es debido a dos motivos, para poder posicionar correctamente estas ruedas de manera que la tensión de la correa sea la correcta y para no llegar a un apriete total. El apriete que no sea excesivamente fuerte implica que a la hora de adaptarse a terrenos irregulares se tendrá mayor amortiguación y estabilidad, ya que estas ruedas están dotadas por las amortiguaciones del sistema de oruga.



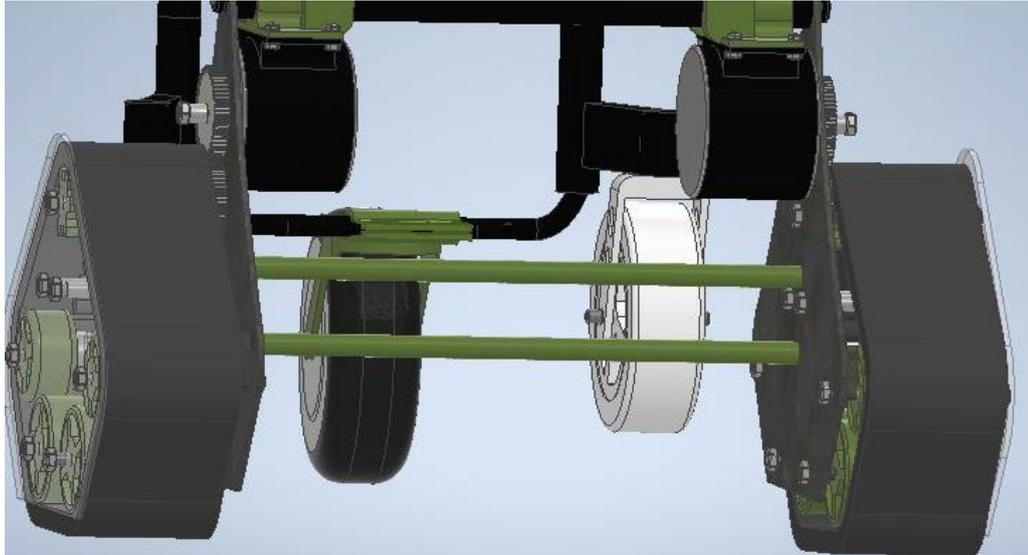
**[Imagen 45].** Distribución de las ruedas, diseño final – 2021

Además de la placa interior se ha diseñado una placa exterior de metacrilato. La única función que cumple esta pieza es la de cubrir el mecanismo y unir el conjunto total mediante los pasadores.



**[Imagen 46].** Placa exterior, diseño final – 2021

Cabe señalar que las placas interiores están unidas entre ellas mediante pasadores de un diámetro de quince milímetros, con el objetivo de evitar que ambas piezas se flexión hacia el exterior debido a la carga total que tienen que soportar. Los bastidores van roscados en sus extremos con una métrica ocho.



[Imagen 47]. Bastidor entre placas interiores, diseño final – 2021

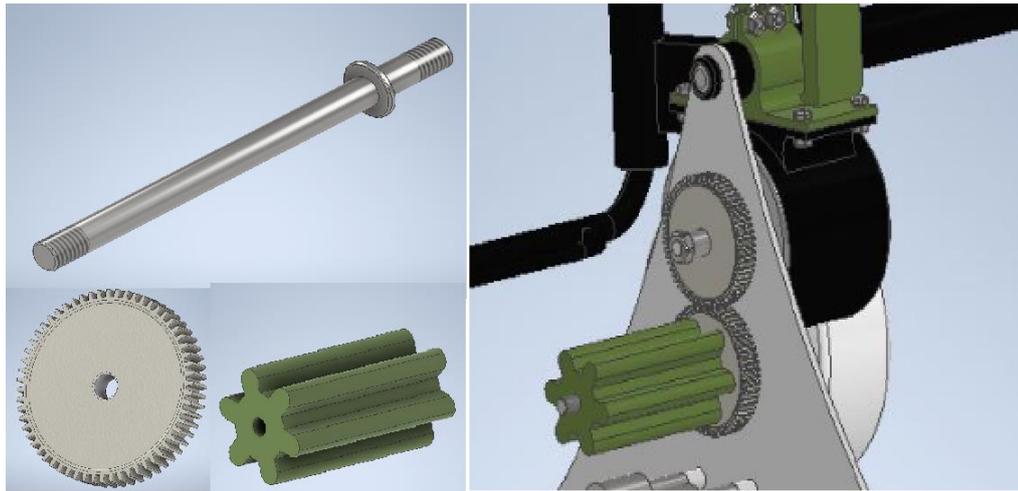
- TRANSMISIÓN DE PAR Y POTENCIA AL SISTEMA ORUGA

Al reducir el volumen del mecanismo de oruga se debe transmitir el par y la potencia del motor al eje de su rueda motriz, debido a que el eje de esta y del motor no coinciden. Para lograr se colocó una transmisión de relación (i) igual a una mediante ruedas con dientes rectos. Dichas ruedas tienen las mismas dimensiones, y al igual que el motor se ha realizado una búsqueda rápida para tener alguna referencia.



[Imagen 48]. Ruedas dentadas  $Z=60$ ,  $M=1$ ,  $Dp=60\text{mm}$  - [www.aliexpress.com](http://www.aliexpress.com) – 2021

La rueda dentada conductora comparte eje con el motor y va ajustada con un casquillo para evitar que se muevas. La rueda conducida comparte eje con la rueda motriz del sistema. El eje posee un diámetro mayor a lo largo de su longitud para separar ambas ruedas.



[Imagen 49]. Transmisión del par y la potencia del motor, diseño final – 2021

- MECANISMO ORUGA

El sistema oruga sigue la distribución mostrada en las placas. Este sistema está compuesto por una correa de goma (caucho) y cinco ruedas.

Las ruedas tienen la misma anchura que la pista de la correa, noventa milímetros. La rueda motriz está dentada, con seis dientes de una altura y un ancho de diez milímetros. Además de un diámetro primitivo de treinta milímetros y uno de cabeza de cincuenta.

En cuanto a las ruedas guías tanto laterales como las inferiores van trocadas en su centro. Su función es únicamente hacer de guía y apoyo de la cadena, y por tanto están trocadas de forma que los eslabones de la goma pasen sin atrancarse.

En cambio, esta forma de las ruedas también tiene una doble funcionalidad. Las ruedas guías laterales, de noventa milímetros de diámetro exterior, van ajustadas a los amortiguadores. Los amortiguadores son ajustados a ellas mediante el diámetro trocando en su mitad, con un ancho de treinta milímetros y un diámetro exterior de treinta y dos milímetros.

Mientras que en las ruedas guías inferiores sirven de agarre entre ellas mediante una barra, con el objetivo de dar mayor resistencia y estabilidad al mecanismo.

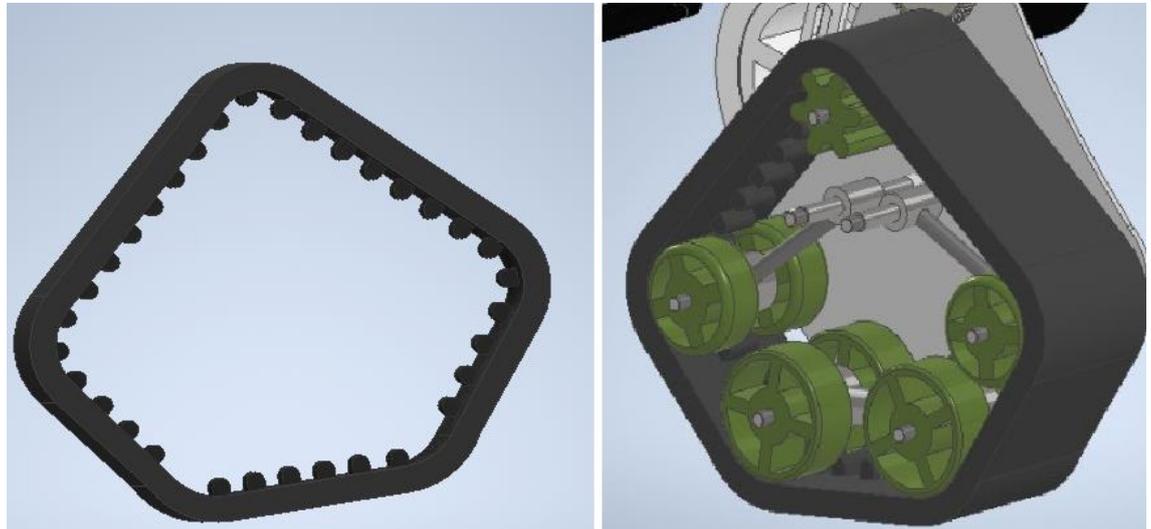


[Imagen 50]. Ruedas del mecanismo oruga, diseño final – 2021

Por último, la cadena del sistema oruga se consideró de goma. Al igual que con el motor y los engranajes también se ha realizado una búsqueda rápida, y además del diseño

propio. Se dispone de la empresa Final-Track<sup>7</sup>, la cual dispone de una amplia gama de correas como la descrita en este trabajo. Aún que sus precios son algo elevados, partiendo desde los 150 euros aproximadamente.

La cadena de goma diseñada en este proyecto (Imagen 50), tiene un ancho de noventa milímetros dispuesta de treinta y cuatro dientes. Los dientes tienen una altura y un ancho de diez milímetros y una anchura de cinco.



**[Imagen 51].** *Correa goma del mecanismo de oruga, diseño final – 2021*

Reuniendo todas las partes descritas se obtiene el diseño final. El cual se considera apto según los objetivos, necesidades y limitaciones del presente proyecto.



**[Imagen 52].** *Diseño final – 2021*

<sup>7</sup> Final-Track: <https://final-track.com/>

## **9. Pliego de condiciones**

### **9.1. Presentación**

Se dispone a realizar el diseño de un sistema de modificación de tracción de una silla de ruedas manual a uno de oruga con propulsión eléctrica, todo en base a un modelo de silla de ruedas convencional estándar facilitado por el C.I.T.G. Este proyecto es a modo de trabajo de fin de grado, que tiene como finalidad la obtención del título del Grado en Ingeniería Mecánica de la ETSID (Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño).

El presente trabajo es realizado por la alumna Aida Francés García ([aifragar@etsid.upv.es](mailto:aifragar@etsid.upv.es)), dirigido por la profesora Beatriz Defez García ([bdefez@degi.upv.es](mailto:bdefez@degi.upv.es)) y tutorizado por Bernardo Pajares Moreno ([beropamo@doctor.upv.es](mailto:beropamo@doctor.upv.es)). Desarrollado en el C.I.T.G de la Universitat Politècnica de València.

El objetivo de este es la realización tridimensional del diseño del mecanismo de oruga con propulsión eléctrica adaptado a una silla de ruedas con tracción manual, con el fin de crear un sistema de bajo coste capaz de circular por terrenos irregulares. Dando un mecanismo más sencillo y efectivo, siendo fácil su transporte y su montaje. Además de sus pertinentes estudios de tensiones y cálculos mecánicos.

### **9.2. Especificaciones técnicas**

Se ha planteado este proyecto con el objetivo de realizar un sistema oruga con tracción eléctrica fácil de adaptar a una silla de ruedas convencional, comodidad en su transporte y que sea económico y sencillo. De forma que dicha silla se convierta en una capaz de circular por cualquier terreno difícil simplemente ensamblando el sistema diseñado.

Añadido a este propósito se incluyen una serie de requisitos a cumplir para que los objetivos y el funcionamiento del producto final sea el adecuado.

#### **9.2.1. Requisitos**

- La silla debe ser propulsada eléctricamente, concretamente mediante una tracción trasera. El fin del prototipo es superar terrenos escarpados o irregulares, por lo que la tracción eléctrica trasera ofrece a la silla mayor propulsión y fuerza para las condiciones a las que se deberá enfrentar.
- El sistema diseñado debe estar basado en mecanismo oruga. Al estar provisto de una correa de goma plana, la adaptación en terreno difíciles es mayor. Además, al estar el sistema formado por diferentes ruedas

guías da la posibilidad de una mejor amortiguación y apoyo a la hora de vencer obstáculos notorios.

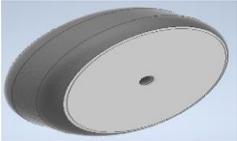
- Se requiere que el conjunto del sistema propuesto sea sencillo, fácil de transportar y con un volumen mínimo. De forma que el usuario lo pueda transportar y guardar sin problemas de espacio ni peso, además de un montaje simple y rápido sin necesidad de ningún conocimiento específico.
- La estructura del mecanismo debe ofrecer robustez, resistencia y estabilidad. Debe ser capaz de soportar la carga total del conjunto del diseño más la silla y el usuario, teniendo en cuenta las tensiones que tanto dicha carga como el desplazamiento puedan crear en el mecanismo. Cabe destacar que la estabilidad en la circulación es importante, para dar seguridad al usuario, evitar accidentes y alargar la vida del sistema.

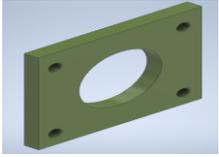
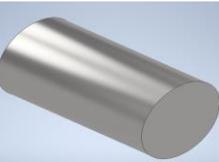
## 9.2.2. Lista de componentes

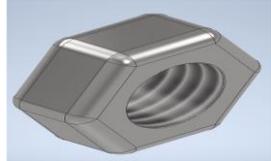
En la propuesta final se ha realizado dos diseños, el sistema de oruga y la rueda delantera.

Cabe añadir, que en estas tablas se han tenido en cuenta tanto los pernos como las tuercas con el fin de poder crearse una idea global de todas las piezas.

### 9.2.2.1. Solución ruedas delanteras

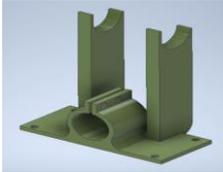
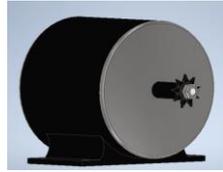
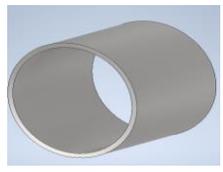
Listado de componentes, solución rueda delantera			
Diseño	Componente	Material	Cantidad
	Rueda Bola	Caucho Plástico	x1
	Agarre rotacional	Aluminio	x1
	Pasador rueda agarre	Acero	x1

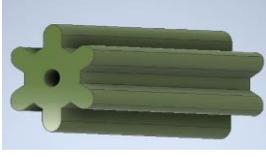
Diseño	Componente	Material	Cantidad
	Placa ajuste rotatorio	Aluminio	x1
	Placa agarre reposapiés	Aluminio	x1
	Pasador placas rotativa y agarre reposapiés	Acero	x4

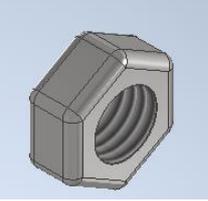
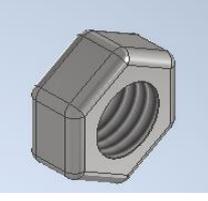
Diseño	Componente	Material	Cantidad
	Tronillo M6 (Aagre reposapiés)	Acero	x3
	Tuerca M6 (Agarre reposapiés)	Acero	x3

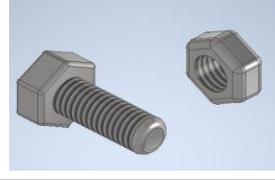
[Tabla 16]. Listado de componentes, solución ruedas delanteras– 2021

### 9.2.2.1. Sistema oruga

Listado, componentes del sistema oruga			
Diseño	Componente	Material	Cantidad
	Agarre motor	Aluminio	x2
	Motor de 300W	Según fabricante	x2
	Placa-soporte interior	Acero	x2
	Ruedas engranadas	Fundición	x4
	Casquillo ajuste rueda engranada, eje motor	Acero	x2
	Pasador eje rueda motriz	Acero	x2

Diseño	Componente	Material	Cantidad
	Pasador, eje amortiguadores	Acero	x4
	Pasador, ejes ruedas guías	Acero	x8
	Amortiguadores	Aluminio Acero	x4
	Agarre ruedas guías inferiores	Acero	x2
	Rueda motriz	Aluminio	x2
	Rueda guía lateral	Plástico	x4

Diseño	Componente	Material	Cantidad
	Tuerca M8 Ajuste casquillo eje motor	Acero	x2
	Tuerca M8 Ensamblado pasadores	Acero	x18

Diseño	Componente	Material	Cantidad
	Rueda guís inferior	Plástico	x4
	Correa goma	Caucho	x2
	Placa exterior	Metacrilato	x2
	Bastidor entres placas interiores	Acero	x2
	Conjunto perno - tuerca M5 Agarre motor	Acero	x8
	Conjunto perno - tuerca M6 Ajuste abarezacera	Acero	x4

[Tabla 17]. Listado de componentes, sistema oruga– 2021

### 9.3. Presupuesto

El presupuesto se ha realizado desde el punto de vista del empresario con personal a su cargo y con los correspondientes gastos de empresa denominados en las siguientes figuras como gastos generales o costes indirectos, estos costes se han tomado como una estimación de la acumulación anual que supondría el pago del alquiler del local de la empresa, su limpieza, internet ...

Para la creación de un presupuesto adecuado es importante tener presentes los tiempos, tanto de cada tarea como el tiempo total que abarque el proyecto en sí. Igualmente

se debe dejar un margen de tiempo por imprevistos que puedan suceder. La estimación de la duración de este trabajo serían aproximadamente 25 días, un poco menos de un mes.

La siguiente tabla (Tabla 18) muestra las tareas a realizar desde el inicio del proyecto hasta final. En ella se especifica, además de las tareas, la duración de estas, recursos humanos empleados en ellas, medios materiales necesarios y los costes directos de cada una de ellas. Cabe destacar que las actividades que se muestran en la siguiente tabla no hay solapes ni desdoblamiento de personal, además las tareas se realizan de forma sucesiva como se van nombrando.

	Tareas	Duración	Recursos humanos	Medios Materiales	Costes Directos
<b>Estudio Previo</b>	Información sobre las sillas de ruedas y su entorno	3 días	Ingeniero/a	Ordenador	Equipo Informático
	Estudio de mercado actual	3 días	Ingeniero/a	Ordenador	Equipo Informático
	Información sobre las patentes existentes	2 días	Ingeniero/a	Ordenador	Equipo Informático
	Análisis del público objetivo	2 días	Ingeniero/a	Ordenador	Equipo Informático
<b>Diseño</b>	Planificación	1 día	Ingeniero/a	Ordenador	Equipo Informático
	Creación de varias alternativas	3 días	Ingeniero/a	Ordenador y Software	Equipo Informático + Licencia Software
	Selección del prototipo entre las alternativas	1 día	Ingeniero/a	Ordenador y Software	Equipo Informático + Licencia Software
	Desarrollo del prototipo final	2 días	Ingeniero/a	Ordenador y Software	Equipo Informático + Licencia Software
	Validación diseño final	2 días	Ingeniero/a	Ordenador y Software	Equipo Informático + Licencia Software
	Planos	3 días	Ingeniero/a	Ordenador y Software	Equipo Informático + Licencia Software

[Tabla 18]. Listado de tareas– 2021

Como se observa a nivel de recursos humanos el único encargado del proyecto es una persona con categoría de ingeniero/a. Por consiguiente, el salario de este o esta se aplica en referencia con el Convenio colectivo del sector de empresas de ingeniería y oficinas de estudios técnicos (código del convenio n.º 99002755011981), suscrito en el Boletín oficial del Estado con fecha 29 de julio de 2019 por la Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (TECNIBERIA)<sup>8</sup>. Añadiendo la representación de las empresas del sector, y la Federación de Servicio de CC.OO y la Federación de Servicios, Movilidad y Consumo de UGT en representación de los trabajadores (BOE núm.251, 18 de octubre de 2019<sup>9</sup>).

Por consiguiente, el convenio nombrado establece desde el 1 de enero de 2019 que la jornada ordinaria máxima de trabajo efectivo es de 1792 horas (en un cómputo anual). Contando con el mes de vacaciones, días festivos y descansos semanales del trabajador, dando como resultado 224 días laborales al año (de ocho horas diarias).

<sup>8</sup> BOE, convenio colectivo ingenierías y oficinas técnicas:  
[https://www.boe.es/eli/es/res/2019/10/07/\(8\)](https://www.boe.es/eli/es/res/2019/10/07/(8))

<sup>9</sup>BOE núm.251, 18 de octubre de 2019:  
[https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-14937](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-14937)

Niveles	Tabla salarial según art. 33		Plus convenio anual según art. 38 convenio	Total anual	
	Mes x 14	Anual			
1	LICENCIADOS Y TITULADOS 2.º Y 3.º CICLO UNIVERSITARIO Y ANALISTA	1.712,42	23.973,88	2.349,69	26.323,57
2	DIPLOMADOS Y TITULADOS 1.º CICLO UNIVERSITARIO. JEFE SUPERIOR	1.291,04	18.074,56	2.349,69	20.424,25
3	TÉCNICO DE CÁLCULO O DISEÑO, JEFE DE 1.º Y PROGRAMADOR DE ORDENADOR	1.244,93	17.429,02	2.349,69	19.778,71
4	DELINEANTE-PROYECTISTA, JEFE DE 2.º Y PROGRAMADOR DE MAQ. AUXILIARES	1.141,36	15.979,04	2.349,69	18.328,73
5	DELINEANTE, TÉCNICO DE 1.º, OFICIAL 1.º ADMTVO. Y OPERADOR DE ORDENADOR	1.019,82	14.277,48	2.349,69	16.627,17
6	DIBUJANTE, TÉCNICO DE 2.º, OFICIAL 2.º ADMTVO., PERFORISTA, GRABADOR Y CONSERJE	878,63	12.300,82	2.349,69	14.650,51
7	TELEFONISTA-RECEPCIONISTA, OFICIAL 1.º OFICIOS VARIOS Y VIGILANTE	849,16	11.888,24	2.349,69	14.237,93
8	AUXILIAR TÉCNICO, AUX. ADMTVO., TELEFONISTA, ORDENANZA, PERSONAL DE LIMPIEZA Y OFICIAL 2.º OFICIOS VARIOS	790,36	11.065,04	2.349,69	13.414,73
9	AYUDANTE OFICIOS VARIOS	757,29	10.602,06	2.349,69	12.951,75

[ Imagen 53]. Tabla salarías y plus convenio, año 2019 - [www.boe.es](http://www.boe.es) – 2021

No solo el salario del trabajador se debe tener en cuenta, sino también la licencia del *software* a utilizar. En el caso que se ocupa es una licencia anual del *software* de Autodesk Inventor, es decir, *software* de CAD 3D profesional para ingeniería y diseño de productos. Dicha licencia es autónoma, solo para un usuario, con un coste total de 2886 euros anuales con IVA incluido. El coste total de dicho *software* en el transcurso del proyecto es el resultado del producto de los días de empleo por el precio diario de la misma. En cifras sería 12'884 euros diarios (IVA incluido) de amortización del *software*, siendo 224 días laborales al año.

En cambio, en este trabajo de fin de grado se ha empleado la versión de estudiante.

Señalando el casto indirecto de las actividades se debe mencionar la compra de un equipo informático, mediante el cual se realiza el proceso de diseño y modelado tridimensional. Este equipo debe garantizar el soporte de los gráficos del *software* para la actividad que se presenta, por tanto, se utilizará un ordenador portátil de procesador Core i7 con 4 GB de tarjeta gráfica. Evitando cualquier tipo de problemas derivados de estas tareas. El precio del equipo informático se referenciará según el mercado actual, siendo aproximadamente entre 1200 y 800 euros. Teniendo presente que le periodo de amortización de los equipos informáticos es de dos años, se obtiene un coste de amortización diario de 2'67 euros diarios (IVA incluido).

En conclusión, se establece un conjunto de castos generales anuales con IVA incluido (Tabla 19), se calcula la suma mensual y se obtiene el coste diario de dichos gastos.

<b>Sueldo Ingeniero/a</b>	Sueldo base	1712'42 euros x14 pagas
	Plus convenio	2349'69 euros
	Seguridad social	40% del sueldo bruto
	<b>Coste Total anual</b>	<b>36.853,00 €</b>
<b>Licencia anual Autodesk</b>	Licencia autónoma	2.886,00 €
	<b>Coste Total anual</b>	<b>2.886,00 €</b>
<b>Compra del equipo informático</b>	Amortización de 2 años	1.200,00 €
<b>Gastos generales / Costes Indirectos</b>	Anuales	40.939,00 €
	<b>Diarios</b>	<b>182,76 €</b>

[Tabla 19]. Gastos generales / Costes Indirectos con IVA – 2021

Es interesante analizar el presupuesto como si de una empresa se tratase, para ello es importante desglosar el total calculado anteriormente. Puesto que de esta forma se puede

crear una idea simple del presupuesto que supondría desarrollar este proyecto en una empresa.

El desglosamiento total se trata de separar la base imponible de la cuota del IVA. Aplicando el impositivo correspondiente (21%) se obtiene la cuota de impuesto, calculado el IVA generado. Cabe señalar que esta cuota no supone ningún coste adicional a la empresa, puesto que se descuenta del IVA repercutido cobrado al cliente.

Coste limpio (sin IVA)	(euros/día)
Sueldo del ingeniero	164'52
Compra de un equipo informático	2'11
Licencia anual Autodesk	6'33
<b>Gastos generales / Costes Indirectos</b>	<b>172,96 €</b>

[Tabla 20]. Gastos generales / Costes Indirectos sin IVA– 2021

Teniendo presente que se trata de un producto con posibilidad entrar en el mercado, se realizará un cálculo de costes finales (Tabla 21). Dando una referencia a la hora de comercializar el diseño en base a la inversión inicial. Aún que ha este cálculo se le debe añadir el importe de la patente si se diera el caso.

Costes	Amortización (días)	Coste Limpio (€/día)	Total sin IVA (€)	IVA (€)	Total con IVA (€)
Sueldo bruto ingeniero	25	164'52	4113	-	4113
Compra equipo informático	25	2'11	52'75	11'08	538'83
Licencia Autodesk	11	6'33	69'63	14'622	84'252
Costes Indirectos	25	172,96 €	4324	908'04	5232'04
<b>TOTAL</b>			<b>4235'38</b>	<b>933'742</b>	<b>9968'122</b>

[Tabla 21]. Costes Finales– 2021

La inversión inicial para desarrollar el proyecto de diseño sería de **4235'38 euros**, sin IVA incluido.

## **10. Conclusiones**

Al comienzo del trabajo, se han planteado unos objetivos que han servido para dar intención y forma al contenido. Todos ellos se han ido cumpliendo durante el desarrollo del proyecto. En general no es un proyecto cerrado. Se puede ampliar la integración del sistema de oruga adaptado para cualquier silla de ruedas convencional, al igual que la creación física de un prototipo para ver su funcionalidad total.

Entre los logros que se han alcanzado están los siguiente:

- Dado que es un diseño que permite una maniobrabilidad fluida en terrenos irregulares mediante un mecanismo oruga que se adapta a él, cuyo sistema es adaptado a una silla de ruedas con tracción manual utilizada por una persona adulta de peso medio. Añadiendo que dicho ensamblaje del mecanismo se realiza de manera fácil y rápida mediante el propio pasador de liberación rápida de la silla.
- Además, la autonomía que presta el diseño es suficiente para realizar trayectos de largo y corto alcance en zonas del exterior que no estén adaptadas para sillas convencionales. Esto es en gran parte a la tracción eléctrica trasera del sistema, gracias a la integración de los motores eléctricos cuya potencia se ha calculado de antemano. Sin dejar de lado que dicho mecanismo cuenta con una estructura estable y resistente. Cumple así con un mínimo de condiciones para su correcto funcionamiento.
- Asimismo, el mínimo volumen del mecanismo de oruga y ligereza favorece el transporte de dicho sistema. Contando también con un simple sistema de ruedas y correa mediante piezas económicas y fáciles de encontrar en el mercado actual. Igualmente se da un mantenimiento sencillo, incluso si se realiza por el propio usuario, sin necesidad de algún conocimiento específico.

Cabe la posibilidad de seguir realizando mejoras en el prototipo final, por ejemplo, el manejo de este. En este trabajo se plantea de forma únicamente al diseño y conocimientos mecánicos, por lo que en el manejo del sistema se sobre entiende que se debe dar marcha a los dos motores a la vez y a la hora de girar hacía un lado patinar sobre uno en marcha. Por lo tanto, se deja la línea de trabajo futuro a la investigación del manejo de la silla. Esto se podría dar mediante un *joystick* analógico o un mando unificado, se debería ampliar el diseño desde un punto de vista más eléctrico.

En definitiva, como valoración final del presente proyecto se dan por alcanzados los objetivos propuestos al principio de la planificación de este trabajo. También ha dejado la posibilidad de seguir con el desarrollo del diseño y la mejora de este, dejando la posibilidad futura de una comercialización. Cabe añadir que la realización de este trabajo de final de grado del Grado de Ingeniería Mecánica de la ETSID en el Centro de Investigación en Tecnologías Gráficas ha servido de gran ayuda, complemento y formación adicional a los contenidos cursados en el mismo.

## **11. Bibliografía**

URL, datos de población residente en España del INE 2021:

[https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736176951&menu=ultiDatos&idp=1254735572981](https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176951&menu=ultiDatos&idp=1254735572981)

URL, encuestas sobre discapacidades, autonomía y situaciones de dependencia, INE 2008:

[https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736176782&menu=resultados&secc=1254736194716&idp=1254735573175#!tabs-1254736194716](https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176782&menu=resultados&secc=1254736194716&idp=1254735573175#!tabs-1254736194716)

URL, encuestas sobre discapacidades, autonomía y situaciones de dependencia, deficiencia de movilidad, INE 2008:

<https://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t15/p418/a2008/hogares/p01/modulo1/I0/&file=01002.px>

URL, estadística de índice de masa corporal por edad y masa corporal INE 2017:

<https://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t00/ICV/Graficos/dim3/&file=331G2.px#!tabs-tabla>

URL, estadística de índice de masa corporal por edad y masa corporal, INE 2017:

<https://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t00/ICV/Graficos/dim3/&file=331G2.px#!tabs-tabla>

URL, Medidas estándar de la silla de ruedas:

<https://es.validasinbarreras.com/blog/post/medidas-de-sillas-de-ruedas-estandar-y-dimensiones/#:~:text=Las%20dimensiones%20de%20una%20silla,aproximadamente.>

URL, guía de accesibilidad a las playas:

<https://www.discapnet.es/areas-tematicas/accesibilidad/ocio-accesible/guia-de-playas-accesibles/que-es-la-guia-de-playas-accesibles>

URL, información sillas todoterreno:

<https://www.elcomercio.es/gijon/sillas-ruedas-todoterreno-gijon-playa-20180322164338-nt.html>

URL, información sobre la historia y evolución de las sillas de ruedas:

<https://www.sunrisemedical.es/blog/historia-silla-de-ruedas>  
<https://www.karmamobility.es/2020/04/historia-de-la-silla-de-ruedas/>  
<https://www.tenyus.com/productos-especificos/blog>  
<https://totalcare-europe.com/blog>  
<https://blog.stannah.es/sociedad-y-cultura/historia-equipos-movilidad-reducida/>  
<http://www.interortho.es/interes-general/traccion>  
<https://www.tododisca.com/guia-de-los-diferentes-tipos-de-sillas-de-ruedas-electricas/>  
<https://www.tododisca.com/silla-de-ruedas-para-la-playa-y-piscina/>  
<https://www.ortoweb.com/sillas-de-ruedas-bariaticas#>  
<http://www.cocemfecyl.es/index.php/discapacidad-y-tu/65-las-sillas-de-ruedas>

Autodesk Inventor profesional (2021). Sitio Web:

<https://www.autodesk.es/products/inventor/overview?panel=buy&mktvar002=4417848%7CS%7C%7Bcampaignid%7D%7C%7Badgroupid%7D%7C%7BTargetId%7D>

Boletín Oficial del Estado (2019, octubre 8). XIX Convenio colectivo del sector de empresas de ingeniería y oficinas de estudios técnicos. BOE, Núm.251, 114772-114800. Junio 2020, De Dirección General de Trabajo. Sitio Web:

[https://www.boe.es/eli/es/res/2019/10/07/\(8\)](https://www.boe.es/eli/es/res/2019/10/07/(8))

Consulta de horas de trabajo anuales y salarios, UGT sitio web:

<https://www.boe.es/boe/dias/2019/10/18/pdfs/BOE-A-2019-14937.pdf>

Manuales consultados:

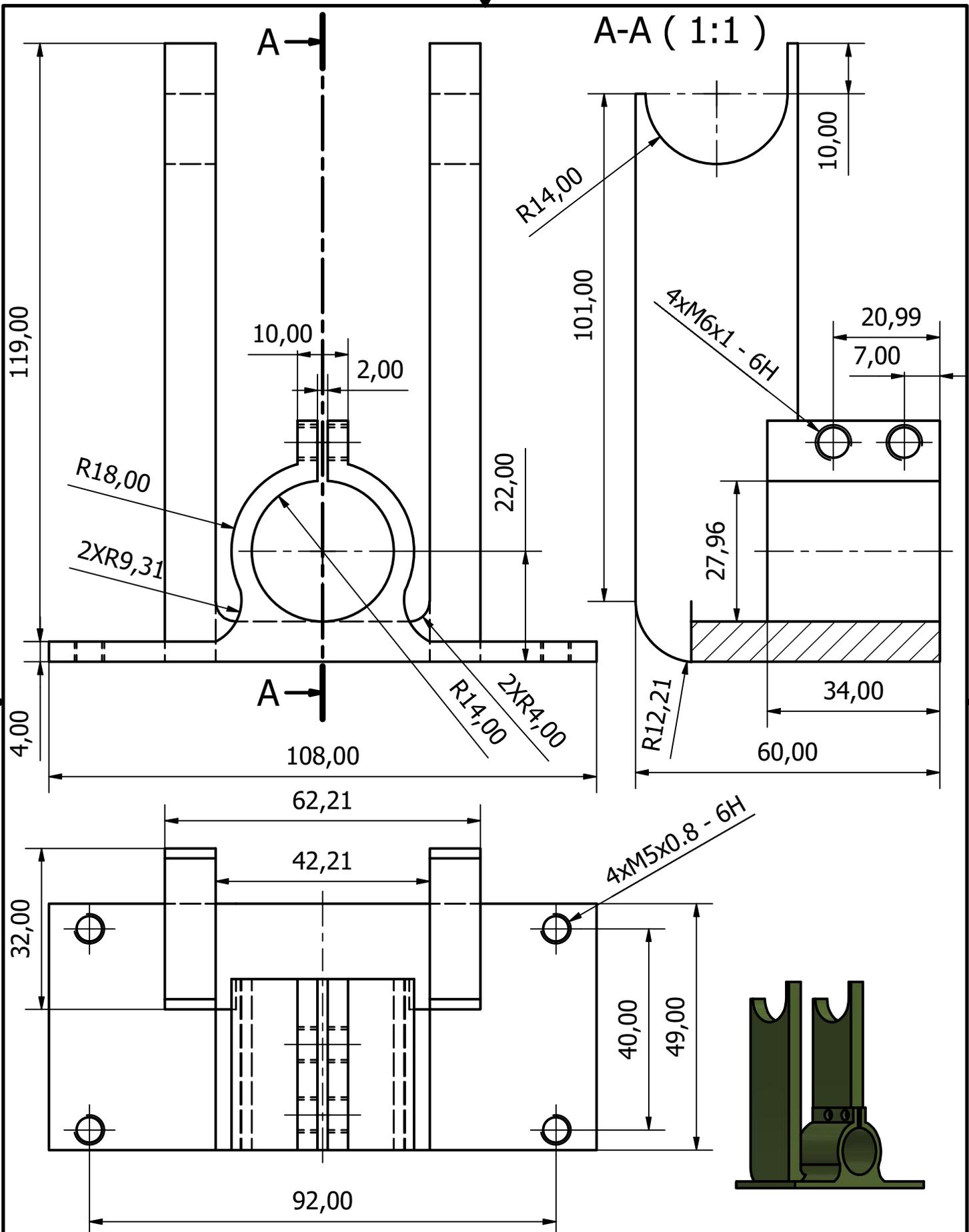
Orugas de goma – Flotación, transitabilidad y traficabilidad (2000) - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro Regional Entre Ríos – Estación Experimental Agropecuaria Concepción del Uruguay.

Funcionalidad, de las sillas de ruedas Permobil – Permobil, the power of mobility (2008)

Mechanical Principles of Wheelchair Design – Amos Winter, Department of mechanical engineering Massachusetts Institute of Technology

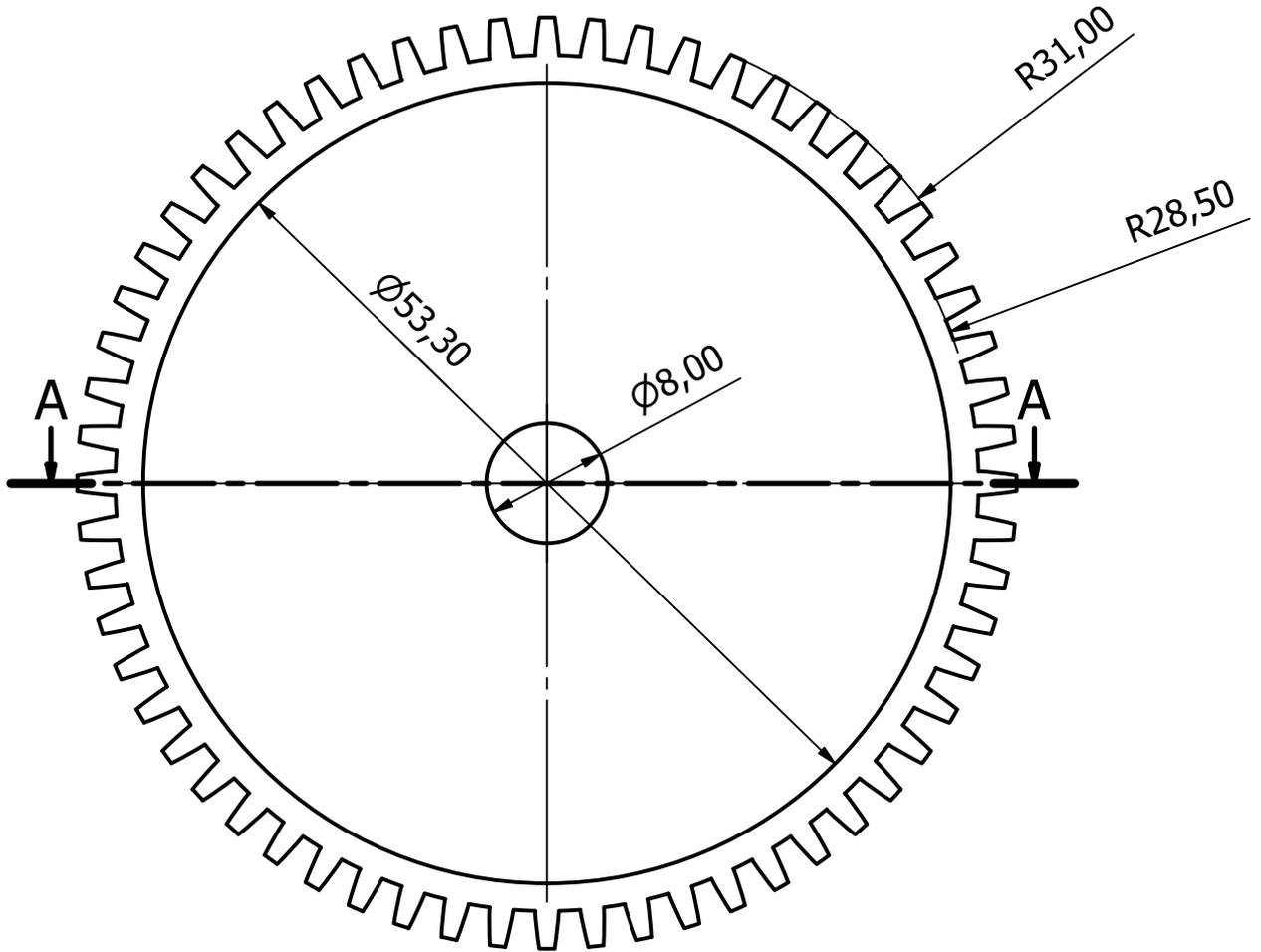
## **12. Planos**



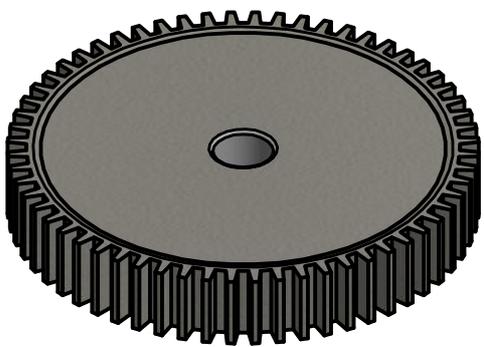
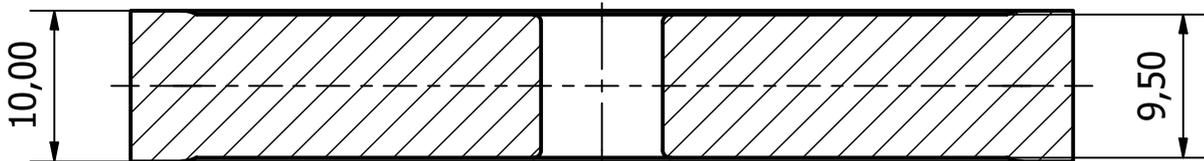


Creado por: Aida Francés García	Fecha de creación: 09/06/2021	Aprobado por: Beatriz Defez García	Fecha aprobada:	Nº pieza: 1.1	Escala: 1:1
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño			Proyecto: Sistema Triangular		
			Pieza: Soporte Motor	Cantidad: 2	Hoja: 1/18



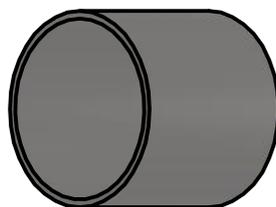
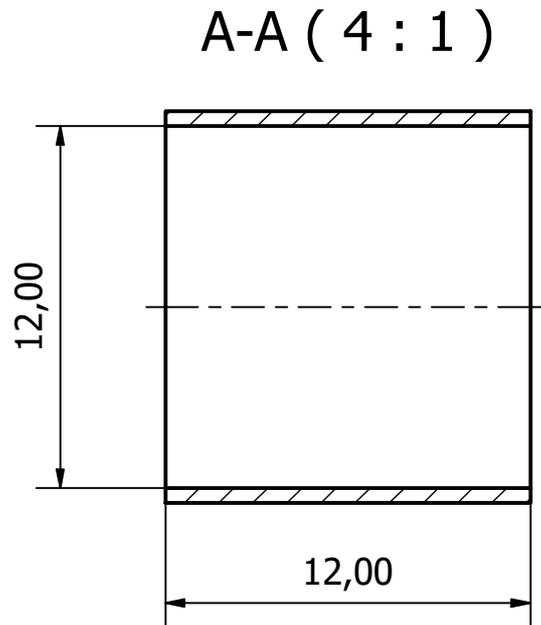
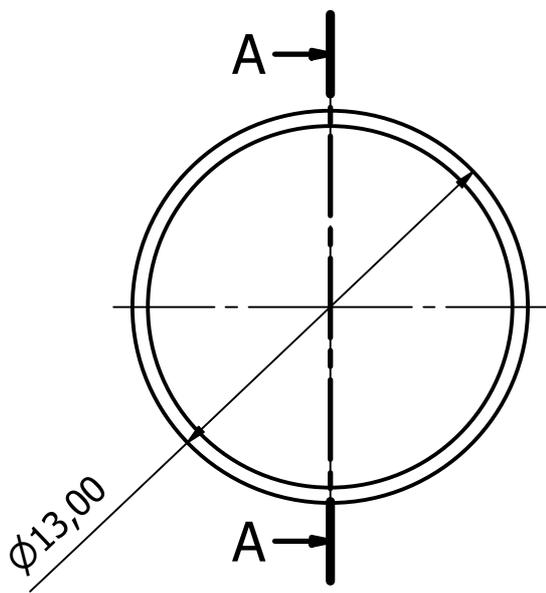


A-A ( 2:1 )

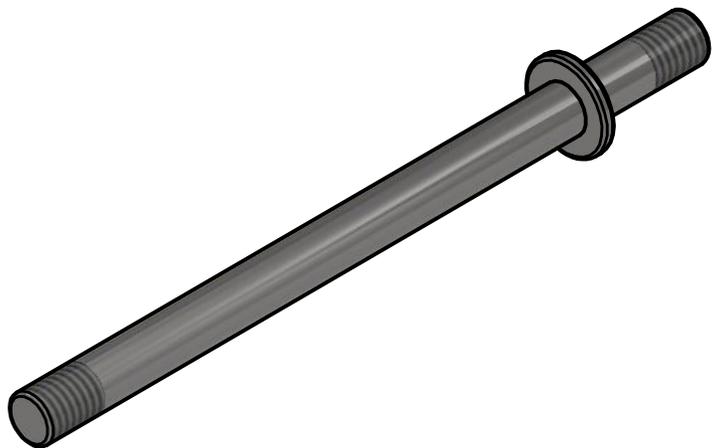
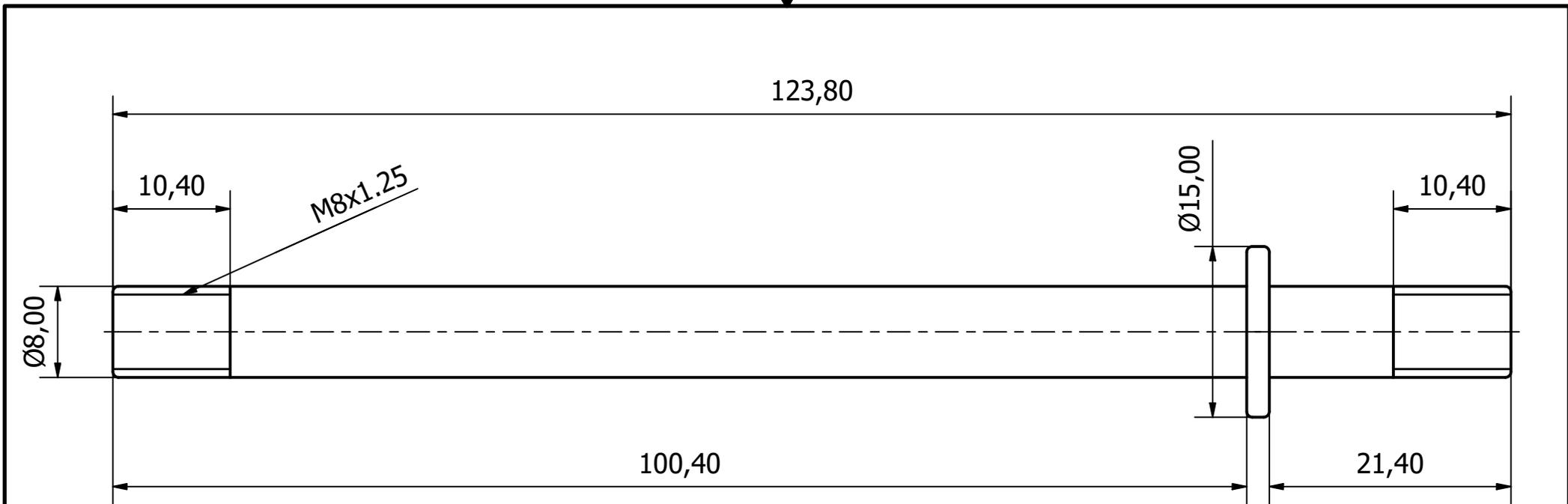


Características	
Diámetro cabeza (da)	62 mm
Número de dientes (z)	60
Paso del los dientes	3,142 mm
Diámetro primitivo (dp)	60 mm
Altura cabeza del diente(ha)	1 mm
Altura de pie (df)	57,5 mm
Ángulo presión dientes	20º
Módulo	1 mm
Relación de transmisión (i)	1

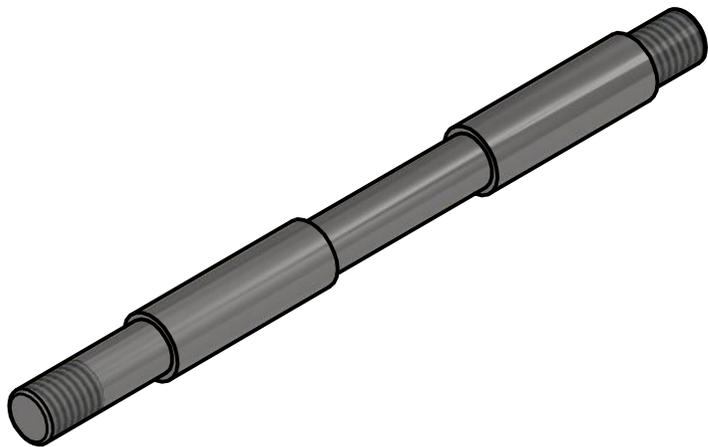
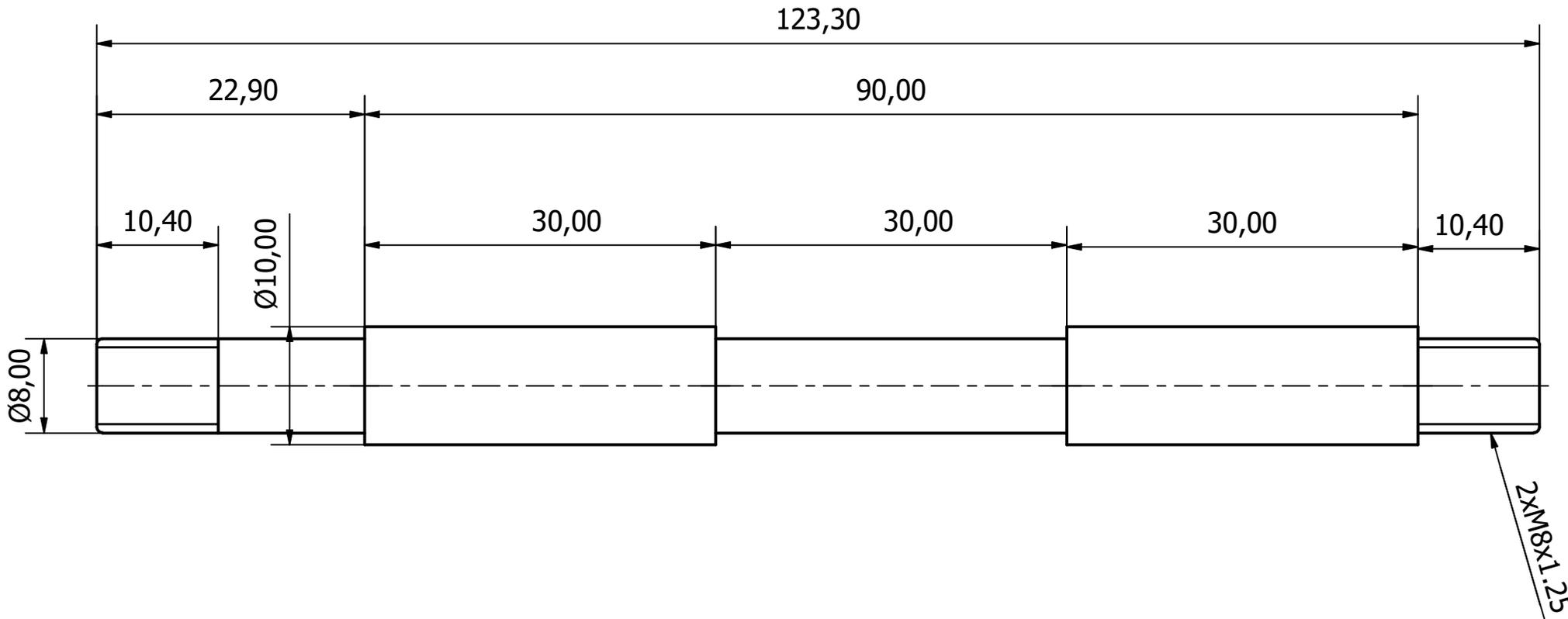
Creado por: Aida Francés	Fecha de creación: 09/06/2021	Aprobado por: Beatriz Defez García	Fecha aprobada:	Nº pieza: 1.3	Escala: 2:1
 <b>Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño</b>			Proyecto: <b>Sistema Triangular</b>		
			Pieza: <b>Rueda dientes rectos</b>	Cantidad: 4	Hoja: 3/18



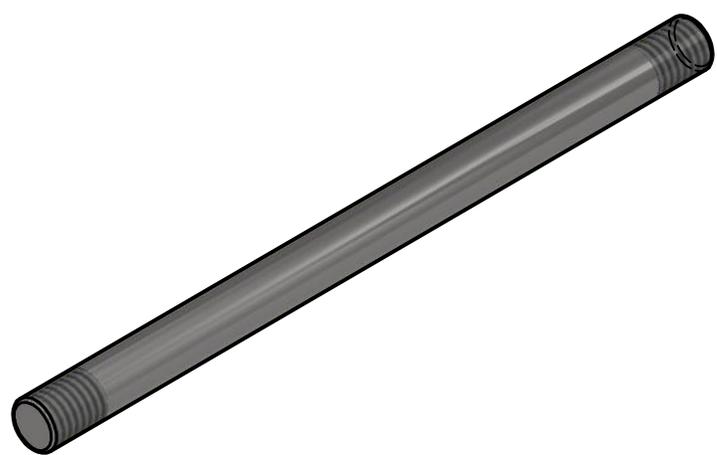
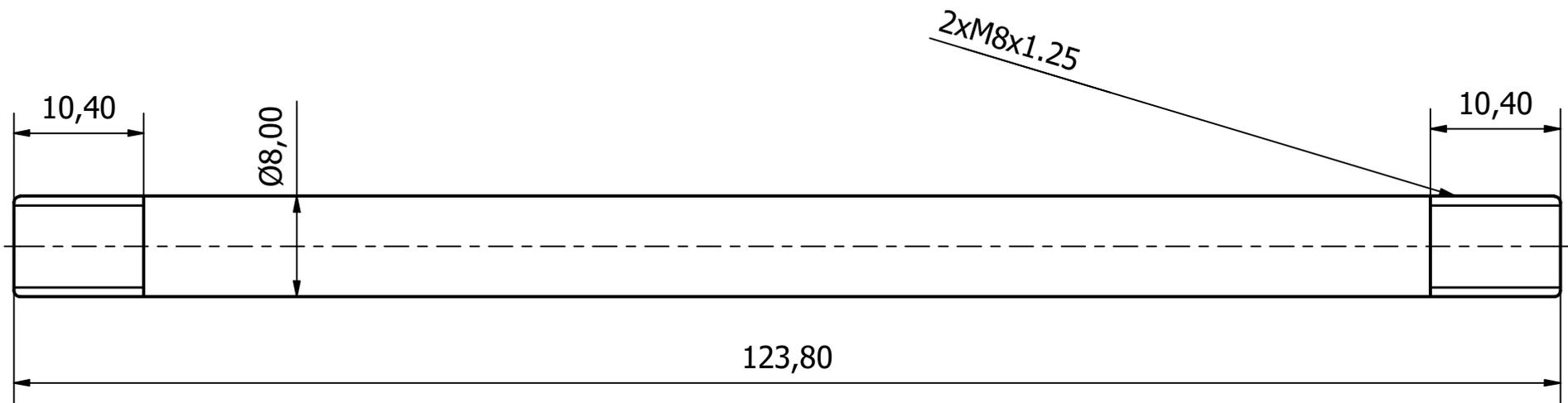
Creado por: Aida Francés García	Fecha de creación: 09/06/2021	Aprobado por: Beatriz Defrez García	Fecha aprobada:	Nº pieza: 1.4	Escala: 4:1
 <b>Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño</b>			Proyecto: <b>Sistema Triangular</b>		
			Pieza: <b>Casquillo Eje Motor</b>	Cantidad: 2	Hoja: 4/18



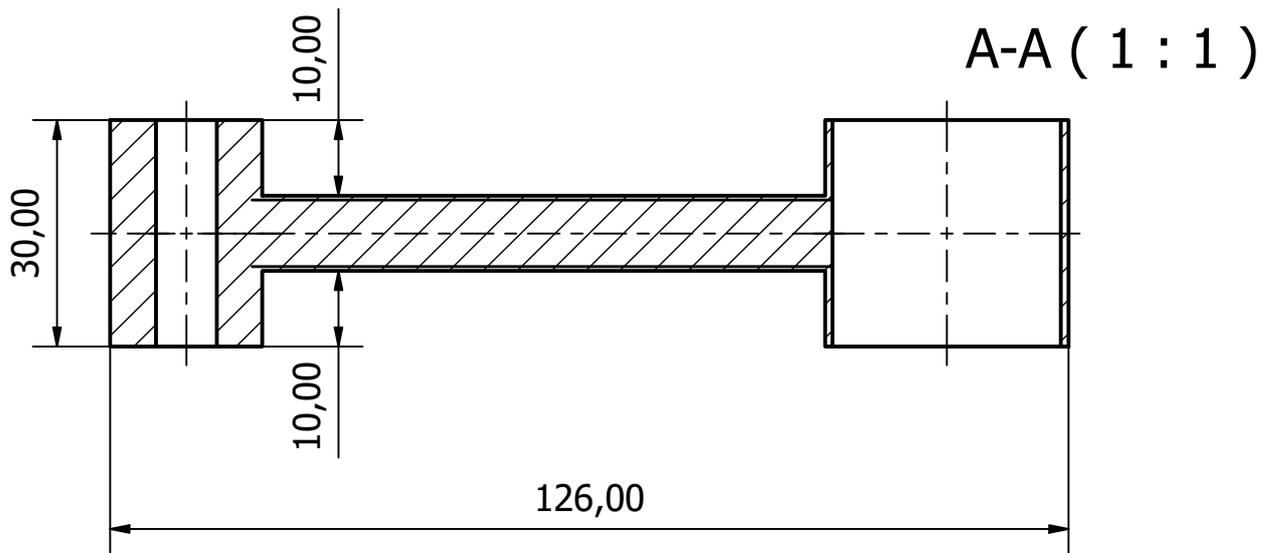
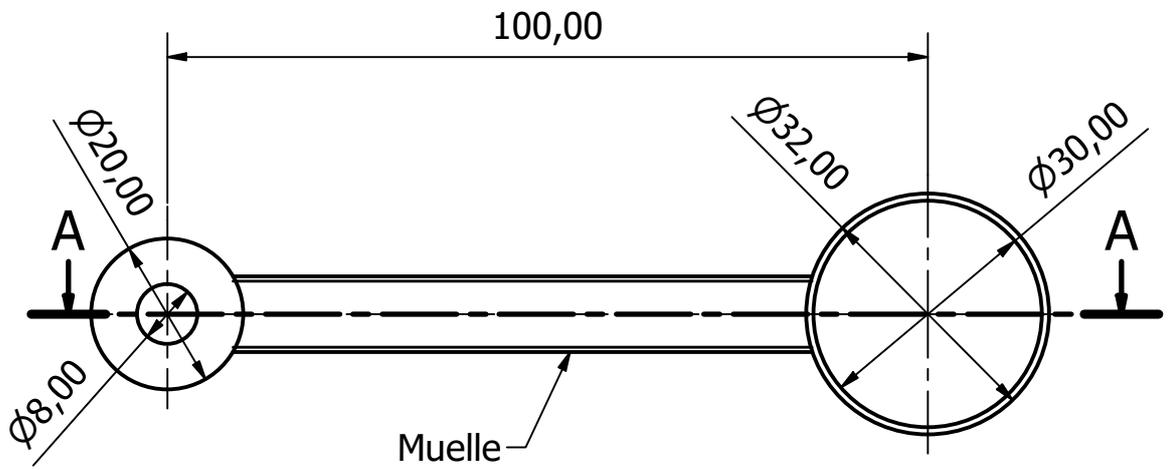
Creado por: Aida Francés García	Fecha de creación: 09/06/2021	Aprobado por: Beatriz Defez garcía	Fecha de aprobación:	Nº Pieza: 1.5	Escala: 2:1
 <b>Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño</b>			Proyecto: Sistema Triangular		
			Pieza: Passador Rueda Engrada y Motriz		Cantidad: 2



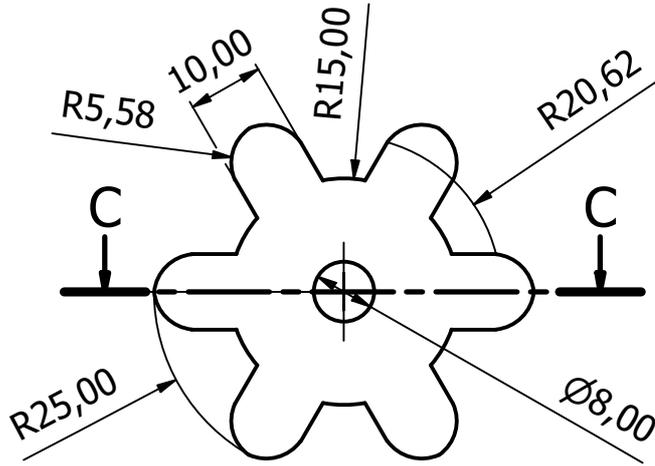
Creado por: Aida Francés García	Fecha de creación: 09/06/2021	Aprobado por: Beatriz Defez garcía	Fecha de aprobación:	Nº Pieza: 1.6	Escala: 2:1
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño			Proyecto: Sistema Triangular		
			Pieza: Pasador Amortiguadores		Cantidad: 4



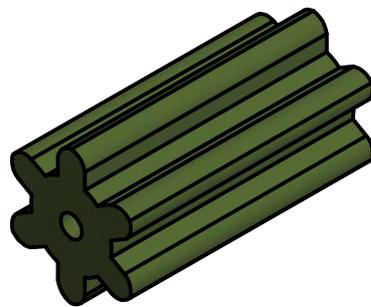
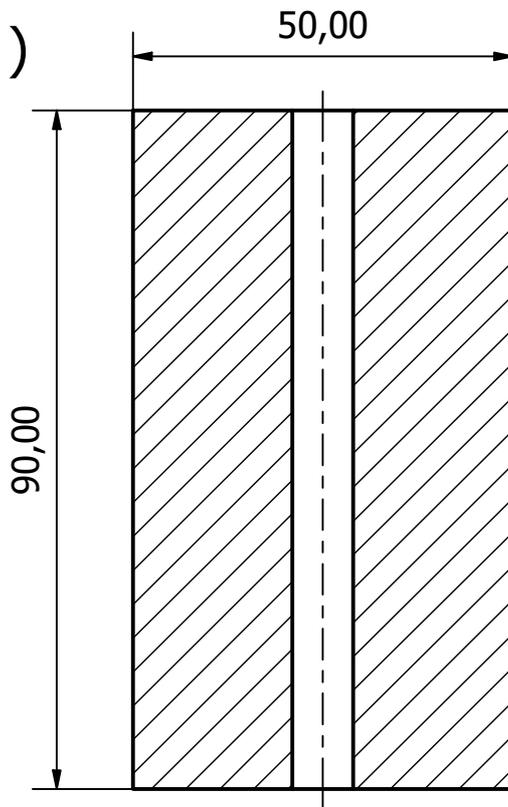
Creado por: Aida Francés García	Fecha de creación: 09/06/2021	Aprobado por: Beatriz Defez garcía	Fecha de aprobación:	Nº Pieza: 1.7	Escala: 2:1
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño			Proyecto: Sistema Triangular		
			Pieza: Pasador Ruedas Guías		Cantidad: 8



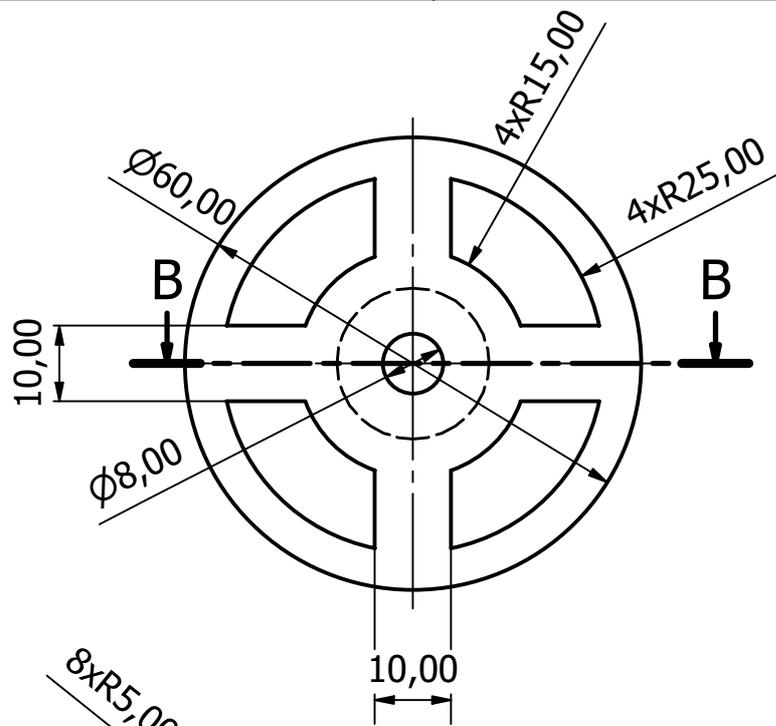
Creado por: Aida Francés García	Fecha de creación: 09/06/2021	Aprobado por: Beatriz Defez García	Fecha aprobada:	Nº pieza: 1.8	Escala: 1:1
		Proyecto: Sistema Triangular			
		Pieza: Amortiguadores Laterales	Cantidad: 4	Hoja: 8/18	



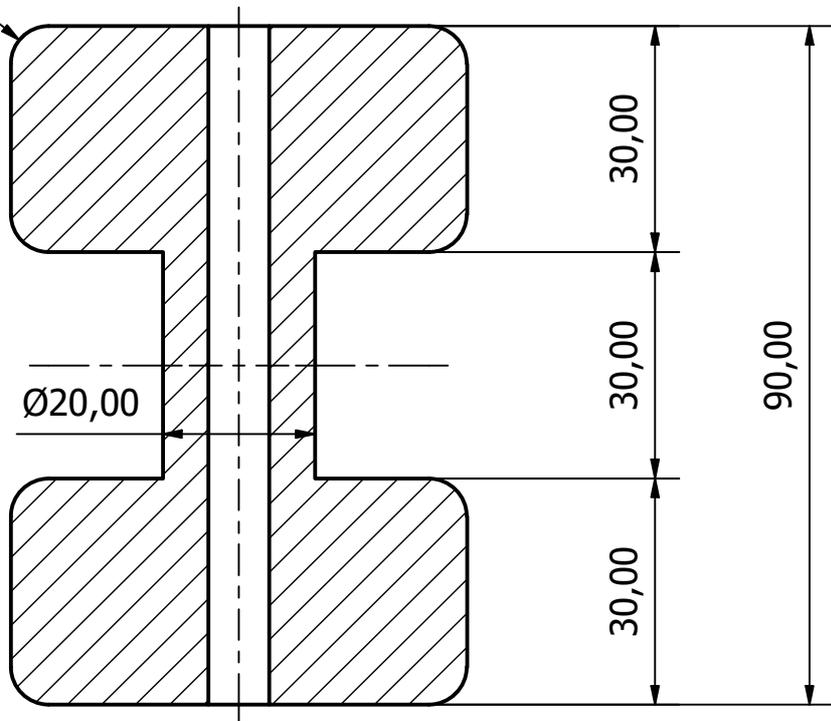
C-C ( 1 : 1 )



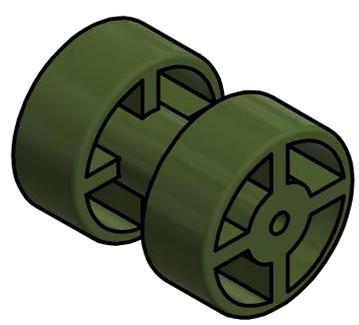
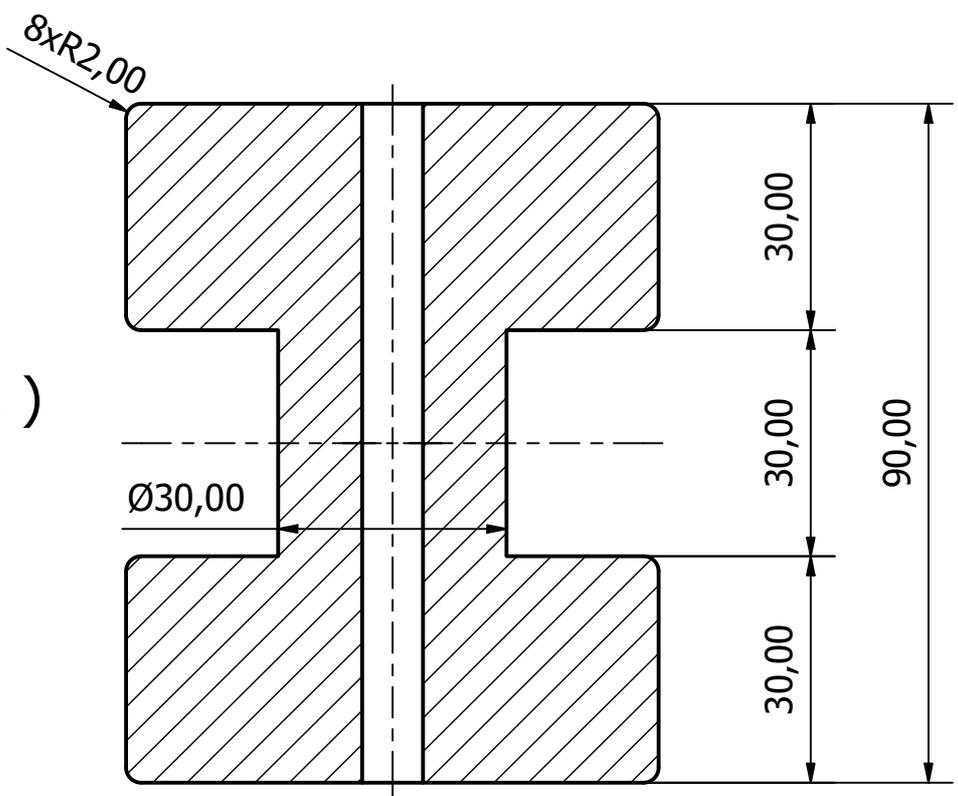
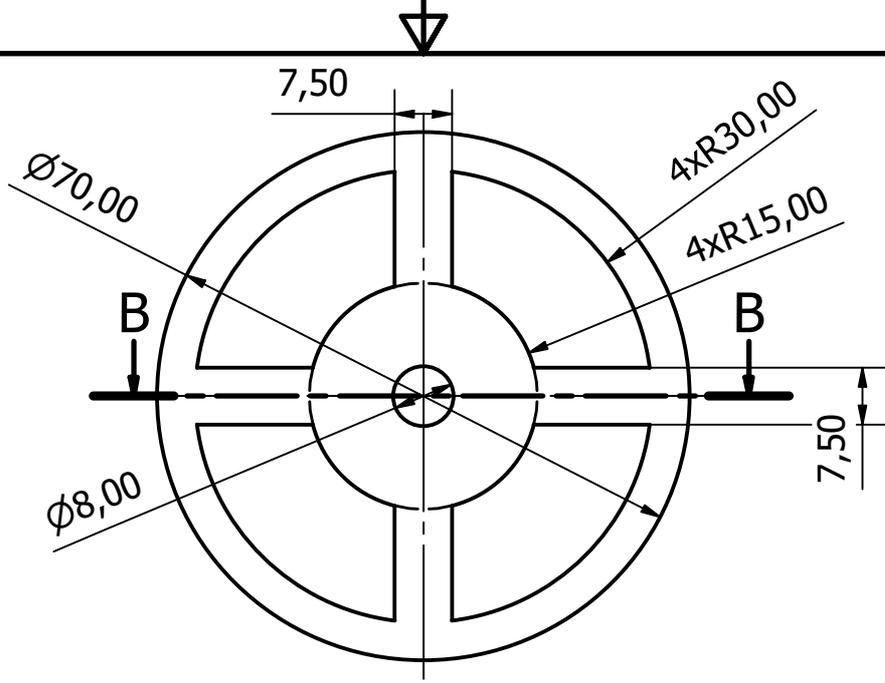
Creado por: Aida Francés García	Fecha de creación: 09/06/2021	Aprobado por: Beatriz Defez García	Fecha aprobada:	Nº pieza: 1.9	Escala: 1:1
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño			Proyecto: Sistema Triangular		
			Pieza: Rueda Motriz	Cantidad: 2	Hoja: 9/18



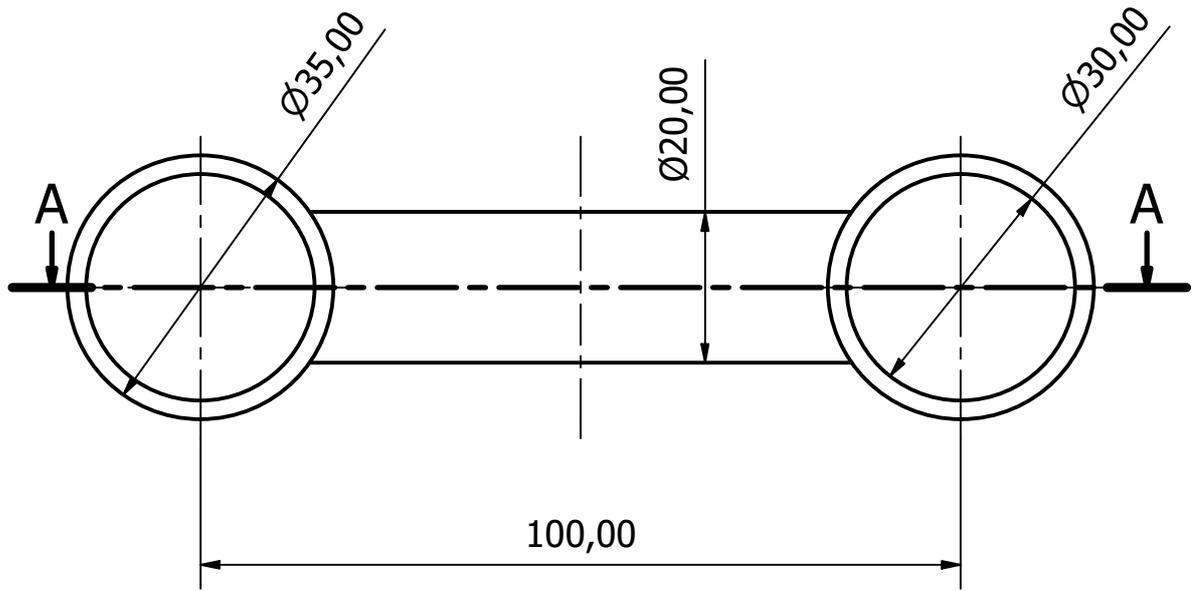
B-B ( 1 : 1 )



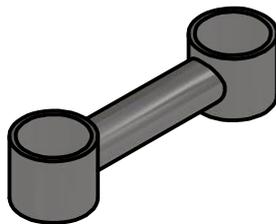
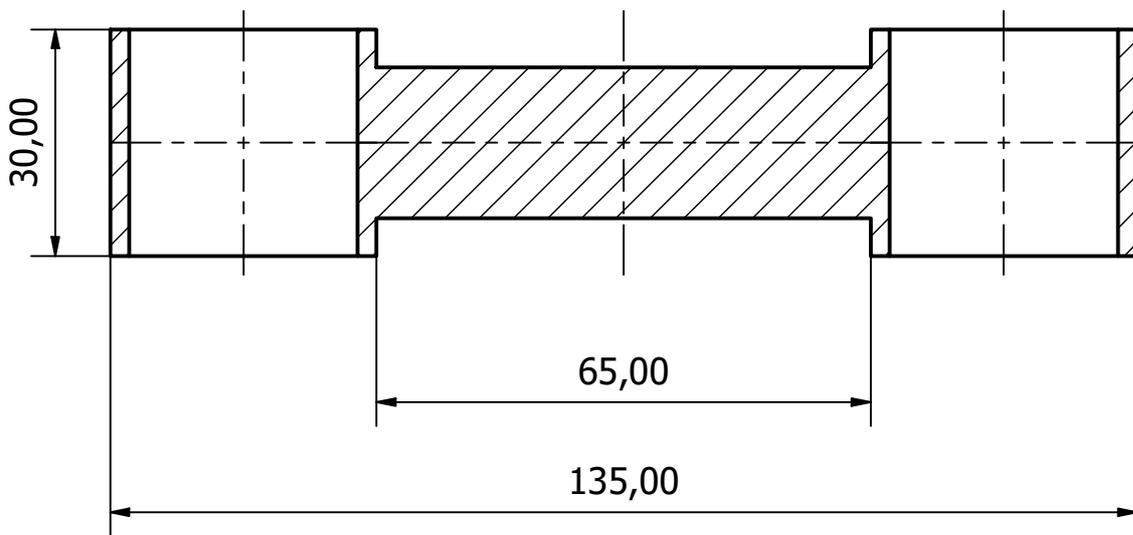
Creado por: Aida Francés García	Fecha de creación: 09/06/2021	Aprobado por: Beatriz Defez García	Fecha aprobada:	Nº pieza: 1.10	Escala: 1:1
 <b>Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño</b>			Proyecto: <b>Sistema Triangular</b>		
			Pieza: <b>Rueda Guía Lateral</b>	Cantidad: 4	Hoja: 10/18



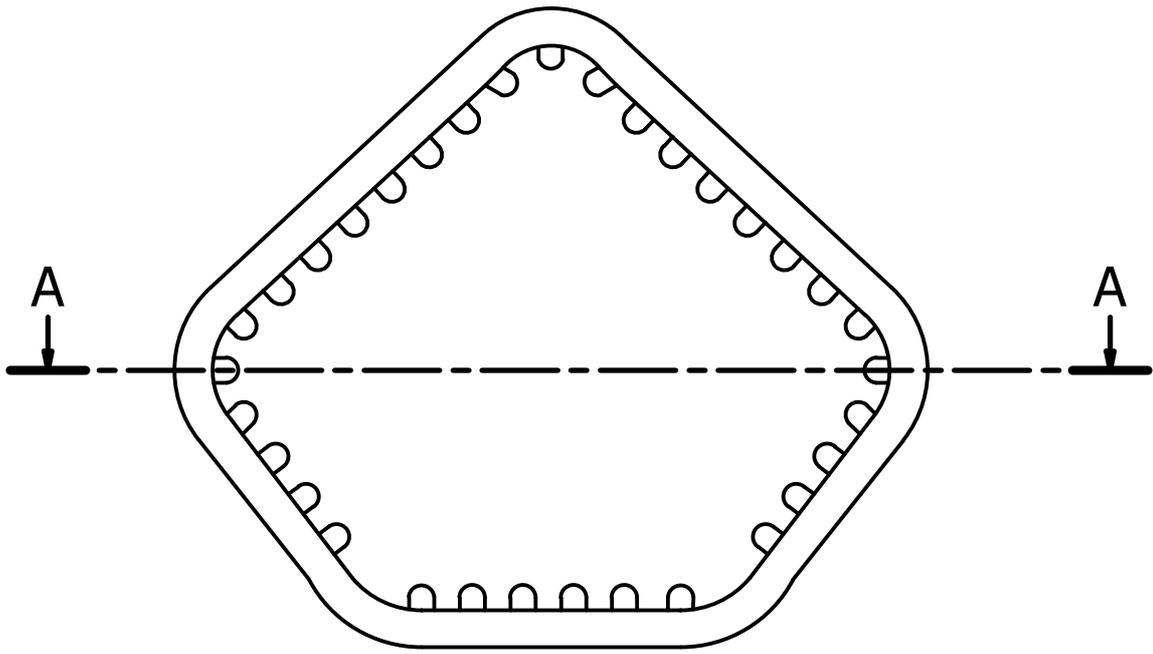
Creado por: Aida Francés García	Fecha de creación: 09/06/2021	Aprobado por: Beatriz Defez García	Fecha aprobada:	Nº pieza: 1.11	Escala: 1:1
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño			Proyecto: Sistema Triangular		
			Pieza: Rueda Guía Inferior	Cantidad: 4	Hoja: 11/18



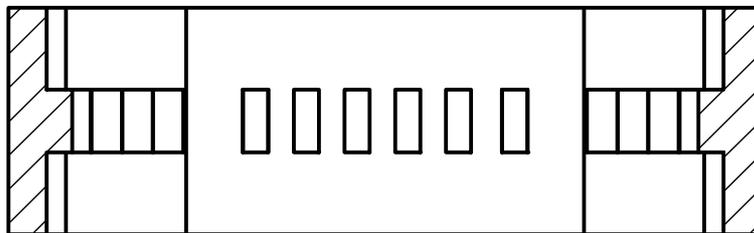
A-A ( 1 : 1 )



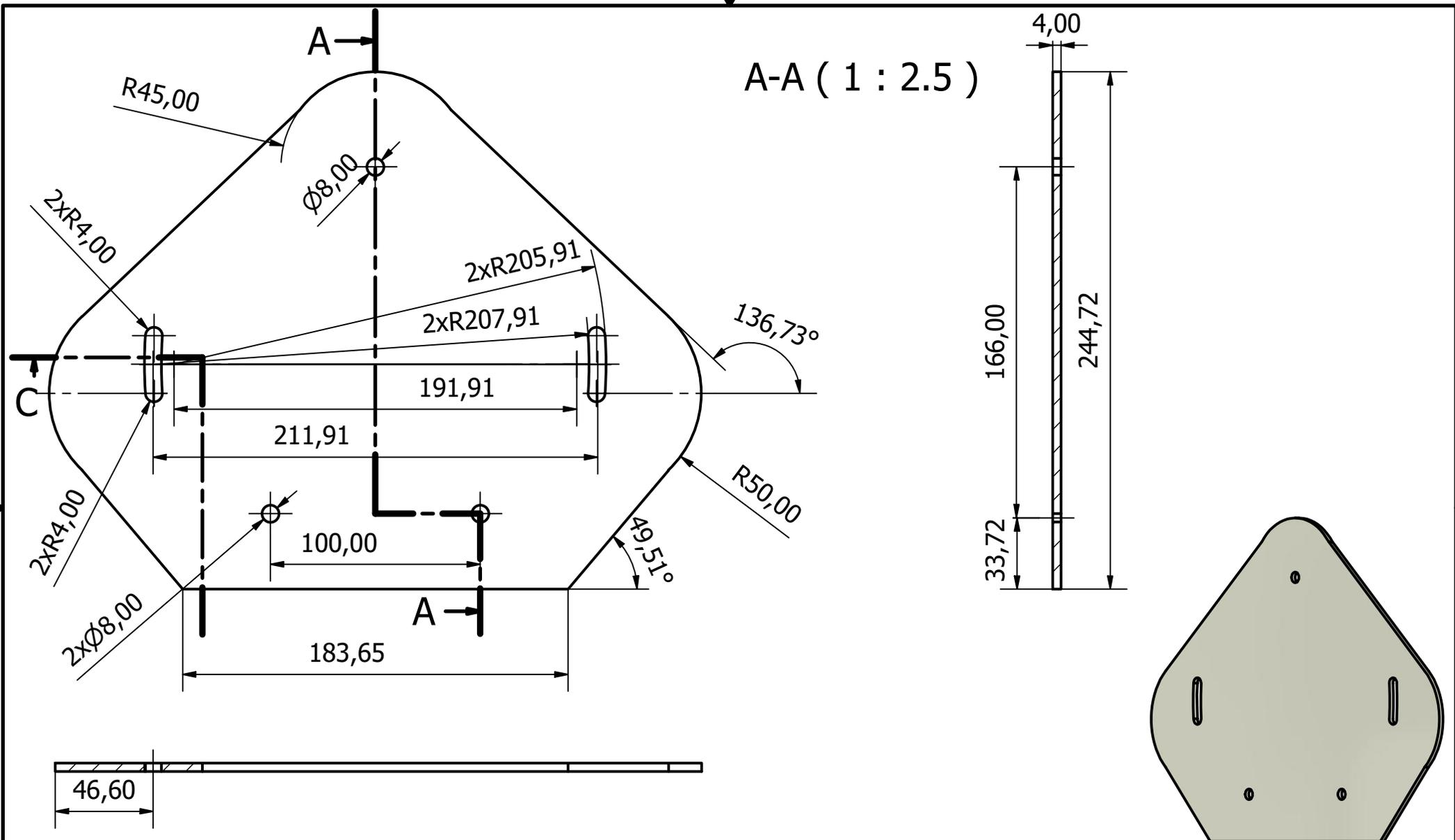
Creado por: Aida Francés García	Fecha de creación: 09/06/2021	Aprobado por: Beatriz Defez García	Fecha aprobada:	Nº pieza: 1.12	Escala: 1:1
 <p>Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño</p>			Proyecto: <b>Sistema Triangular</b>		
			Pieza: Agarre Ruedas Guías Inferior	Cantidad: 2	Hoja: 12/18



A-A ( 1 : 3 )



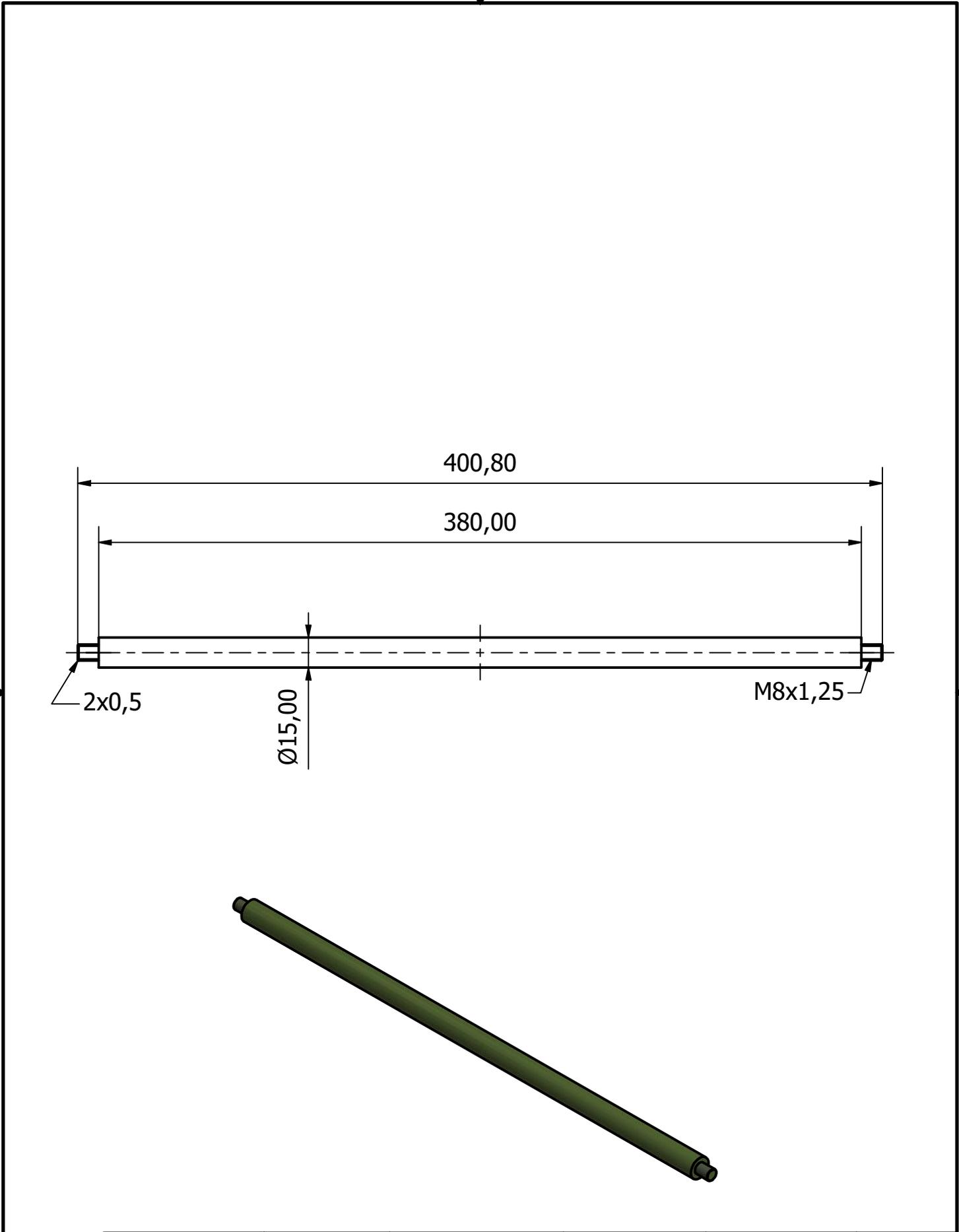
Creado por: Aida Francés García	Fecha de creación: 09/06/2021	Aprobado por: Beatriz Defez García	Fecha aprobada:	Nº pieza: 13	Escala: 1:3
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño			Proyecto: Sistema Triangular		
			Pieza: Goma	Cantidad: 2	Hoja: 13/18



C-C ( 1 : 2.5 )

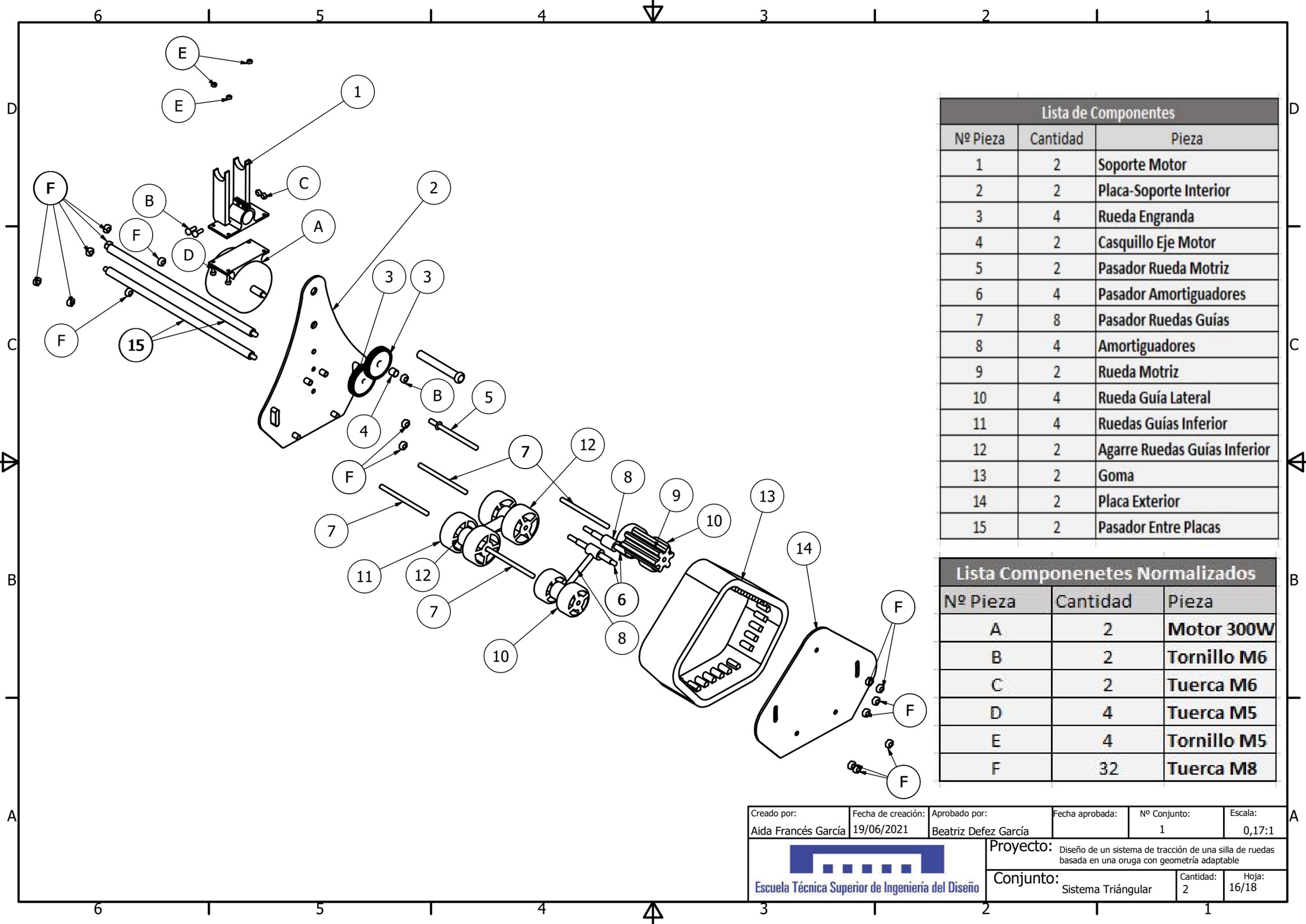
A-A ( 1 : 2.5 )

Creado por: Aida Francés García	Fecha de creación: 09/06/2021	Aprobado por: Beatriz Defez garcía	Fecha de aprobación:	Nº Pieza: 1.14	Escala: 1:2.5
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño			Proyecto: Sistema Triangular		
			Pieza: Placa Exterior	Cantidad: 2	Hoja: 14/18



Creado por: Aida Francés García	Fecha de creación: 09/06/2021	Aprobado por:	Fecha aprobada:	Nº pieza: 1.15	Escala: 1:2.5
 <b>Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño</b>		Proyecto: <b>Sistema Triangular</b>			
		Pieza: Pasador Entre Placas-Soporte		Cantidad: 2	Hoja: 15/18





Lista de Componentes		
Nº Pieza	Cantidad	Pieza
1	2	Soporte Motor
2	2	Placa-Soporte Interior
3	4	Rueda Engranda
4	2	Casquillo Eje Motor
5	2	Pasador Rueda Motriz
6	4	Pasador Amortiguadores
7	8	Pasador Ruedas Guías
8	4	Amortiguadores
9	2	Rueda Motriz
10	4	Rueda Guía Lateral
11	4	Ruedas Guías Inferior
12	2	Agarre Ruedas Guías Inferior
13	2	Goma
14	2	Placa Exterior
15	2	Pasador Entre Placas

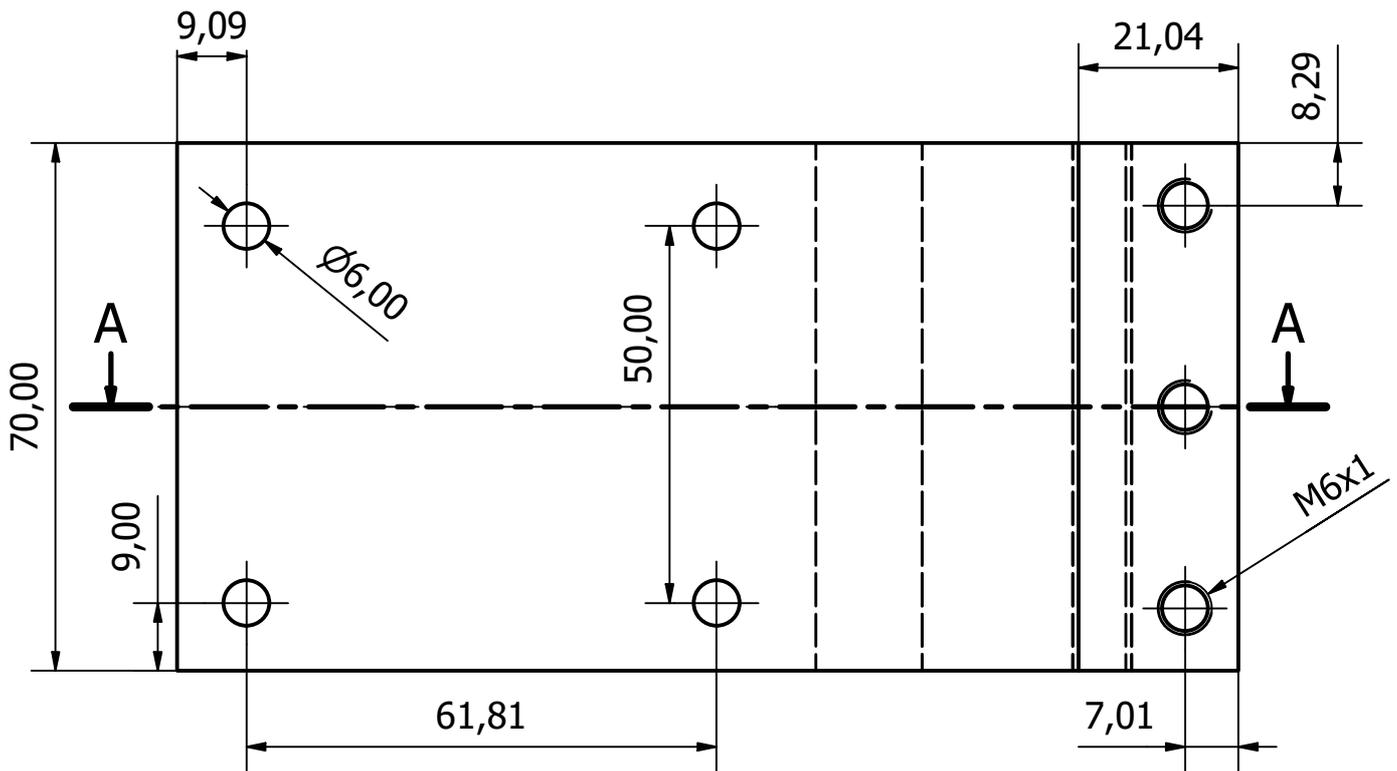
Lista Componentes Normalizados		
Nº Pieza	Cantidad	Pieza
A	2	Motor 300W
B	2	Tornillo M6
C	2	Tuerca M6
D	4	Tuerca M5
E	4	Tornillo M5
F	32	Tuerca M8

Creado por: Aida Francés García	Fecha de creación: 19/06/2021	Aprobado por: Beatriz Defez García	Fecha aprobada:	Nº Conjunto: 1	Escala: 0,17:1
------------------------------------	----------------------------------	---------------------------------------	-----------------	-------------------	-------------------

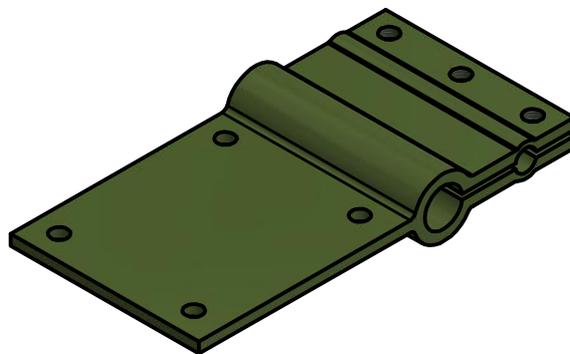
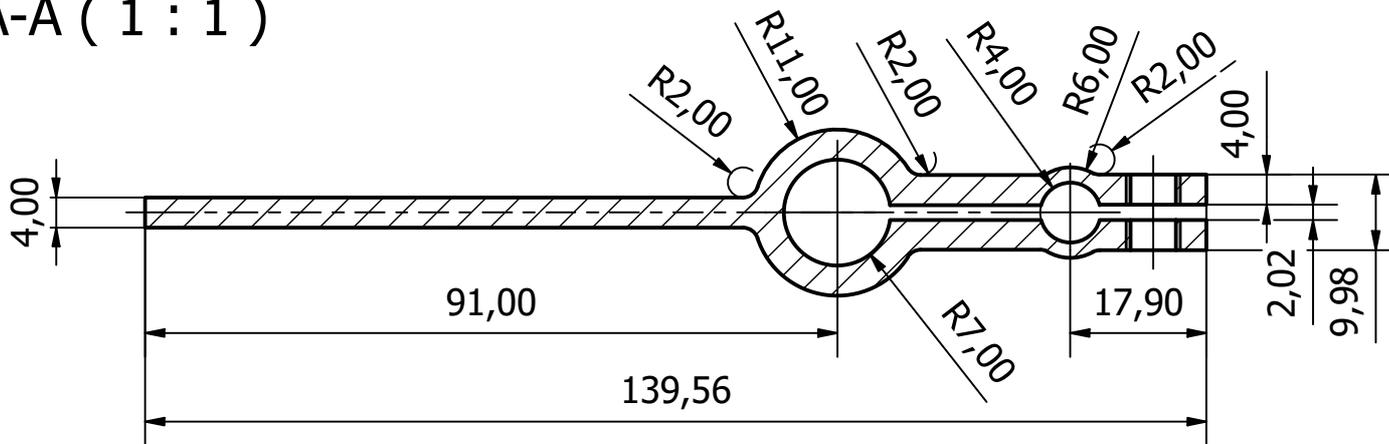


Proyecto: Diseño de un sistema de tracción de una silla de ruedas basada en una oruga con geometría adaptable

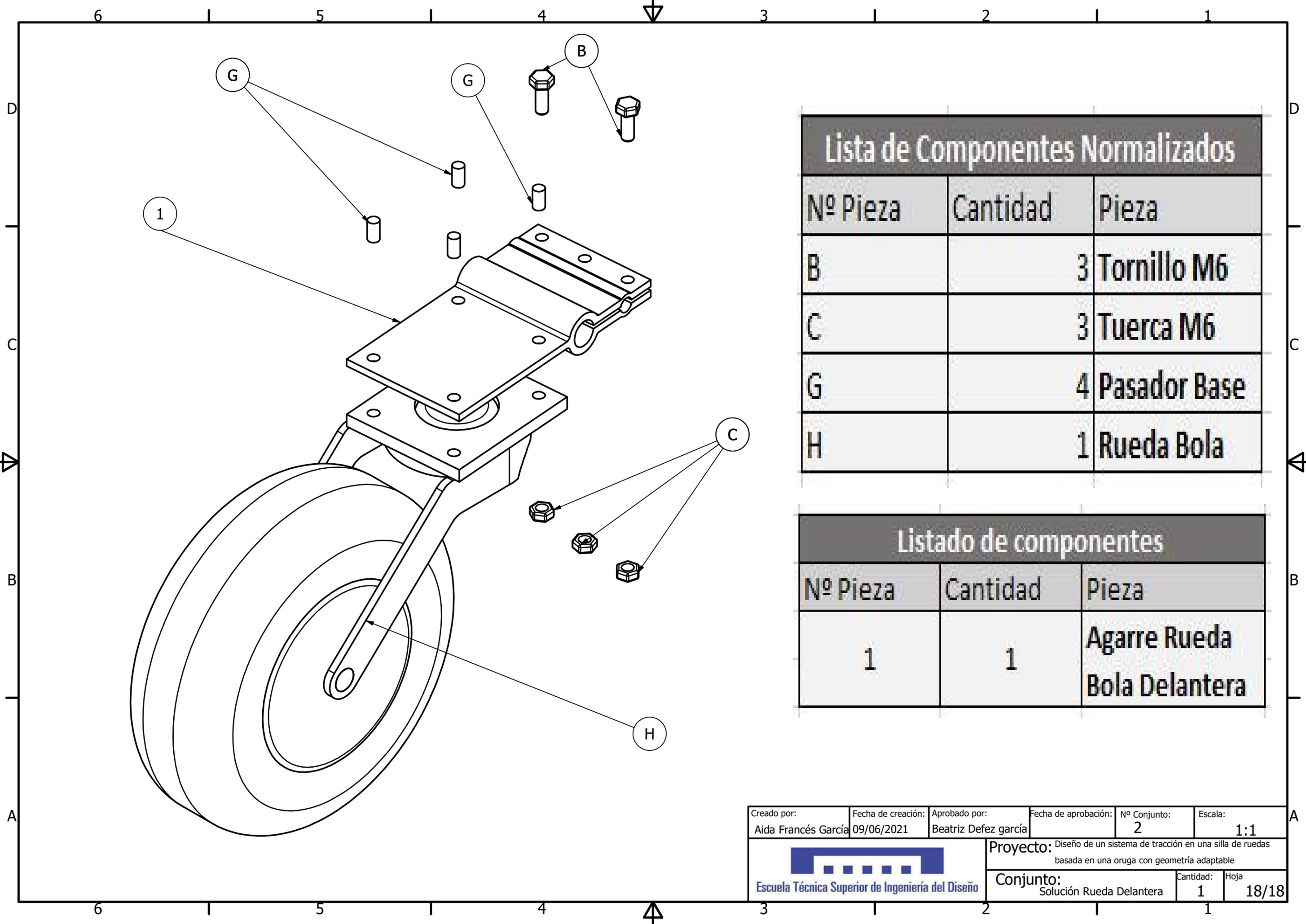
Conjunto: Sistema Triángular	Cantidad: 2	Hoja: 16/18
---------------------------------	----------------	----------------



A-A ( 1 : 1 )



Creado por: Aida Francés García	Fecha de creación: 09/06/2021	Aprobado por: Beatriz Defez García	Fecha aprobada:	Nº pieza: 2.1	Escala: 1:1
 <p>Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño</p>			Proyecto: Solución Rueda Delantera		
			Pieza: Agarre Rueda Bola Delantera	Cantidad: 1	Hoja: 17/18



Lista de Componentes Normalizados		
Nº Pieza	Cantidad	Pieza
B	3	Tornillo M6
C	3	Tuerca M6
G	4	Pasador Base
H	1	Rueda Bola

Listado de componentes		
Nº Pieza	Cantidad	Pieza
1	1	Agarre Rueda Bola Delantera

Creado por: Aida Francés García	Fecha de creación: 09/06/2021	Aprobado por: Beatriz Defez garcía	Fecha de aprobación:	Nº Conjunto: 2	Escala: 1:1
			<b>Proyecto:</b> Diseño de un sistema de tracción en una silla de ruedas basada en una oruga con geometría adaptable		
			<b>Conjunto:</b> Solución Rueda Delantera	Cantidad: 1	Hoja: 18/18