

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



PROYECTO FIN DE CARRERA

**DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE:
MEDIO DE TRANSPORTE RÁPIDO Y ECOLÓGICO
PARA DESPLAZAMIENTOS DENTRO DEL
CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD DE ALMERÍA**

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Director: Javier López Martínez

Titulación: Ingeniería Técnica Industrial

Especialidad: Mecánica

Almería, Septiembre de 2011

ÍNDICE GENERAL

MEMORIA

1. *Introducción y objeto del proyecto*.....página 9
2. *Proceso de diseño del patinete*.....página 12
 - 2.1 *Estudio de mercado*.....página 13
 - 2.2 *Resultados obtenidos en la encuesta*.....página 16
 - 2.3 *Requisitos iniciales*.....página 19
 - 2.4 *Evaluación de alternativas*.....página 19
 - 2.5 *Geometría y diseño*.....página 23
 - 2.6 *Selección del material*.....página 25
 - 2.7 *Selección del motor*.....página 29
 - 2.8 *Selección de la batería*.....página 33
 - 2.9 *Cumplimiento normativa UNE*.....página 35
3. *Conclusiones y trabajos futuros*.....página 41

ANEXOS

- Anexo 1: Estudio de mercado*.....página 46
- Anexo 2: Resultados obtenidos en la encuesta*.....página 59
- Anexo 3: Evaluación de alternativas*.....página 72
- Anexo 4: Geometría y diseño*.....página 83
- Anexo 5: Selección de los materiales*.....página 118
- Anexo 6: Cálculo del número mínimo de tornillos*.....página 130
- Anexo 7: Selección del motor*.....página 135

<i>Anexo 8: Selección de la batería.....</i>	<i>página 151</i>
<i>Anexo 9: Cumplimiento normativa UNE.....</i>	<i>página 162</i>
<i>Anexo 10: Presupuesto del patinete eléctrico.....</i>	<i>página 199</i>
<i>Anexo 11: Presupuesto del patinete autopropulsado.....</i>	<i>página 210</i>
<i>Anexo 12: Cálculo del peso del patinete.....</i>	<i>página 219</i>

PLANOS

<i>Plano de conjunto general</i>	<i>Plano 1</i>
<i>Patinete plegado</i>	<i>Plano 2</i>
<i>Explosión conjunto patinete</i>	<i>Plano 3</i>
<i>Conjunto 1: Dirección patinete</i>	<i>Plano 4</i>
<i>Potencia</i>	<i>Plano 5</i>
<i>Mango común</i>	<i>Plano 6</i>
<i>Columna dirección</i>	<i>Plano 7</i>
<i>Tope fijación abrazadera manillar</i>	<i>Plano 8</i>
<i>Cabezal dirección</i>	<i>Plano 9</i>
<i>Resorte de plegado</i>	<i>Plano 10</i>
<i>Botón tope resorte</i>	<i>Plano 11</i>
<i>Pieza de plegado</i>	<i>Plano 12</i>
<i>Tornillo en abrazadera plegado</i>	<i>Plano 13</i>
<i>Tope fijación abrazadera plegado</i>	<i>Plano 14</i>
<i>Maneta fijación abrazadera</i>	<i>Plano 15</i>
<i>Agarre maneta fijación abrazadera</i>	<i>Plano 16</i>
<i>Cuadro</i>	<i>Plano 17</i>
<i>Horquilla</i>	<i>Plano 18</i>
<i>Casquillo rueda</i>	<i>Plano 19</i>
<i>Rueda VPP 150 20R</i>	<i>Plano 20</i>
<i>Rodamiento simple 1-1/8'' inferior District</i>	<i>Plano 21</i>
<i>Rodamiento simple 1-1/8'' superior District</i>	<i>Plano 22</i>
<i>Abrazadera unión cabezal y horquilla</i>	<i>Plano 23</i>

<i>Resorte cambio posición manillar</i>	<i>Plano 24</i>
<i>Abrazadera cambio posición manillar</i>	<i>Plano 25</i>
<i>Tubo del manillar</i>	<i>Plano 26</i>
<i>Mango acelerador</i>	<i>Plano 27</i>
<i>Conjunto 2: Base patinete</i>	<i>Plano 28</i>
<i>Pegatina de la base</i>	<i>Plano 29</i>
<i>Casquillo eje trasero</i>	<i>Plano 30</i>
<i>Agarre entre rueda libre y rueda</i>	<i>Plano 31</i>
<i>Rueda libre</i>	<i>Plano 32</i>
<i>Polea</i>	<i>Plano 33</i>
<i>Correa</i>	<i>Plano 34</i>
<i>Perfil en U izquierda</i>	<i>Plano 35</i>
<i>Pegatina cerramiento inferior</i>	<i>Plano 36</i>
<i>Batería</i>	<i>Plano 37</i>
<i>Controlador</i>	<i>Plano 38</i>
<i>Agarre motor a la base</i>	<i>Plano 39</i>
<i>Motor</i>	<i>Plano 40</i>
<i>Piñon motor</i>	<i>Plano 41</i>
<i>Agarre freno y base</i>	<i>Plano 42</i>
<i>Freno</i>	<i>Plano 43</i>
<i>Resorte freno</i>	<i>Plano 44</i>
<i>Perfil en U derecha</i>	<i>Plano 45</i>

MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

<i>1. Introducción y objeto del proyecto.....</i>	<i>página 9</i>
<i>2. Proceso de diseño del patinete.....</i>	<i>página 12</i>
<i>2.1 Estudio de mercado.....</i>	<i>página 13</i>
<i>2.2 Resultados obtenidos en la encuesta.....</i>	<i>página 16</i>
<i>2.3 Requisitos iniciales.....</i>	<i>página 19</i>
<i>2.4 Evaluación de alternativas.....</i>	<i>página 19</i>
<i>2.5 Geometría y diseño.....</i>	<i>página 23</i>
<i>2.6 Selección del material.....</i>	<i>página 25</i>
<i>2.7 Selección del motor.....</i>	<i>página 29</i>
<i>2.8 Selección de la batería</i>	<i>página 33</i>
<i>2.9 Cumplimiento de la normativa UNE</i>	<i>página 35</i>
<i>3. Conclusiones y trabajos futuros.....</i>	<i>página 41</i>

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL PROYECTO

Debido al actual crecimiento de la Universidad de Almería las distancias en el campus son cada vez mayores, lo que provoca una pérdida de tiempo muy grande en los desplazamientos. Para solucionar este problema, se ha diseñado un patinete que permite a los profesores y personal universitario moverse por las zonas peatonales de la universidad.

El uso del patinete permite ahorrar tiempo en los desplazamientos, así como dar una imagen moderna y ecológica de la universidad, ya que durante todo el diseño se ha buscado que el patinete no use materiales y tecnologías perjudiciales para el medio ambiente.

Originalmente los patinetes eran contruidos de manera casera y usados como juguete, pero, en la actualidad, se plantean como alternativa a otros medios de transporte para desplazamientos cortos. Han dejado de ser un elemento casi exclusivo para niños y se han universalizado.

La finalidad principal de este proyecto es diseñar un patinete de bajo coste y sencilla fabricación como medio de transporte rápido y ecológico para desplazarse por el campus. Además, en una ciudad como Almería donde las distancias no son muy grandes, sería muy útil poder usar un patinete como medio de transporte para desplazamientos urbanos.

También, el proyecto tiene como objetivo obtener un patinete que mejore las características de los patinetes que se pueden encontrar actualmente en el mercado. Para conseguir esto se han optimizado características como el peso o el coste, que se consideran los puntos débiles de los patinetes actuales.

Cabe decir que en el presente proyecto se han seguido las fases del diseño industrial, realizándose primero un estudio de mercado para conocer qué es lo que ofrece actualmente el mercado de los patinetes. Al mismo tiempo, se hizo una encuesta a los profesores y personal administrativo para establecer los requisitos del patinete, conocer que opinaban acerca del uso del patinete como medio de transporte y obtener algunas ideas acerca del uso que le darían.

Posteriormente se realizó una amplia lluvia de ideas y se seleccionaron los cinco diseños más viables. Basándose en la encuesta y el estudio de mercado se establecieron una serie de requisitos que fueron evaluados para cada uno de los cinco diseños a través del “método Electre” de evaluación de alternativas y se seleccionó la idea de diseño a desarrollar.

Esta idea de diseño seleccionada era un patinete plegable con dos ruedas que usaba dos perfiles en U debajo de la base para guardar las baterías y el motor; y con un diseño bastante sencillo para facilitar la fabricación en el centro de mecanizado de la universidad. De hecho, uno de los principales problemas que se han presentado en el proyecto ha sido conseguir que la fabricación se pueda realizar con la maquinaria

disponible ya que en los patinetes comerciales se presentan muchas piezas con geometría compleja que no se podría mecanizar.

Tras estudiarse todos los detalles del diseño mecánico del patinete se paso a estudiar la motorización de este. Inicialmente no se tenía claro si incorporar un motor o no, pero debido a los resultados de la encuesta se decidió que el patinete se pudiese usar tanto con motor como sin motor. Además, aunque en los planos sólo queda reflejado el patinete eléctrico, se ha realizado el presupuesto y el cálculo del peso para ambos modelos.

Se estudiaron las actuales tecnologías de motores y baterías decidiéndose finalmente el uso de un motor DC común y una batería de celdas de ion de litio. Además, se instaló una rueda libre en el eje trasero, permitiendo que cuando el patinete se use de manera autopropulsada no se transmita movimiento al eje del motor.

El siguiente paso, fue estudiar el cumplimiento de la norma UNE-EN 14619 “Equipos de deportes sobre ruedas. Patinetes. Requisitos de seguridad y métodos de ensayo”. Para conseguir que el prototipo cumpliera esta normativa, además de pequeñas modificaciones en el diseño, se tuvieron que realizar simulaciones CAE mediante Solidworks usando el complemento Solidworks Simulation.

Para finalizar el proyecto se elaboraron los planos de fabricación, se realizó el presupuesto y se comprobó que el peso era adecuado y que no era necesario un rediseño.

2. PROCESO DE DISEÑO DEL PATINETE

2.1 Estudio de mercado

Como ya se ha comentado en la introducción, para realizar el diseño del patinete se han seguido las fases del diseño industrial, por lo que lo primero que se ha realizado ha sido un estudio de mercado que permite saber qué es lo que ofrecen actualmente los patinetes comerciales.

Los diseños comerciales estudiados han sido: *Micro Scooter*, patinete *Xootr*, *Micro luggage*, *Kickboard*, *Carver Fuzion Asphalt*, *Powerwing Razor*, *Razor Siege*, *Neo Trote*, *Kickbike*, *Razor E200*, *Segway*, *GoPed ESR 750 electric Scooter*, *Motorboard 200x Railcool 120 W*, *Segway Personal Transporter* y *Cool rider*.

Aunque, aquí solo se muestran los modelos del estudio de mercado que se han considerado más importantes (para más información, ver Anexo 1: Estudio de mercado).

Primero, se van a introducir brevemente los tres modelos de patinetes autopropulsados más importantes, dejando en último lugar los patinetes eléctricos, que están explicados de forma más detallada, ya que, como se verá más adelante, se tomó la decisión de incorporar un motor eléctrico al diseño final del patinete.

El primer modelo, el patinete *Micro Scooter*, surgió porqué se necesitaba crear un medio de transporte ligero, fácil de montar y plegable. Su inventor fue Wim Ouboter y triunfó al sacarse al mercado, sobre todo entre los más pequeños. Su precio ronda los 50€ y aún este sencillo modelo sigue considerándose un best-seller de los patinetes.

El segundo modelo que se va a destacar va a ser el *patinete Xootr* que, básicamente es una mejora del patinete *Micro Scooter*. Este modelo es considerablemente más grande que el patinete clásico de aluminio, posee freno en ambas ruedas y su base es más baja de lo normal. Está pensado para la gente adulta y su precio es de 200 €.

En la Ilustración 1 se observa la diferencia de tamaño entre un patinete clásico y el modelo *Xootr*.



Ilustración 1: “comparación entre el tamaño del patinete clásico y un modelo *Xootr*”

El modelo *Kickboard* ha sido destacado por su novedoso sistema de dos ruedas delanteras, que giran con el mecanismo de "inclinarse y girar" y aseguran un manejo muy estable. Su precio está entre los 100 € y los 200 €.

En cuanto a los modelos eléctricos, cabe destacar que la gran mayoría son caros, tienen un peso elevado (usan baterías de plomo) y que están diseñados para niños ya que no soportan a usuarios de más de 50 o 60 kg. A continuación se muestran los modelos que se han considerado superiores.

El primer patinete eléctrico destacado es el modelo *GoPed ESR 750 Electric Scooter*. Este diseño es uno de los patinetes eléctricos más avanzados del mercado. La batería es de litio, las ruedas son neumáticas y el motor es con escobillas (motores comunes). Además, cuenta con un sistema de ahorro de energía que permite al piloto decidir si ir a la máxima velocidad o alargar la duración de la batería. La desventaja más grande de este modelo es su precio que ronda alrededor de los 1100 €.

El siguiente modelo destacado es el *Motorboard 200x*. Este patinete ofrece varias ventajas: su velocidad máxima es alta (de 24 km/h), tiene la capacidad de plegarse fácilmente, su peso es de sólo 8.8 kg y puede soportar un peso de hasta 113 kilogramos. Además, sus ruedas son rígidas, su sistema de baterías es de litio, y su batería se carga en sólo 120 minutos. Su precio, de 800 €, sigue siendo muy alto.

El tercer modelo de patinete eléctrico destacado es el *Raycool 120 W*, es el patinete eléctrico ligero más económico que se puede encontrar en el mercado, su precio es de unos 170 €. Sus ventajas, a parte de su bajo precio, son varias: alcanza una velocidad máxima de 18 km/h, es plegable, está diseñado en aluminio y acero, usa un motor común de 120 W y posee ruedas elásticas para amortiguar las irregularidades del terreno.

En cuanto a las desventajas del modelo *Raycool*, están su tamaño reducido (prácticamente se considera para uso infantil), el bajo peso que soporta (uno 80 kg) y la poca duración de su batería.

El último modelo que se va a destacar es el *Segway Personal Transporter*, que se lanzó al mercado en 2001. Es un vehículo de transporte ligero giroscópico y eléctrico de dos ruedas, con un sistema de autobalanceo controlado por ordenador.

Cuando se lanzó al mercado su demanda fue muy baja, aunque eso ha podido ser debido a su alto coste (el diseño más barato vale 3000 €) pero cada vez es más usado en muchos países, sobre todo se ha ido convirtiendo en un vehículo muy usado por los cuerpos de seguridad en aeropuertos o ferias.

El modelo puede verse en Ilustración 2, que se muestra a continuación.



Ilustración 2 “Segway Personal Transporter”

2.2 Resultados obtenidos en la encuesta

En esta fase del proyecto, se ha procedido a realizar una encuesta a los miembros de la Universidad de Almería para obtener una idea de la opinión de éstos sobre la construcción del patinete y sobre el uso que harían de este medio de transporte. La información detallada de la encuesta se puede ver en el Anexo 2: Resultados obtenidos en la encuesta.

Esto, además, ha permitido establecer los requisitos a evaluar a la hora de la selección de alternativas de diseño. Posibilitando, que el diseño del patinete se ajustara a las necesidades del personal universitario.

La encuesta ha constado de 11 preguntas breves, claras, directas y formuladas desde un punto de vista objetivo, para evitar así influir en las respuestas de los consultados y ha sido realizada a un total de 102 personas, 42 pertenecientes a personal administrativo y 60 pertenecientes al profesorado. Estas respuestas se han analizado mediante el programa informático *Microsoft Excel*.

La primera pregunta que se ha querido analizar, es si los encuestados ven bien el uso del patinete como medio de transporte en el campus de la Universidad de Almería. Estos resultados, como se ha dicho, han sido muy positivos ya que solo un 5% desaprobaba la utilización de este medio de transporte, mientras el 95% restante estaría a favor de su uso.

Acto seguido, se ha evaluado que uso darían los encuestados al patinete, mostrando cuatro posibles respuestas: lo utilizaría habitualmente, lo utilizaría eventualmente, sólo lo utilizaría si llevase motor y no lo utilizaría. Teniendo en cuenta la respuesta de todos los encuestados se puede concluir que la mayoría de los encuestados (un 84%) usarían este medio de transporte para desplazarse dentro del campus universitario, argumentando que eso les permitiría ahorrar mucho tiempo en desplazamientos.

Después, se ha querido estudiar la frecuencia de uso del patinete según la edad, el sexo o el cargo ejercido en la universidad. En cuanto a la edad de los encuestados, se ha podido observar como la frecuencia de uso del patinete es inversamente proporcional a la edad de los encuestados. Así, el grupo de encuestados con más edad han sido las personas más reacias al uso del patinete (un 40% de estos no lo usaría), en cambio, el grupo de encuestados más jóvenes han aceptado este medio de transporte y han asegurado que lo usarían en sus desplazamientos (sólo un 5% de éstos mostraban su rechazo al uso del patinete).

También se ha podido observar como los hombres estarían más dispuestos a usar el patinete dentro del campus: un 91% de ellos lo usaría frente al 77% de ellas. Pero el porcentaje tan alto de mujeres que no usarían el patinete puede explicarse ya que la mayoría de las encuestadas pertenecen al personal administrativo y no necesitan un medio de transporte dentro de la universidad para desplazarse.

Al observar la frecuencia de uso del patinete según sean los encuestados miembros del PAS o del PDI se ha podido comprobar cómo los resultados de estos dos grupos eran muy distintos. En los resultados obtenidos por el personal administrativo (PAS), se puede observar una menor intención de uso del patinete (un 29% no lo usaría), en cambio, los resultados obtenidos por el personal docente-investigador (PDI) muestran un porcentaje muy alto de personas que sí usarían este medio de transporte (un 93%).

Se puede concluir, entonces, que los miembros del PAS no tienen una aceptación tan grande, como los miembros del PDI, a la idea de implantar un sistema de patinetes en el campus de la Universidad de Almería y que no usarían los patinetes tanto como el personal docente-investigador, pero este dato tiene una clara explicación y es que los miembros del personal administrativo no se suelen desplazar por el campus.

Los porcentajes anteriormente expuestos pueden verse en la Figura 1 y en la Figura 2.

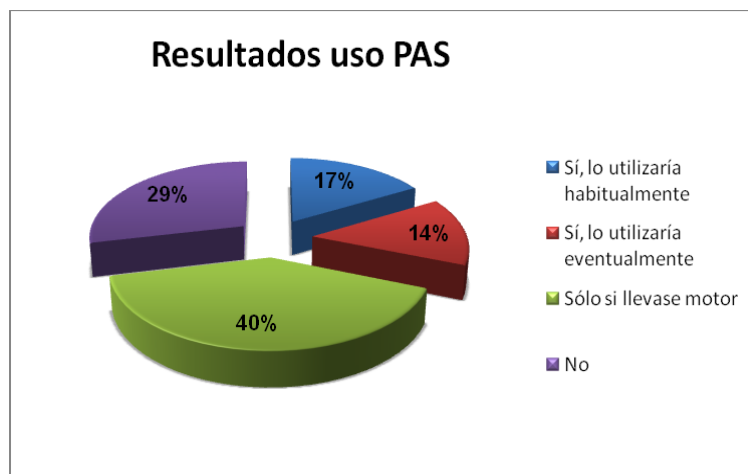


Figura 1: "Resultado frecuencia de uso PAS"

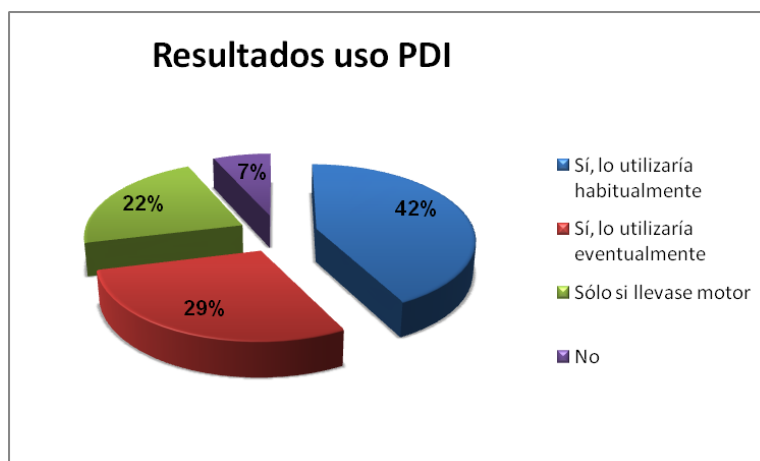


Figura 2: "Resultado frecuencia de uso PDI"

Acto seguido, se ha querido hacer una estimación del tiempo, que pierden los futuros usuarios, en desplazarse diariamente dentro de la universidad. Las posibles respuestas de los encuestados, referentes a los tiempos medios de todos los desplazamientos diarios, se han dividido en cuatro grupos: tiempo medio superior a 15 minutos, tiempo

medio entre 5 y 15 minutos, tiempo medio entre 0 y 5 minutos y ningún desplazamiento realizado.

Cabe destacar que los resultados han sido muy equitativos: un 20% de los encuestados no se desplazan, un 20% lo hace en un tiempo medio de 5 a 15 minutos y otro 20% lo hace en un tiempo medio mayor de 15 minutos. El porcentaje mayoritario, el 40% restante, lo ocupan las personas que pierden menos de 5 minutos en sus desplazamientos diarios.

Pero el dato más positivo que se ha obtenido gracias a estos datos es el que muestra que un 4 % del porcentaje total de los miembros que han participado en la encuesta asegura que, aún sin necesidad de hacer desplazamientos diarios están interesados en la utilización del patinete.

Los resultados acerca del tiempo medio que los encuestados tardan en desplazarse diariamente se pueden observar en la Figura 3.



Figura 3: “Resultados tiempo medio en desplazarse”

Acerca de si los usuarios prefieren patinetes personales o compartidos, la opinión de los encuestados ha llevado a resultados muy igualados: un 59 % de los encuestados ha preferido la idea de establecer un sistema de patinetes compartidos frente a un 41 % de los encuestados que ha preferido que los patinetes sean personales. Como los datos no han sido muy concluyentes, al final se ha tomado la decisión de que éstos sean personales, para minimizar en gastos, ya que se debería de diseñar también un sistema para dejar/recoger los patinetes compartidos.

En cuanto al diseño del patinete, se ha planteado a los futuros usuarios del patinete si era importante que éste tuviera un diseño moderno, original e innovador. Estos resultados también han llevado a resultados muy equitativos: un 55% de los encuestados ha considerado que mostrar un diseño moderno era importante frente al 45 % de éstos que no cree que el diseño sea importante a la hora de construir el patinete, por lo que se le ha dado prioridad al bajo coste antes que al diseño moderno.

2.3 Requisitos iniciales

Tras la realización de la encuesta para conocer las necesidades del personal universitario y el estudio de mercado con la finalidad de conocer que se puede comprar actualmente, se establecieron una serie de requisitos que debería cumplir el diseño final, aunque estos requisitos aun no se podían evaluar en esta fase del diseño para las distintas alternativas, por lo que los criterios de evaluación fueron diferentes.

Estos requisitos establecidos fueron:

- Bajo coste del patinete
- Fabricación viable en centro de mecanizado UAL
- Peso reducido
- Plegable
- Cumplimiento normativa UNE
- Si es eléctrico, la carga de su batería deberá durar como mínimo entre 10 y 15 minutos.

2.4 Evaluación de alternativas

Después de hacer el estudio de mercado, se ha querido consultar, a través de una encuesta, a los miembros de la Universidad de Almería cuáles son sus necesidades para así establecer los requisitos que debía cumplir el patinete que se va a diseñar.

Llegados a este punto, se realizó una amplia lluvia de ideas, sin descartar ningún diseño inicialmente, y, a continuación, se seleccionaron las 5 ideas de diseño más destacadas, para valorarlas y poder seleccionar la idea de diseño final.

También cabe decir que en esta fase de selección solo se pretende saber cuál es la idea del diseño a desarrollar, pero, esta idea inicial sufrirá varios rediseños durante el desarrollo del proyecto.

Para la evaluación de alternativas se ha decidido utilizar el método Electre, ya que es el método multicriterio más conocido y a la vez más utilizado en la práctica desde finales de los 60. Este sistema permite comparar magnitudes expresadas en forma cardinal u ordinal y se desarrolla comparando alternativas a partir de unos criterios (cada uno con un peso diferente según la importancia del criterio) y del establecimiento de los índices de concordancia y discordancia como queda explicado en el anexo 3: evaluación de alternativas.

Volviendo a nuestro caso, se han establecido siete criterios cuya importancia se ha ponderado entre el 1 y el 5. Cabe decir que estos criterios son distintos a los requisitos

establecidos previamente ya que no todos los requisitos se pueden evaluar en esta fase de diseño.

- **Criterio A: “plegabilidad”.** (su peso es 2).
- **Criterio B: “sencillez constructiva”.** (su peso es de 5).
- **Criterio C: “diseño innovador”.** (su peso es de 2).
- **Criterio D: “posibilidad de acoplar motor”.** (su peso es 4)
- **Criterio E: “estabilidad”.** (su peso es 2)
- **Criterio F: “cómodo uso sin motor”.** (su peso es 3)
- **Criterio G: “conducción sencilla”.** (su peso es 3)

El coste del patinete no se incluye como uno de los criterios de evaluación, ya que, aunque el propósito de este proyecto es el diseño de un patinete de bajo coste, es difícil saber cuál de los 5 prototipos tendría un coste de fabricación menor. Por lo tanto, el coste se intentara rebajar al máximo una vez que se elija el diseño final.

Una vez puntuados y explicados los 7 criterios se muestran continuación las 5 alternativas (para diferenciar mejor las alternativas consultar imágenes Anexo 3: Evaluación de alternativas).

La primera alternativa destaca por su original sistema de plegado que permite ser guardado en una mochila fácilmente, pero, es una alternativa poco viable para su construcción.

La segunda alternativa se caracteriza por un diseño con dos ruedas en el tren delantero y una base que se va estrechando al llegar a la rueda trasera. Su sistema de plegado es clásico y la posibilidad de acoplar motor es muy viable.

La tercera alternativa, destaca por tener dos ruedas en la parte trasera y un hueco que permitiría un fácil acoplamiento del motor. El diseño es original, y si éste fuera fácil de construir podría ser bastante innovador. Por contra, habría que estudiar si sería necesario un diferencial después del motor (poco probable) y su diseño resulta muy incomodo en el caso de ser usado sin motor. En cuanto a la conducción, habría que estudiar la facilidad de giro dependiendo de la distancia entre las ruedas traseras.

La cuarta alternativa es una modificación del patinete clásico, que deja un espacio para las baterías debajo de la base. Es poco innovador y no muy estable inicialmente al tener dos ruedas, aunque es fácil de conducir y se considera sencilla de estudiar su fabricación en el centro de mecanizado, además de estar pensado para acoplar motor y poder usarse también sin este.

La última alternativa de todas, consta de un diseño muy innovador. Su funcionamiento se basa en un mecanismo formado por un pedal que hace que gire un engranaje que mediante una cadena conecta a la rueda trasera. Es similar al pedal de una bicicleta, sólo que al ser un único pedal, posee un muelle que provoca el retorno a la posición original. Es estable al tener tres ruedas, aunque, este diseño es difícil de construir con la maquinaria que se posee y no queda muy clara la comodidad en su uso, además de la dificultad agregada que tiene acoplarle un motor.

Una vez explicadas todas las alternativas que se han destacado, se ha procedido al estudio de éstas, puntuando a cada alternativa según cada uno de los criterios y se ha obtenido la tabla que se muestra a continuación.

Alternativas	Criterios de evaluación						
	A	B	C	D	E	F	G
1	5	2	4	1	1	5	5
2	3	3	3	5	4	4	2
3	2	4	2	4	5	1	3
4	4	4	1	5	2	4	5
5	3	1	5	1	5	3	1
Peso criterios	2	5	2	4	2	3	3
Suma pesos	21						

A partir de esta tabla y mediante la aplicación del método Electre se obtiene el siguiente orden de preferencias:

$$4 > 2 > 3 > 1 > 5$$

Siendo la ganadora la alternativa 4, cuyo diseño se muestra en la Ilustración 3.

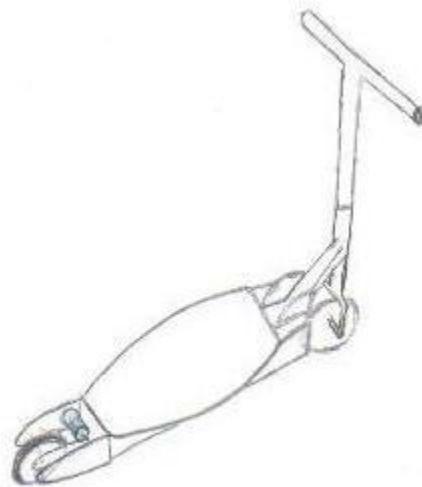


Ilustración 3: “alternativa número 4”



La alternativa ganadora es una modificación del patinete clásico, dejando un hueco debajo de la base que permite posicionar el sistema eléctrico. Tiene dos ruedas y sería muy fácil de usar tanto con motor como sin motor.

2.5 Geometría y diseño



Ilustración 4: "modelo final del patinete de bajo coste"

Una vez seleccionada la idea de diseño a desarrollar se han definido todos los detalles de esta alternativa, justificándose el diseño para cada una de las piezas del patinete. Esta fase de diseño es una de las más complejas ya que no hay información disponible acerca de la ingeniería del patinete, por lo que se ha tenido que recurrir a la ingeniería inversa, estudiando los parámetros de los patinetes comerciales y recurriendo en muchas ocasiones a la comparación con la ingeniería de la bicicleta. Para ver la justificación detallada del diseño de cada pieza ver Anexo 4: Geometría y diseño.

Entre las características principales del modelo final cabe destacar su tamaño ya que es algo superior a los patinetes comunes. Esta decisión se tomó debido a que en la mayoría de modelos comerciales el manillar quedaba muy bajo para un adulto y resultaba incómodo para su uso.

El diseño final está planteado para poder fabricarse tanto con motor como sin motor, la única diferencia sería la eliminación de toda la parte eléctrica del diseño. Además, una de las características diferenciadoras del patinete es el uso de dos perfiles normalizados en U debajo de la base para esconder todo el sistema eléctrico (motor, batería y controlador).

La altura del manillar es regulable, pudiéndose alternar entre cuatro posiciones diferentes. Además el modelo es plegable, por lo que se puede transportar fácilmente.

Otra de los requisitos que ha condicionado todo el diseño ha sido que el prototipo se debe de poder fabricar en la Universidad de Almería, por lo que no se ha podido crear ninguna forma muy compleja y se ha intentado evitar siempre que fuera posible la soldadura ya que no se puede soldar aluminio en el centro de mecanizado de la universidad. El modelo final solamente tiene dos piezas soldadas (la horquilla y el cuadro), y el resto de uniones se realizan mediante atornillado (en el Anexo 6 se puede ver el cálculo del número de tornillos necesarios).

En cuanto al modelo de ruedas seleccionadas son unas ruedas de goma sólida con 150 mm de diámetro. Este diámetro se ha seleccionado debido a que cuando se probó un patinete con ruedas pequeñas en el campus resultaron muy molestas las vibraciones y se notaban mucho las irregularidades y al probar uno con ruedas grandes se notó una gran mejora.

Respecto al ancho de la rueda, al ser de 40 mm aumenta la estabilidad y este es uno de los motivos por el que se han seleccionado estas ruedas, ya que como se comentó a la hora de realizar la evaluación de alternativas, al tener sólo dos ruedas el patinete sería necesario aumentar posteriormente la estabilidad.

El freno instalado se acciona mediante el pie, y se ha obtenido a partir de los mismos perfiles en U usados en la base, mediante un plegado. El eje de giro del freno se ha conectado mediante dos piezas de agarre con la base.

Por otra parte, cabe destacar que se ha instalado una rueda libre (piñón libre) en el eje trasero que permite que la rueda pueda girar a mayor velocidad de la transmitida por el motor, por lo que no habría problemas a la hora de usar el patinete mediante autopropulsión cuando se gastase la batería.

2.6 Selección del material

Llegados a este punto del proyecto, se ha procedido a evaluar los materiales que se van a utilizar, observando las propiedades y comparando los materiales entre si, hasta ver qué materiales se ajustan más a las necesidades del proyecto.

Por eso, se han observado las siguientes características mecánicas de los materiales: el límite de rotura, el límite de fluencia, la densidad, el módulo de elasticidad, la elongación, el límite de fatiga, la resiliencia y la tenacidad.

Los materiales que finalmente van a ser seleccionados deben ser materiales con elevados límites de rotura y de fluencia, con baja densidad, con un módulo de elasticidad adecuado (si el módulo es demasiado bajo la rigidez será baja y si es demasiado alto puede ser muy frágil el patinete), con un límite de fatiga alto, con una resiliencia alta y con una alta tenacidad.

Por todo esto, en un primer momento se pensó en dos materiales el aluminio y el acero, el primero de ellos, sobretudo, por su bajo peso específico y el segundo, por la facilidad de ser mecanizado en la universidad.

En la Tabla 1 se pueden observar las características generales del acero y de las aleaciones de aluminio.

Características	Acero	Aleaciones aluminio
Peso específico (gr/cm³)	7,85	2,70
Punto de fusión (°C)	1535	658
Coefficiente de dilatación Térmica Lineal (10⁻⁶ °C⁻¹)	11	23
Resistencia a tracción (N/mm²)	370-620	250-300
Límite elástico 0,2 (N/mm²)	240-360	270
Módulo de elasticidad (N/mm²)	200.000	65.000
Posibilidad de soldar en el centro de mecanizado	Sí	No

Tabla 1: "características generales del acero y del aluminio"

En principio, se podría pensar que el acero es el material más adecuado ya que la menor resistencia del aluminio hace que la aplicación de esfuerzos sobre él sea más delicada que sobre el acero, en cuanto a la elasticidad (modulo elástico) al ser menor, el aluminio tiene menor tendencia a recuperar su forma original cuando desaparece la fuerza que ha causado su deformación. También hay que tener en cuenta que soldar aluminio es más complejo debido a su alto coeficiente de dilatación térmica y baja resistividad eléctrica (además de no poder soldar aluminio en el centro de mecanizado de la universidad), y la resistencia a tracción también es menor en aluminio.

Pero, una de las premisas que debía cumplir el patinete es que fuese ligero (unos 10 kg como máximo incluyendo motor, baterías etc), y un peso inferior al del aluminio solo se puede conseguir con carbono, con el inconveniente de ser mucho más caro. Ese peso no se podría conseguir con el acero debido a su peso específico tan elevado.

El aluminio, además, es un material ligero, resistente, económico, abundante, fácil de soldar (aunque debe ser tratado térmicamente), que presenta facilidad a la hora de darle forma a los tubos y que posee sin duda la mejor relación calidad-precio.

Además, la gran mayoría de los patinetes comerciales están diseñados en aleaciones de aluminio, por lo que se sabe de antemano que el aluminio es un buen material para usar en el patinete.

Por todo esto, finalmente el material elegido para la fabricación del patinete ha sido el aluminio, pero ahora lo que se debe plantear cuál de las múltiples aleaciones de aluminio es la más adecuada para usar en el diseño.

Las aleaciones de aluminio presentan prácticamente la misma densidad pero, el resto de propiedades mecánicas varían considerablemente.

Las aleaciones de aluminio se clasifican según el aleante mayoritario. Según esto, se agrupan las aleaciones en 8 grupos o series, identificadas por cuatro cifras, desde la 1xxx hasta la 8xxx (o, como se dice normalmente, de la "mil" a la "ocho mil"). Las aleaciones que más nos interesan son las series: 1xxx (con un 99% mínimo de aluminio), 2xxx (con el cobre como aleante principal), 6xxx (con magnesio y silicio como aleantes principales) y 7xxx (con zinc como aleante principal).

Las aleaciones más usadas en aplicaciones como patinetes o bicicletas son las 6061, 6063, 7003, 7005, 7020 y 7075. Las de las series 6000 y 7000 son bonificables, mejoran sus propiedades al ser tratadas térmicamente.

De estas, se han destacado las aleaciones 6063-T6, 6061-T6, 7005-T6, 7050-T7651 y 7075-T6. En la Tabla 2 se comparan las propiedades principales de estas aleaciones y en la Tabla 3 se muestra la comparativa de las propiedades mecánicas en las mismas aleaciones.

Aleación	Densidad (g/cm ³)	Dureza Brinell	Límite de rotura (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	Elongación a la rotura (%)	Módulo de elasticidad (GPa)	Límite de fatiga (MPa)	Tenacidad (MPa·m ^{1/2})
6063-T6	2.7	73	241	214	12	68.9	68.9	
6061-T6	2.7	95	310	276	12	68.9	96.5	29
7005-T6	2.78	94	350	290	13	72	150	
7050-T7651	2.83	147	552	490	11	71.7		31
7075-T6	2.81	150	572	503	11	71.7	159	25

Tabla 2: “propiedades de las principales aleaciones de aluminio”

Aleación	Límite de fluencia/densidad	Fatiga/densidad	Elongación
6063-T6	♦	♦	♦♦
6061-T6	♦♦	♦♦	♦♦
7005-T6	♦♦	♦♦	♦♦
7050-T7651	♦♦♦	♦♦	♦♦
7075-T6	♦♦♦	♦♦	♦♦

Tabla 3: “comparativa de las características mecánicas de las principales aleaciones de aluminio”

Como se puede observar las aleaciones de la serie 7000 ofrecen varias ventajas frente a las de la serie 6000. Por tanto, como en el presente proyecto se ha intentado evitar la soldadura y solamente hay dos piezas soldadas, se va a usar como material (siempre que se pueda encontrar disponible en las formas necesarias) la aleación de aluminio 7075-T6, a excepción de las dos piezas que van soldadas (cuadro y horquilla) en las que se usará la aleación 6061-T6.

Una vez seleccionadas las dos aleaciones más idóneas para el patinete, se ha observado como en muchas piezas estas aleaciones no estaban disponibles y, por eso, se han tenido que modificar las aleaciones usadas en algunas piezas usando aleaciones no normalizadas cuyas características quedan especificadas por el fabricante.

Seguidamente, se van a exponer las aleaciones finalmente usadas en cada pieza.

En el caso de los perfiles en U, se han seleccionado perfiles de 70x25 con un espesor de 3 mm, proporcionados por la empresa “Lumetal”, en la aleación 6060-T6.

En la chapa de la base y la chapa usada en pieza de plegado, sí ha sido posible usar la aleación 7075-T6, proporcionada por “Alustock”.

En el caso de la aleación que va a ser utilizada para la chapa usada en parte inferior de la horquilla va a ser la 6061-T6, ya que esta pieza va soldada y, por lo tanto, no es posible usar la misma aleación que en la base y en la pieza de plegado. En concreto se usará la SIMAGALTOK 6061-T6.

En el tubo cuadrado usado en el cuadro se va a usar la aleación SIMAGALTOK 6060-T5.

En los tubos redondos extruidos se van a usar las mismas aleaciones que en los tubos cuadrados, por lo que también se usará la aleación SIMAGALTOK 6060-T5, a excepción del tubo exterior de la dirección que lo proporciona la empresa Lumetal en la aleación 7020-T6.

En el caso de la potencia, se va a seleccionar la aleación 6061-T6.

En el caso de los rodamientos de la dirección no se ha utilizado aluminio sino acero ya que su precio es menos de la mitad que los de aluminio y es una pieza muy pequeña, cuya influencia en el peso, será mínima. En concreto los rodamientos son de acero aleado.

Y, por último, los tornillos seleccionados para los ejes van a ser de acero al carbono fundido.

2.7 Selección del motor

A continuación, se calculo la potencia mínima necesaria que debe tener el motor para que el patinete cumpla una serie de requisitos, además de estudiar las tecnologías de los motores actuales para decidir un modelo final.

Para el cálculo de la potencia se establecen una serie de requisitos previos:

La velocidad será el primer requisito a considerar, ya que como se ha dicho anteriormente, el objetivo principal del patinete es aumentar la velocidad en los desplazamientos de personal universitario. Por tanto, se debe comparar la velocidad que se desea alcanzar con el patinete con la de una persona caminando. A paso ligero, una persona camina a una velocidad de entre 4 y 6 km/h, por tanto, circular a una velocidad de entre 15 y 20 km/h aumentaría mucho la rapidez de los desplazamientos y sería una velocidad adecuada para circular dentro de la Universidad.

El segundo requisito a tener en cuenta son las pendientes dentro del campus, que son mínimas y de corta distancia, por lo que no resultaría determinante en el tiempo de realización del trayecto una disminución de la velocidad debido a una pendiente. Además, la universidad está adaptada para minusválidos, por lo que se va a considerar como máxima pendiente la máxima legal de una rampa de minusválidos, que es del 12 %.

El peso es otro requisito, que será de 100kg máximo por parte del usuario, según exige la normativa UNE. Teniendo en cuenta que el peso máximo deseado del patinete es de 10 kg, tendríamos una masa total (entre el peso del usuario y el del patinete) de 110 kg, repartidas entre las dos ruedas.

Después de haber estudiado los requisitos que se deben cumplir y después de haber obtenido todos los datos necesarios, ya se puede proceder a calcular la potencia necesaria en el motor eléctrico. Se realiza el diagrama del cuerpo libre de la rueda trasera, como se muestra en la Ilustración 5.

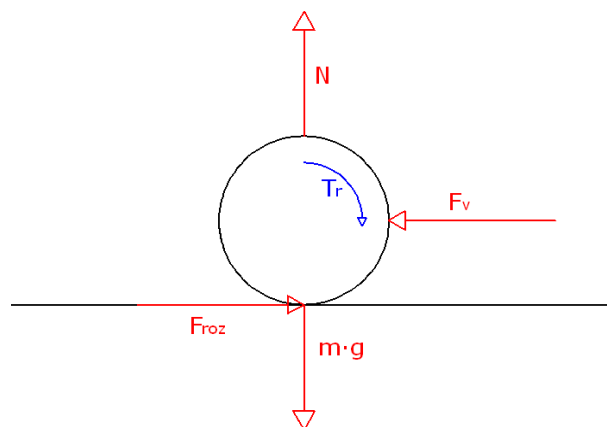


Ilustración 5: “diagrama del cuerpo libre de la rueda trasera”

Realizando los cálculos (para más detalle ver Anexo 7: selección del motor), se ha obtenido que la potencia mínima del motor es de 128.58 W.

Llegados a este punto y después de haber obtenido el valor de la potencia del motor en llano, se quiere comprobar, buscando la velocidad, si el patinete podría subir una rampa del 12% con un motor de la potencia calculada.

Primero, se realiza el diagrama del cuerpo libre al igual que en el apartado anterior, pero en la rampa del 12%. Volviendo a resolver el sistema, se ha obtenido que la velocidad a la que circularía el patinete con una potencia de 128.58 W, sería de 2.412 km/h.

Esa velocidad implica que el patinete subiría la rampa a una velocidad ligeramente inferior a la de una persona caminando a ritmo normal (unos 3-4 km/h), motivo por el cual se ha estudiado cómo se comportaría el patinete con una potencia superior. Observando la potencia de los patinetes eléctricos comerciales, podemos encontrar motores en un rango de entre 100 y 800 W.

Por eso, se ha comprobado a qué velocidad subiría el patinete por la rampa del 12 % con un motor de 200 W y se ha obtenido que esa velocidad sería de, 1.04 m/s, es decir, aproximadamente, de 3.74 km/h. De este modo, se consigue que el patinete suba la rampa aproximadamente a la velocidad de una persona caminando.

Pero, después de comprobar cuál sería la velocidad a la que circularía el patinete en llano con el motor de 200 W, el resultado es de 6.44 m/s, es decir, aproximadamente, 23.18 km/h, por lo que se considera una velocidad demasiado alta. Además, los motores con precios asequibles de 200 w son demasiado grandes (motores brushed), por lo que finalmente se selecciono un motor con una **potencia de 150 W**.

Una vez determinada la potencia a usar en el motor, se va a proceder a seleccionar el modelo concreto a usar en el proyecto. Dentro de los motores eléctricos usados en patinetes y bicicletas eléctricas se pueden distinguir dos tipos principales: los motores *brushless* y los motores *brushed*.

A continuación se muestra una tabla comparativa de los dos tipos de motores:

Tipo de motor	Ventajas	Inconvenientes
<p>Motor común (brushed)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Control mediante solo dos cables. -Se puede aumentar la vida útil cambiando las escobillas. -Bajo coste de construcción -Control mediante un circuito simple y económico. -No necesita un control para una velocidad constante. -Puede funcionar en un ambiente de condiciones extremas ya que no tiene electrónica asociada. 	<ul style="list-style-type: none"> -Requiere un mantenimiento periódico. -A altas velocidades la fricción de las escobillas aumenta y reduce el par motor útil. -Poco poder de disipación de calor. -Rotor con mucha inercia, lo cual limita los cambios de velocidad. -Menor rango de velocidad, limitado por las escobillas. -Las chispas que se generan en las escobillas generan mucho ruido electrónico y pueden causar interferencia electromagnética a otros circuitos electrónicos.
<p>Motor brushless</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Tamaño muy inferior. -Mayor eficiencia (menos pérdida por calor). -Mayor rendimiento (mayor duración de las baterías para la misma potencia). -Menor peso para la misma potencia. -Menor mantenimiento. -Relación velocidad/par motor es casi una constante. -Mayor potencia para el mismo tamaño. -Rango de velocidad elevado al no tener limitación mecánica. 	<ul style="list-style-type: none"> -Mayor coste de construcción. -El control es mediante un circuito caro y complejo. -Siempre hace falta un control electrónico para que funcione, que a veces duplica el coste.

Tabla 4: “comparativa motores brushed y brushless”

Inicialmente se pensó usar un motor sin escobillas (*brushless*), pero, a pesar de la multitud de ventajas que podría proporcionar su uso, se va a seleccionar un motor común (*brushed*) para el proyecto, debido a la complejidad en el desarrollo del control electrónico del motor brushless, que supondría un coste bastante superior y es algo fuera del alcance del presente proyecto.

Luego, el modelo finalmente seleccionado es un motor brushed DC de 150 W con unas dimensiones adecuadas para posicionarlo entre los perfiles en U. (Para más información ver Anexo7: Selección del motor).

2.8 Selección de la batería

Se ha realizado una comparativa de las actuales tecnologías en baterías para decidir qué modelo seleccionar. Para ver esta comparativa detallada así como una comparativa entre los distintos precios ver Anexo 8: Selección de la batería.

A continuación se muestra una tabla resumen de las principales ventajas e inconvenientes de los distintos tipos de baterías.

<i>Tipo de batería</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Inconvenientes</i>
Plomo	<ul style="list-style-type: none"> -Bajo coste. -No necesitan mantenimiento. -Gran capacidad. 	<ul style="list-style-type: none"> -Muy pesadas y voluminosas. -Contaminantes.
Níquel-Cadmio	<ul style="list-style-type: none"> -Capacidad de carga alta. 	<ul style="list-style-type: none"> -Muy contaminantes -Efecto memoria.
Níquel-Metalhidruro	<ul style="list-style-type: none"> -Menos contaminantes que las de Níquel-cadmio. -Capacidad de carga muy alta -Más pequeñas y livianas que Ni-Cd 	<ul style="list-style-type: none"> -Alta tasa de descarga. -Efecto memoria (bajo). -Requieren carga y descarga completas.
Ion-Litio	<ul style="list-style-type: none"> -No tienen efecto memoria. -Fácilmente recargables. -Ligeras y poco voluminosas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Son caras. -Muy sensibles a las temperaturas. -Algunas pueden llegar a explotar.
Polímero de Litio	<ul style="list-style-type: none"> -No tienen efecto memoria. -Fácilmente recargables. -Las más ligeras y menos voluminosas. -Más seguras y estables que las de Ion-Litio. -Admiten más ciclos de carga. 	<ul style="list-style-type: none"> -Son caras. -Muy sensibles a las temperaturas. -Voltajes poco flexibles. -Se degradan con el tiempo. -Tecnología aun en desarrollo. -Pueden llegar a explotar

Como se puede observar, todos los tipos de baterías tienen sus ventajas e inconvenientes, pero, debido a que una de las prioridades de este proyecto es que el patinete no sea muy pesado, ni su tecnología sea perjudicial para el medio ambiente, las baterías a usar serán de Litio.

Después de comparar los dos tipos de baterías de litio se han seleccionado las baterías de Ion-Litio, en concreto las LiFePO₄ debido a su menor precio y al menor riesgo de inflamación.

A continuación se han determinado las características de la batería como la tasa de descarga y la duración de la carga (ver Anexo 8 para más información). El modelo final seleccionado es de 5000 mAh, su precio es de 53.3 euros y se calcula que la duración de la batería es de unos 30 min (15 min si se estuviese pulsando en todo momento el acelerador). Además el tiempo de carga completa de las baterías es de 2 horas por lo que daría tiempo a cargarlas en la duración de una clase.

2.9 Cumplimiento de la normativa UNE

En el presente proyecto se ha evaluado el cumplimiento de la norma UNE-EN 14619 “Equipos de deportes sobre ruedas, patinetes, requisitos de seguridad y métodos de ensayo”, a pesar de no ser de obligado cumplimiento.

Resumiendo la normativa, podemos distinguir tres partes, la primera en la que establece una serie de requisitos de diseño, la segunda en la que se explican unos ensayos a superar por el patinete para cumplir la norma y la tercera que habla de la información que deberá suministrar el fabricante, por lo que el proyecto solo se ha centrado en las dos primeras.

Para cumplir los requisitos de diseño, se ha modificado la distancia entre las piezas móviles para que esta no sea superior a 18 mm. También, los mecanismos deslizantes del patinete se han asegurado por dos sistemas, el mecanismo botón-muelle y la abrazadera, para que si uno de los dos fallase el otro continuase garantizando el agarre. Además, se ha modificado la posición del orificio de la posición más alta del manillar para que se cumpla que la profundidad mínima de inserción es dos veces y media el diámetro de la columna, es decir, 71.5 mm. Esto queda indicado con una marca en esta posición de la columna (parte de arriba del manillar). Para finalizar el cumplimiento de los requisitos se ha instalado una pegatina antideslizante en la base.

Tras evaluar los requisitos se procedió a la simulación de los ensayos establecidos por la norma, a excepción, del último ensayo que no se consiguió simular debido a su complejidad. Para realizar los ensayos se simplificó el modelo, ya que hay piezas que no son necesarias y ralentizan mucho los tiempos de cálculo.

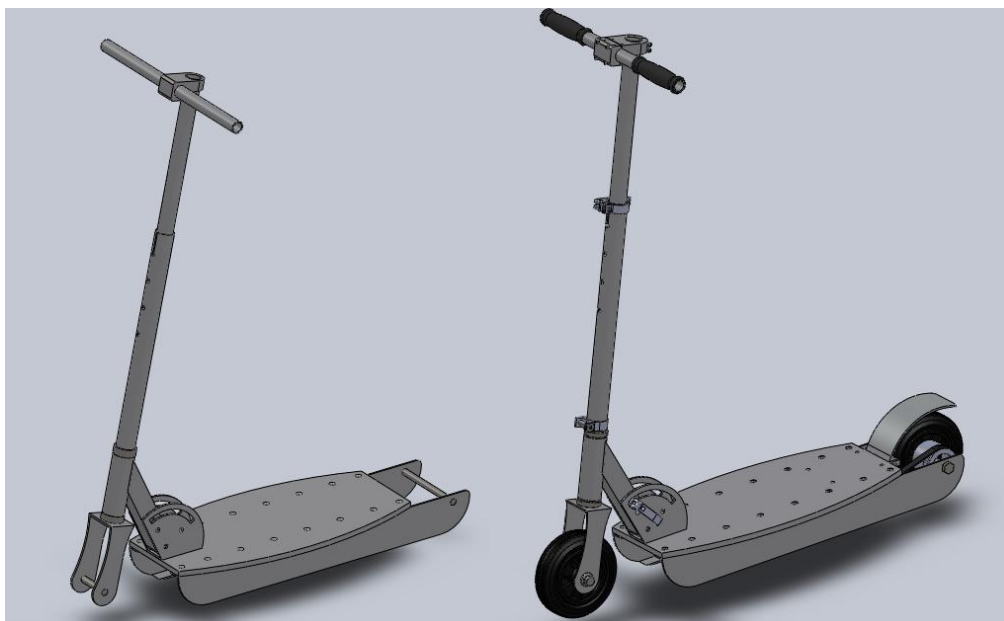


Ilustración 6: “comparación entre patinete usado en ensayos y diseño real”

A continuación se muestra una breve descripción de los ensayos así como de las modificaciones necesarias tras realizar cada ensayo, para conocer los detalles de todas las simulaciones ver Anexo 9: Cumplimiento de la normativa UNE.

Ensayo de carga estática sobre la plancha

Este ensayo consiste en la aplicación sobre el centro de la plancha de una carga de 200 kg con una superficie de 100 mm x 100 mm.

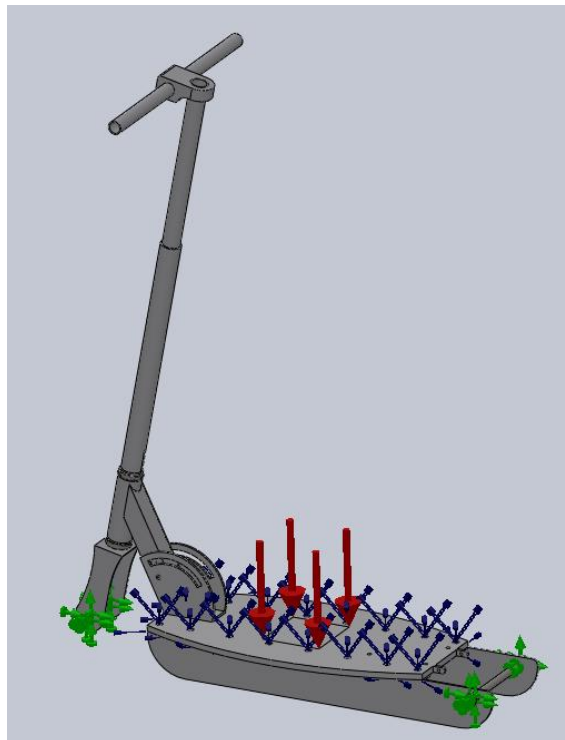


Ilustración 7: "cargas y sujeciones en ensayo de carga sobre la base"

Este ensayo fue superado sin ningún problema por el patinete, por lo que no fue necesaria ninguna modificación.

Ensayo de carga estática en la dirección A

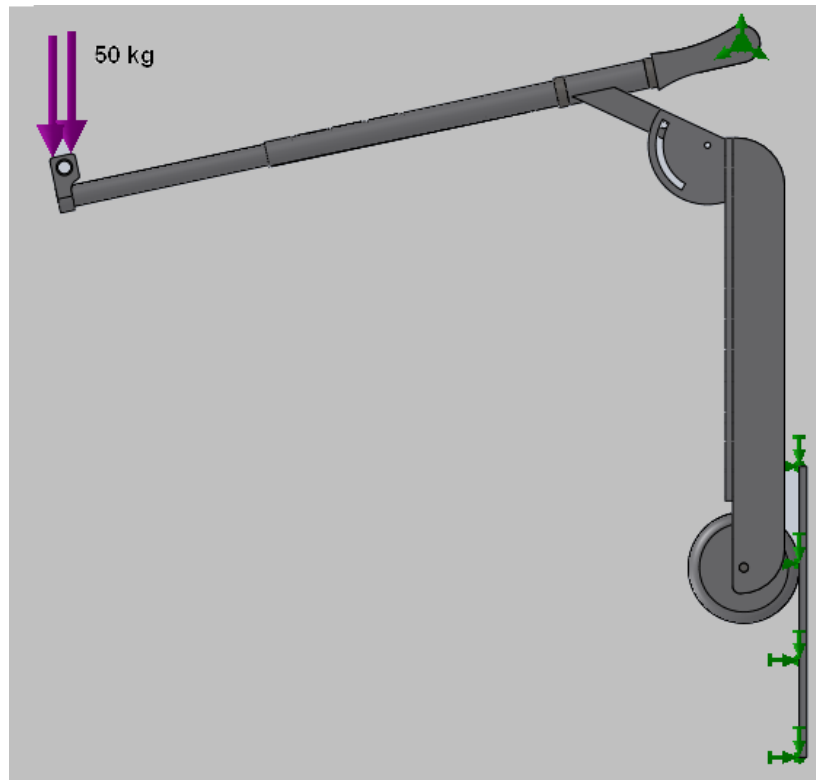


Ilustración 8: "representación del ensayo de carga estática en la dirección A del manillar"

Este ensayo consiste en fijar la rueda delantera estando el patinete vertical al suelo y colgar una masa de 50 kg del manillar durante 5 minutos, estando este abierto en su posición máxima. Para este ensayo se han tenido que añadir dos piezas: una rueda simplificada y una chapa para que haga de suelo. Esto se ha realizado tras intentar varias simplificaciones y observar que el único modelo cuyo comportamiento se ajustaba completamente a la realidad era este.

Para conseguir el cumplimiento de este ensayo se tuvo que aumentar el espesor de la chapa de la horquilla hasta 4 mm y también se aumentó el espesor del tubo rectangular del cuadro hasta 2 mm. Además fue necesario modificar el material del cabezal, ya que inicialmente se había seleccionado la aleación 6061 debido a su menor coste, pero, para evitar la rotura fue necesario usar la aleación 7072.

Ensayo de carga estática en la dirección B

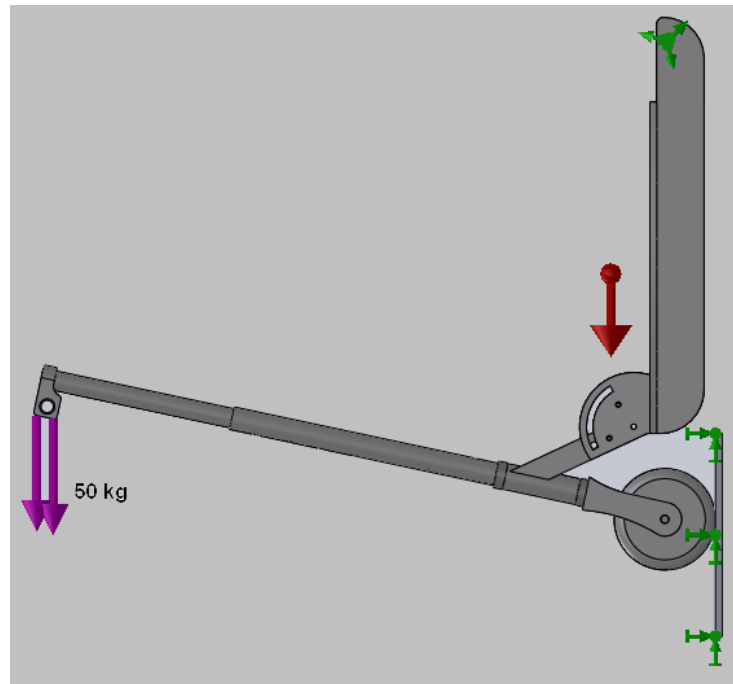


Ilustración 9: "representación del ensayo de carga estática en la dirección B del manillar"

Este ensayo es similar al anterior, con la única diferencia de que la carga se aplica en la dirección contraria y la rueda que se fija es la posterior. Tras las modificaciones realizadas en el anterior ensayo, no fue necesaria ninguna modificación para superar este.

Ensayo de impacto sobre la rueda delantera

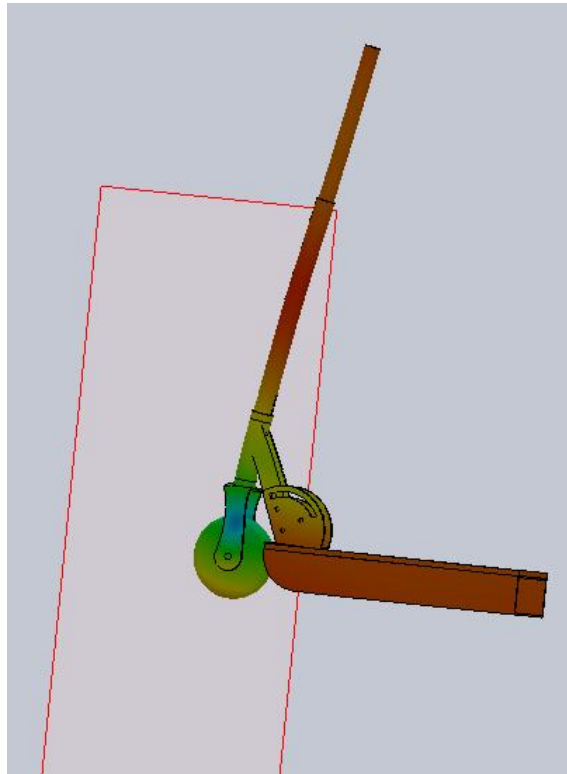


Ilustración 10: "ensayo de impacto sobre rueda delantera"

Este ensayo consiste en someter el patinete a impacto sobre la rueda delantera a una velocidad de 4.5 m/s. Para poder simular esto en Solidworks se ha usado el ensayo de caída, estableciendo la dirección del movimiento en la dirección de la base y la dirección de la gravedad en el plano perpendicular a esta.

Tras este ensayo no fue necesaria ninguna modificación, ya que aunque en algunos puntos se producían deformaciones permanentes, la norma no dice que no se puedan producir en este ensayo a excepción de en los ejes, y, además, la carga estaba mayorada debido al uso de una rueda rígida que no amortigua el impacto.

Ensayo de caída

Este ensayo está mal definido en la norma UNE ya que se dice que se deje caer una masa de 20 kg sobre la base del patinete, pero, no se indica la altura desde la que se debe dejar caer, algo clave en este ensayo. Por este motivo, este ensayo se ha sustituido por la simulación de una persona de 100 kg (peso máximo permitido por la norma UNE para los usuarios del patinete) cayendo desde 30 cm de altura, algo bastante apropiado ya que este patinete será usado como medio de transporte, no para el ocio.

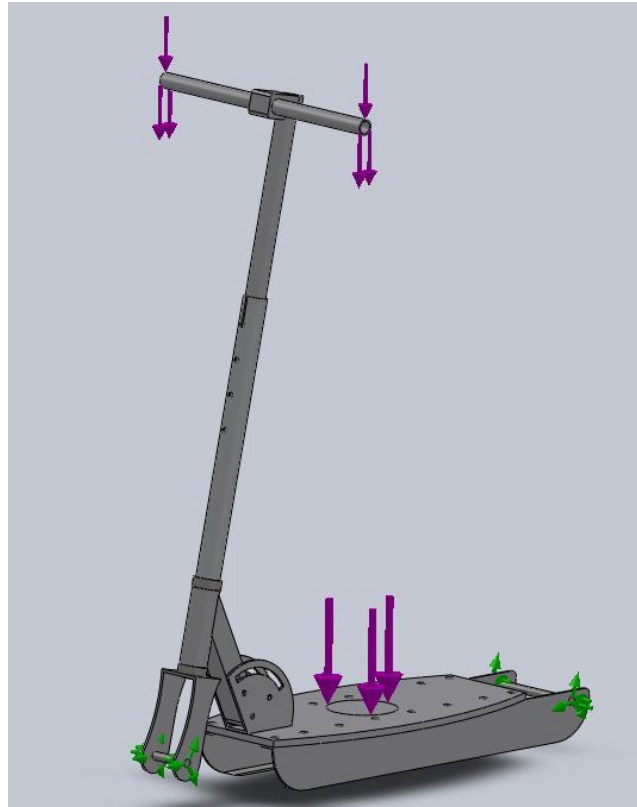


Ilustración 11: "Fuerzas y sujeciones en ensayo de caída"

Para la simulación de este ensayo se ha usado el estudio estático, calculando previamente de una manera aproximada la fuerza realizada por el usuario al caer desde una altura de 30 cm. Tras la realización de este ensayo no ha sido necesaria la modificación de la geometría del patinete.

Por tanto, queda comprobado que el diseño final del patinete cumple los requisitos establecidos por la norma y supera todos los ensayos.

3. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

La valoración del diseño final del patinete realizado es muy positiva. Recordando los requisitos iniciales se buscaba diseñar un patinete de bajo coste y sencilla fabricación como medio de transporte rápido y ecológico para desplazarse por el campus. Además, el proyecto tenía como objetivo obtener un patinete que mejorase las características de los patinetes que se pueden encontrar actualmente en el mercado.

Por tanto, se considera que los requisitos se han cumplido con creces. El coste del patinete es de 340.51€ en el caso del patinete eléctrico y de 148.82 € en el caso del patinete autopropulsado. Si comparamos el precio del modelo eléctrico con los modelos comerciales, cuyo coste es de entre 600 € y 1000€ se puede observar la gran mejora realizada.

Pasando ahora a hablar de la fabricación, se ha conseguido que el patinete se pueda fabricar en el centro de mecanizado de la universidad, por lo que este objetivo también queda cumplido. Otro de los objetivos marcados inicialmente fue reducir el peso del prototipo respecto al de los modelos comerciales, cuyo peso rondaba los 20 kg, objetivo que también se ha cumplido ya que el peso del patine es de 10.6 kg para el modelo eléctrico y 7.8 kg para el modelo autopropulsado.

Se ha diseñado un vehículo que permite a los profesores y personal universitario desplazarse por el campus de una manera rápida, y que permite que se eviten pérdidas de tiempo. En lo referente al modelo eléctrico, el patinete permite realizar desplazamientos muy rápidos gracias a una velocidad punta de unos 20 km/h, con una duración de la batería de unos 30 minutos, ajustada a los desplazamientos en una mañana. Además, el tiempo de recarga es de sólo dos horas por lo que la batería quedaría completamente cargada en la duración de una clase.

Por otra parte, el modelo se puede plegar de una manera rápida y sencilla permitiendo a los profesores y personal administrativo transportarlo dentro de los edificios con facilidad.

En lo referente a trabajos futuros, sería muy interesante fabricar un primer prototipo en el centro de mecanizado, para poder observar los puntos débiles del patinete que no se hayan detectado durante el diseño o estudiar posibles sistemas para llevar equipaje.

Además, de este proyecto podrían surgir otros nuevos que profundicen más en los temas a los que no se les ha dado tanta importancia. Por ejemplo, sería interesante sustituir el motor brushed por un motor brushless, diseñando todo el sistema electrónico que esto conlleva, ya que de esta manera se reduciría el tamaño del motor y el peso del prototipo, permitiendo aumentar la potencia del motor.

Se podría plantear el diseño de la batería a partir de celdas de Ion-litio y realizando un sistema de control electrónico del voltaje de éstas, lo que permitiría reducir el coste y adaptar aun más la batería a nuestra aplicación. También, para aumentar la duración de

la batería se podría usar un sistema de frenado regenerativo que permitiese cargar la batería cuando se está frenando.

Por otra parte, sería muy interesante realizar los ensayos de la norma UNE en la realidad, para así poder estudiar la validez de las simulaciones realizadas en Solidworks.

Resumiendo, se considera que se han cumplido ampliamente los objetivos por lo que sería muy interesante construir el prototipo debido a que su coste no es muy elevado. Además, este proyecto deja la puerta abierta a futuros proyectos final de carrera.



Ilustración 12:” render del patinete en el campus de la Universidad de Almería”

ANEXOS

ÍNDICE ANEXOS

<i>Anexo 1: Estudio de mercado.....</i>	<i>página 46</i>
<i>Anexo 2: Resultados obtenidos en la encuesta.....</i>	<i>página 59</i>
<i>Anexo 3: Evaluación de alternativas.....</i>	<i>página 72</i>
<i>Anexo 4: Geometría y diseño.....</i>	<i>página 83</i>
<i>Anexo 5: Selección de los materiales.....</i>	<i>página 118</i>
<i>Anexo 6: Cálculo del número mínimo de tornillos.....</i>	<i>página 130</i>
<i>Anexo 7: Selección del motor.....</i>	<i>página 135</i>
<i>Anexo 8: Selección de la batería.....</i>	<i>página 151</i>
<i>Anexo 9: Cumplimiento normativa UNE.....</i>	<i>página 162</i>
<i>Anexo 10: Presupuesto del patinete eléctrico.....</i>	<i>página 199</i>
<i>Anexo 11: Presupuesto del patinete autopropulsado.....</i>	<i>página 210</i>
<i>Anexo 12: Cálculo del peso del patinete.....</i>	<i>página 219</i>



ANEXO 1: ESTUDIO DE MERCADO

Índice

1.	Introducción.....	página 48
2.	<i>Micro</i> © Scooter	página 48
3.	Patinete <i>Xootr</i>	página 49
4.	Micro Luggage	página 50
5.	Kickboard	página 50
6.	Carver Fuzion Asphalt.....	página 51
7.	Powerwing Razor®	página 51
8.	Razor® Siege.....	página 52
9.	Neo Trote.....	página 52
10.	Kickbike	página 53
11.	Patinetes eléctricos clásicos.....	página 54
	Razor® E200	página 54
12.	GoPed ESR 750 electric scooter.....	página 54
13.	Motorboard 200x	página 55
14.	Patinete eléctrico Raycool 120 W	página 56
15.	Segway	página 57
16.	Cool rider.....	página 58

1. Introducción

Para la realización del presente proyecto se han seguido las fases del diseño industrial, por lo que lo primero que se ha realizado ha sido el estudio de mercado. De esta manera se puede saber qué es lo que ofrece actualmente el campo comercial de los patinetes. Los modelos que se presentan a continuación son los que más han destacado, aunque, la búsqueda de información no se limitó sólo a los modelos que se presentan a continuación, ya que durante la duración de todo el proyecto se siguieron viendo nuevos modelos (algunos aun no existían cuando se inició el proyecto).

2. Micro© Scooter



Ilustración 1: "micro scooter clásico"

La historia de éxito de la empresa Micro Mobility Systems AG empezó por conveniencia. Al inventor del micro© scooter, Wim Ouboter, le pareció muy lejos el camino a su bar favorito para caminar. Sin embargo no estaba lo bastante lejos para sacar la bicicleta o el coche del garaje. Por este motivo desarrolló un medio de transporte que le facilitó el camino pero que no implicaba mayores complicaciones. Buscaba algo ligero y fácil de montar. Además debería de doblarse para guardarlo fácilmente. Se vendieron millones de este micro© scooter a nivel mundial y hasta el día de hoy es un "bestseller"

En Japón triunfó este patinete, y en el año 2000 la empresa norteamericana Razor© cruzaba el Pacífico para llevarse a Estados Unidos, y, de ahí, al resto del mundo. Aunque este patinete había sido diseñado para adultos, rápidamente triunfó entre los más jóvenes.

Actualmente su precio ronda los 50€ aunque varía mucho dependiendo de la marca y de la calidad de los materiales.

3. Patinete Xootr



Ilustración 2: "patinete Xootr"

Es básicamente una mejora del patinete clásico de aluminio. Está diseñado para adultos, con el objetivo de usarlo como medio de transporte, esto se observa en un mayor tamaño de las ruedas y del patinete en general (dimensiones plegado de 790x240x320 mm). Cabe destacar, aparte del tamaño de sus ruedas, que su base está más baja de lo normal, además posee freno en ambas ruedas, delantera y trasera. Su precio es de 200 €.

En la Ilustración 3 se observa la diferencia de tamaño entre un patinete clásico y el modelo Xootr.



Ilustración 3: "comparación entre el tamaño del patinete Xootr y uno clásico"

4. Micro Luggage



La construcción de este patinete se debe tanto a Samsonite como a Micro Mobility. Es una maleta que incorpora un patinete, especialmente pensada para los aeropuertos. Está homologada como equipaje de mano y cuenta con varios departamentos(bolsillos).

Su peso es de 5 kg, tiene una capacidad de maleta 26 l y soporta hasta 100 Kg. Tiene plataforma anti-deslizante, freno trasero y las ruedas son de 120 mm. Su precio es de 270 €.

5. Kickboard



Ilustración 4: "patinete micro-kickboard"

Se caracterizan por su novedoso sistema de dos ruedas delanteras, que giran con el mecanismo de "inclinarse y girar" y aseguran un manejo muy estable. Los más baratos cuestan aproximadamente 100 € en las versiones de adulto aunque algunos superan los 200 € como el kickboard monster (modelo de la izquierda).

6. Carver Fuzion Asphalt



Ilustración 5: "patinete Fuzion"

Está diseñado para el freestyle y los desplazamientos en la ciudad. Las ruedas delanteras giran a 360° para realizar trucos con el manillar. Como novedad tenemos que el eje del manillar y las ruedas pueden girar desplazándose de la posición ortogonal.

7. Powerwing Razor®



Ilustración 6: "powerwing Razor"

Su principal característica es que las dos ruedas de atrás son ruedas locas, por lo que permiten gran variedad de movimientos. Se considera más un modelo de ocio por este motivo. Su precio ronda los 100 €.

8. Razor® Siege



Ilustración 7: "Razor Siege"

Parecido al Powerwing Razor®, con la diferencia de que atrás sólo hay una rueda loca. No posee frenos, y al usarlo nos permite avanzar girando la parte de atrás debido a la rueda loca. Su precio se encuentra alrededor de los 80 €.

9. Neo Trote



Ilustración 8: "patinete Neo trote"

Posee 2 planchas articuladas para los pies que permiten sensaciones de deslizo extremo y un total control del espacio. Para ir de frente, es posible empujar el suelo con el pié, pero también abriendo y cerrando las piernas o mediante slalom lateral. La idea es buena, pero habría que perfeccionar este diseño para que fuese más efectivo. Su precio es de alrededor de 70€.

10. Kickbike



Ilustración 9: "kickbike"

En Finlandia, Hannu Vierrikko, diseñaba en el año 1994 su versión del patinete. Con una rueda delantera y un manillar similares a los de una bici, nacía la Kickbike. Bastante más manejable que las demás versiones, se trataba de un concepto más próximo a la mountain bike que al propio patinete. En seguida tuvo una buena aceptación en su país y se popularizó como medio de transporte y de ejercicio. Pesan alrededor de 10 kilos, no tienen cadenas, llevan frenos V-Brake (como los de las bicicletas) en ambas ruedas y permiten desplazarse alrededor de 3 veces más rápido que caminando. Su gran desventaja es su gran tamaño y que no es plegable.

Su precio va desde 100€ hasta 500€ en los modelos de mayor calidad.

11. Patinetes eléctricos clásicos

Razor® E200



Ilustración 10: "Razor E200"

Podemos encontrar muchos modelos de patinetes eléctricos, pero el problema principal es que casi todos están diseñados para niños. Este modelo soporta unos 70 kg de peso aunque su peso de 20 kg supone una desventaja. No es plegable, siendo esta una de las desventajas observadas en casi la totalidad de patinetes eléctricos, y las baterías usadas son de plomo.

Su precio ronda los 200 € por lo que resulta ser la una de las opciones más baratas en lo que a patinetes eléctricos se refiere.

12. GoPed ESR 750 electric scooter



Ilustración 11: "patinete eléctrico GoPed"

Este es uno de los patinetes eléctricos más avanzados del mercado. Es de acero, con llantas de magnesio, frenos de disco y su precio es de 1100 €. Los controles son fáciles de alcanzar estando sobre el manillar. El acelerador cuenta con una batería que indica mediante tres colores el nivel de batería. Además, tiene un botón que permite al piloto decidir si ir a la máxima velocidad o alargar la duración de la batería. El controlador es totalmente programable, la batería es de litio, las ruedas neumáticas y el motor es con escobillas (motores comunes). Además incluye un asiento opcional como se puede observar en la imagen de arriba.

13. Motorboard 200x



Ilustración 12: "patinete motorboard 200x"

Este patinete es la evolución del motorboard 2000x, puede alcanzar una velocidad máxima de 24 km/h y se han modificado algunos de los problemas más importantes de la anterior versión como el sistema de baterías que ahora es de litio. Con capacidad de plegarse fácilmente y con un peso de sólo 8.8 kg. Puede soportar un peso de hasta 113 kilogramos y su batería se carga en 120 minutos. Las ruedas usadas son rígidas y la base es de madera.

El gran problema, al igual que en la mayoría de patinetes eléctricos, su precio, que ronda los 800 euros.

14. Patinete eléctrico Raycool 120 W



Ilustración 13: "patinete eléctrico Raycool 120W"

Este es el patinete eléctrico ligero más económico que se puede encontrar en el mercado ya que su precio es de unos 170 €. Alcanza una velocidad máxima de 18 km/h, es plegable, está diseñado en aluminio y acero, usa un motor común de 120 W y posee ruedas elásticas para amortiguar las irregularidades del terreno.

En cuanto a las desventajas puede resultar incomodo si el usuario es alto ya que su tamaño es reducido (prácticamente se considera para uso infantil), no puede ser usado por un usuario de más de 80 kg y la duración de las baterías es reducida comparada con otros modelos ya que el fabricante establece unos 10 km, pero los comentarios de usuarios dicen que es bastante inferior.

15. Segway



Ilustración 14: "Segway"

El Segway Personal Transporter es un vehículo de transporte ligero giroscópico eléctrico de dos ruedas, con autobalanceo controlado por ordenador, inventado por Dean Kamen y presentado en diciembre de 2001.

Se considera que el alto precio del dispositivo (más de 3000€ el más barato) fue el principal factor responsable de la baja demanda, además de levantar expectativas prematuras, pero los más entusiastas al producto afirman que el público, en general, está asustado por la naturaleza revolucionaria del producto. Para eliminar los malentendidos que existen acerca del vehículo y eliminar la mala imagen que se le está asociando, Segway Inc. ya ha abierto concesionarios por todos los Estados Unidos en donde la gente puede acudir a examinar y probar los Segway PT. Aún así, todavía no existe ninguna indicación de que el mercado vaya a considerarlo como un vehículo práctico para usarlo diariamente en lugar de como un juguete caro. Desde el año 2004, Segway Inc. ha firmado contratos de distribución en varios países y, al parecer, no está recibiendo unas críticas que se puedan considerar malas, ya que países como Francia e Italia han hablado bien sobre él, y actualmente es un vehículo muy usado por la seguridad de aeropuertos, pequeños pueblos o en ferias.

16. Cool rider



Ilustración 15: "patinete Cool rider"

El vehículo cuenta con un potente sistema de tracción delantera que puede hacerte atravesar las calles a una velocidad de 12 kilómetros por hora durante 60 minutos de paseo, que es lo que dura su batería. Además, se puede desenganchar el trasportín para sólo utilizar la cabeza tractora con unos patines en línea o cualquier otro transporte autónomo. Su precio es de aproximadamente 1250 €, tres veces menos que el Segway.



ANEXO 2: RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ENCUESTA

Índice

1.Introducción.....	página 61
2. Análisis de los resultados.....	página 62
Aceptación del uso.....	página 62
Predisposición al uso	página 63
Tiempo empleado en los desplazamientos	página 67
Tipo de uso. Personal o compartido.	página 68
Diseño moderno.....	página 69
Equipaje necesario	página 69

1.Introducción

El principal objetivo de la realización de la encuesta es obtener una idea de la opinión del personal de la universidad sobre la construcción del patinete y sobre su uso. Esto, además, permite establecer los requisitos a evaluar a la hora de la selección de alternativas de diseño. Posibilitando, el diseño de un patinete que se ajuste a las necesidades del personal universitario.

La encuesta, que se observa al final de este documento, consta de 11 preguntas presentadas en un único folio y fue repartida tanto personalmente como mediante correo electrónico. Para la realización de ésta, se ha buscado información acerca de cómo se debe realizar una encuesta, qué tipo de preguntas se deben ofrecer y qué tipo y cuántos sujetos deben participar en la encuesta para que sus resultados sean claros para sacar conclusiones a la hora de pensar en el diseño del patinete. Después de obtener esa información se ha llegado a la conclusión de que la encuesta debe ser breve, debe usar un lenguaje sencillo y directo, debe mostrar un punto de vista neutral para evitar respuestas condicionadas y, se debe evitar que el encuestado escriba si no lo considera oportuno.

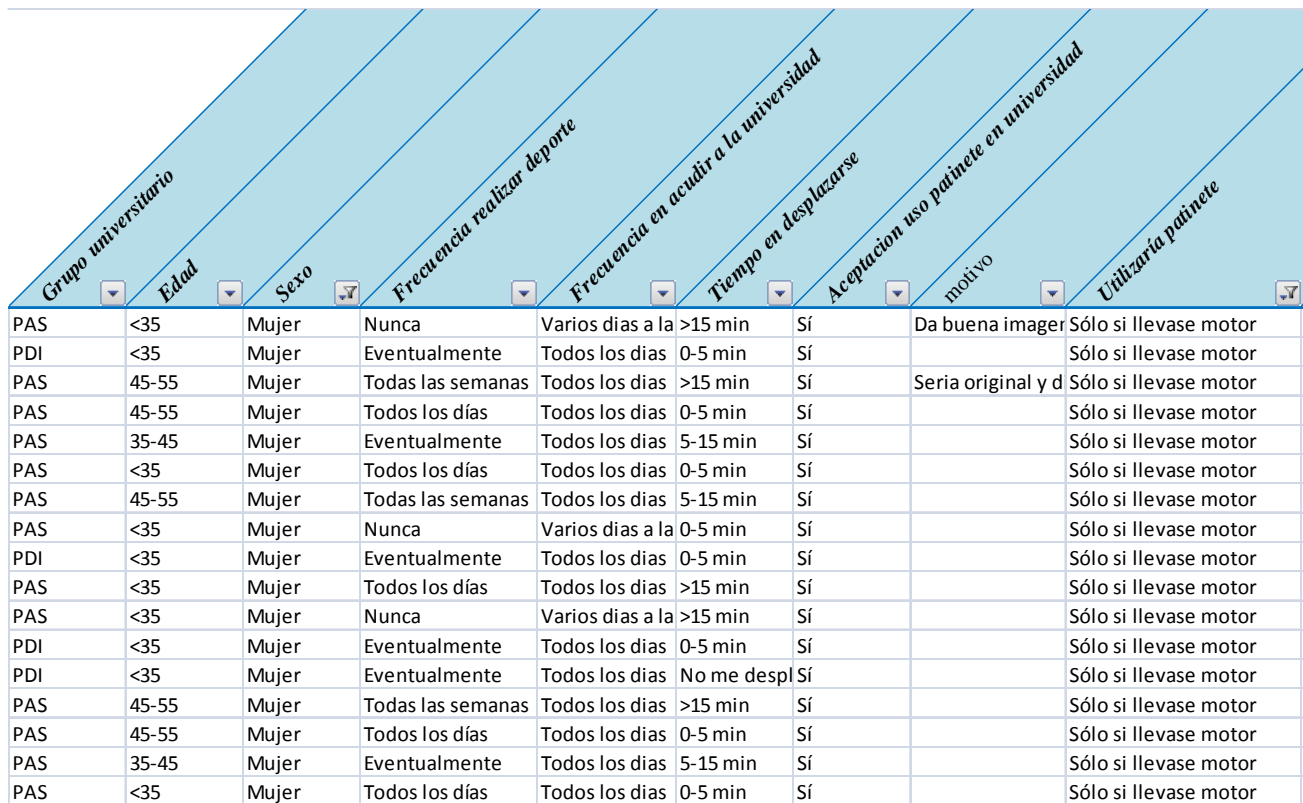
La encuesta ha sido realizada a un conjunto de 102 personas, 42 pertenecientes a personal administrativo y 60 pertenecientes al profesorado. Para su estudio, se ha usado el programa *Microsoft Excel* introduciendo todos los datos obtenidos como se muestra en la Figura 1.

Grupo universitario	Edad	Sexo	Frecuencia realizar deporte	Frecuencia en acudir a la universidad	Tiempo en desplazarse	Aceptacion uso patinete	motivo
PDI	35-45	Hombre	Nunca	Varios días a la	0-5 min	Sí	Util en recorrido
PDI	35-45	Hombre	Todas las semanas	Todos los días	>15 min	Sí	
PAS	45-55	Mujer	Eventualmente	Varios días a la	0-5 min	No	Yo no, pero quizá
PDI	<35	Hombre	Todas las semanas	Todos los días	5-15 min	Sí	
PDI	<35	Hombre	Todos los días	Varios días a la	0-5 min	Sí	
PDI	<35	Hombre	Todos los días	Varios días a la	0-5 min	Sí	
PAS	35-45	Mujer	Todas las semanas	Todos los días	0-5 min	Sí	Creo que es neces
PAS	<35	Mujer	Nunca	Varios días a la	>15 min	Sí	Da buena imager
PDI	<35	Hombre	Todos los días	Todos los días	0-5 min	Sí	
PAS	35-45	Mujer	Eventualmente	Varios días a la	5-15 min	Sí	
PDI	<35	Mujer	Eventualmente	Todos los días	0-5 min	Sí	
PDI	<35	Mujer	Eventualmente	Todos los días	No me despl	Sí	
PDI	35-45	Hombre	Todas las semanas	Todos los días	>15 min	Sí	ahorro de tiempo
PDI	<35	Hombre	Todas las semanas	Todos los días	5-15 min	Sí	
PAS	<35	Hombre	Todas las semanas	Todos los días	5-15 min	Sí	Dado que la univ

Figura 1: "Introducción de datos en Excel"

Gracias a *Microsoft Excel* se han podido ordenar todos los datos obtenidos en las encuestas; en cada columna se muestran las preguntas formuladas a los encuestados y en cada fila se pueden ver las respuestas de cada uno de ellos.

Para poder seleccionar solamente la información deseada, como por ejemplo, saber cuántas mujeres han contestado que sólo usarían el patinete si llevase motor, se ha aplicado un filtro por columnas que permite filtrar las encuestas según determinadas respuestas. Para aplicar este filtro en *Excel*, se selecciona “mujeres” en la columna “sexo”; y “sólo si llevase motor” en la columna “utilizaría patinete”, tal y como se observa en la Figura 2.



Grupo universitario	Edad	Sexo	Frecuencia realizar deporte	Frecuencia en acudir a la universidad	Tiempo en desplazarse	Aceptación uso patinete en universidad motivo	Utilizaría patinete	
PAS	<35	Mujer	Nunca	Varios días a la	>15 min	Sí	Da buena imagen	Sólo si llevase motor
PDI	<35	Mujer	Eventualmente	Todos los días	0-5 min	Sí		Sólo si llevase motor
PAS	45-55	Mujer	Todas las semanas	Todos los días	>15 min	Sí	Seria original y d	Sólo si llevase motor
PAS	45-55	Mujer	Todos los días	Todos los días	0-5 min	Sí		Sólo si llevase motor
PAS	35-45	Mujer	Eventualmente	Todos los días	5-15 min	Sí		Sólo si llevase motor
PAS	<35	Mujer	Todos los días	Todos los días	0-5 min	Sí		Sólo si llevase motor
PAS	45-55	Mujer	Todas las semanas	Todos los días	5-15 min	Sí		Sólo si llevase motor
PAS	<35	Mujer	Nunca	Varios días a la	0-5 min	Sí		Sólo si llevase motor
PDI	<35	Mujer	Eventualmente	Todos los días	0-5 min	Sí		Sólo si llevase motor
PAS	<35	Mujer	Todos los días	Todos los días	>15 min	Sí		Sólo si llevase motor
PAS	<35	Mujer	Nunca	Varios días a la	>15 min	Sí		Sólo si llevase motor
PDI	<35	Mujer	Eventualmente	Todos los días	0-5 min	Sí		Sólo si llevase motor
PDI	<35	Mujer	Eventualmente	Todos los días	No me despl	Sí		Sólo si llevase motor
PAS	45-55	Mujer	Todas las semanas	Todos los días	>15 min	Sí		Sólo si llevase motor
PAS	45-55	Mujer	Todos los días	Todos los días	0-5 min	Sí		Sólo si llevase motor
PAS	35-45	Mujer	Eventualmente	Todos los días	5-15 min	Sí		Sólo si llevase motor
PAS	<35	Mujer	Todos los días	Todos los días	0-5 min	Sí		Sólo si llevase motor

Figura 2:”Aplicación de filtro mediante Excel”

2. Análisis de los resultados

Aceptación del uso

Analizando los resultados, lo primero que se ha evaluado es si los encuestados ven bien el uso del patinete como medio de transporte en el campus de la Universidad de Almería. Estos resultados han sido muy satisfactorios, ya que como se observa en la Figura 3, un 95% estaría a favor de su uso y sólo un 5% desaprobaría la utilización de este medio de transporte.

Además, hay que destacar entre los comentarios que más se han repetido, que el uso de éste daría una imagen moderna de la universidad, que permitiría ahorrar tiempo en los desplazamientos (ya que las distancias en la Universidad son cada vez mayores), que se

podría aumentar la productividad en los profesores y que aportaría originalidad y diversión su uso. Otros, hablan de que no sólo sería útil su uso en el campus sino que también les gustaría usarlo en la ciudad de Almería.



Figura 3: "representación de los resultados de aceptación del patinete"

Entre los encuestados que manifestaron su rechazo al uso del patinete (un 5% del total) hay que decir que sólo hay un profesor entre ellos, los demás que estaban en contra pertenecían al personal administrativo. En cuanto a los comentarios, cabe destacar que algunos sólo aceptarían su uso si el patinete fuese usado por los usuarios varias veces al día.

Predisposición al uso

Acto seguido, se ha evaluado que uso darían los encuestados al patinete, mostrando cuatro posibles respuestas: lo utilizaría habitualmente, lo utilizaría eventualmente, sólo lo utilizaría si llevase motor y no lo utilizaría. Teniendo en cuenta la respuesta de todos los encuestados se han obtenido los resultados que se ven en la Figura 4.



Figura 4: "representación del porcentaje de encuestados que usarían patinete"

Aunque, a priori, pueda parecer que hay un sector muy grande que no usaría el patinete (un 16 %), hay que tener en cuenta que prácticamente todos los que han contestado que no lo usarían, lo han justificado diciendo que no se desplazan del edificio en el que trabajan. Por otra parte, otros consultados han mostrado su negativa al uso del patinete diciendo que no saben montar en patinete, que su ejercicio diario es solamente andar o que les daría vergüenza.

Entre los comentarios de los que usarían el patinete (un 84%), la mayoría comentan que necesitan un medio de transporte dentro del campus ya que las distancias son cada vez mayores, que les gustaría poder tardar menos en sus desplazamientos diarios, o simplemente, argumentan que les sería útil.

Después de haber sacado conclusiones acerca de si los encuestados aceptarían el uso de este medio de transporte dentro del campus universitario y en qué frecuencia utilizarían el patinete, se ha centrado el estudio en la edad de los encuestados, dividiéndolos en cuatro grupos: personas menores de 35 años, personas entre 35 y 45 años, personas entre 45 y 55 años y, personas mayores de 55 años.

Inicialmente, se ha observado la frecuencia del uso del patinete en los menores de 35 años y el dato más destacable de las respuestas es que solo el 5% de éstos no usarían el patinete, en cambio, al comparar este dato en las personas mayores de 55 años, vemos como este porcentaje asciende hasta el 40%, aunque este grupo finalmente no se ha considerado válido al ser la muestra demasiado pequeña (solo 5 personas del estudio son mayores de 55 años). Pero este fenómeno no ocurre sólo en los grupos de edades extremas, ya que también entre las personas de 35 y 45 años solo una minoría de ellos, un 5%, no usaría el patinete, mientras que el 45% de las personas entre 45 y 55 años no lo usaría.

Los resultados anteriormente citados se pueden observar en la Figura 5, además de los datos relativos a la frecuencia de uso de cada grupo de edades, teniendo en cuenta que los resultados del grupo de personas mayores de 55 años no se muestran al no ser válidos por las razones que se han expuesto anteriormente.

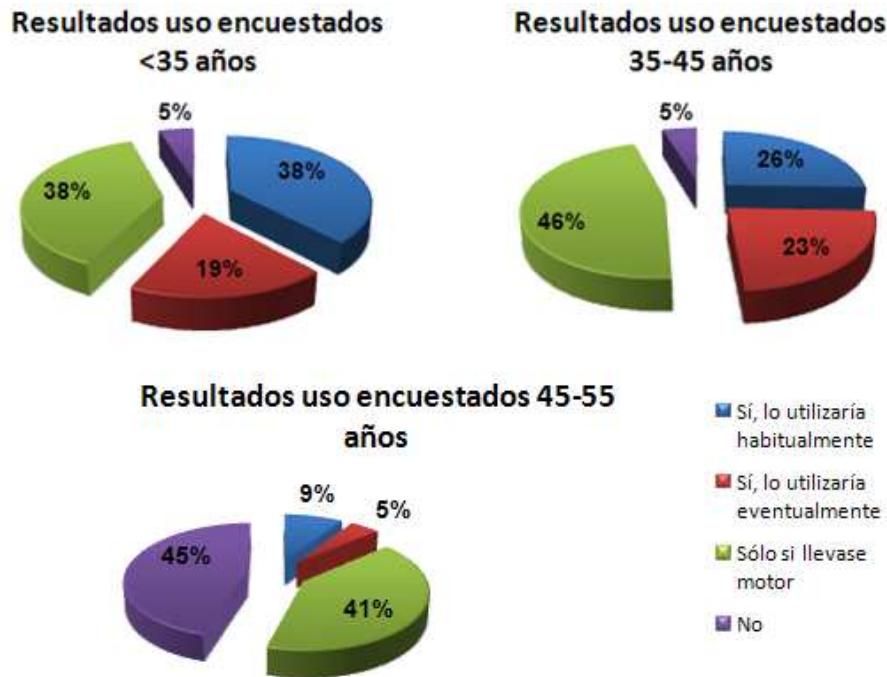


Figura 5: "Comparativa resultados de uso según la edad de los encuestados"

Después de haber centrado el estudio en la edad de los sujetos entrevistados, se ha procedido a evaluar los resultados según el cargo que ocupan en la universidad haciendo dos grupos: miembros del PAS y miembros del PDI y se ha observado que los resultados entre estos dos grupos son muy distintos.

En la Figura 6 se muestran los resultados obtenidos para el personal administrativo (PAS), donde se puede observar una menor intención de uso del patinete (un 29% no usaría el patinete), muy comprensible, debido a que la mayoría de los encuestados no se desplazan por el campus. Aunque, a pesar de lo comentado, un 71% usaría el patinete, dentro de los cuales un 17% lo utilizaría habitualmente y el 40% sólo lo usaría si llevase motor.

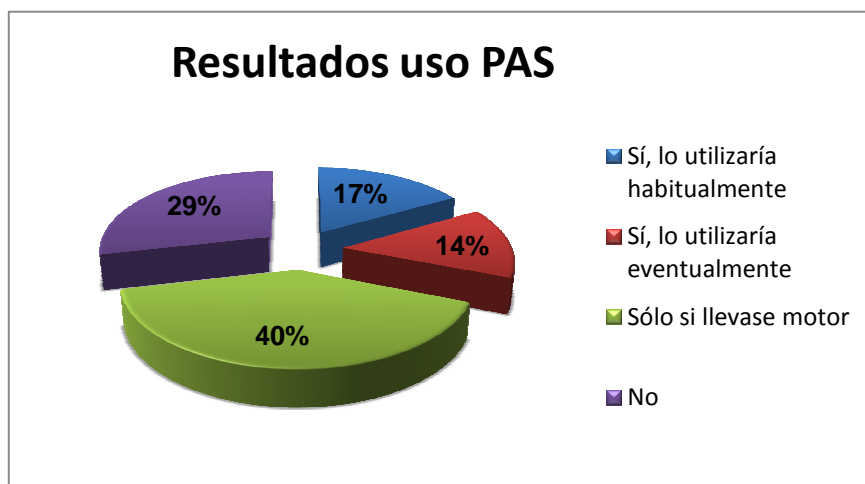


Figura 6: "representación del porcentaje de PAS que usarían el patinete"

Estudiándose ahora los resultados obtenidos en las encuestas realizadas por el personal docente-investigador (PDI) los resultados son muy diferentes. Se puede observar como en este grupo, el porcentaje de las personas que no usarían el patinete desciende al 7% (frente al 29% en los miembros del PAS), y el porcentaje de personas que lo usaría asciende hasta el 93% (frente al 71% en los miembros del personal administrativo). Es muy destacable, a la vez que positivo, que el 93% de los miembros docentes-investigadores de la Universidad de Almería aprueben el uso de este medio de transporte, sobre todo cuando se puede observar que casi la mitad de estos usarían el patinete de forma habitual. También es destacable que dentro de las personas del PDI que usarían el patinete, sólo el 22% lo usaría solo si llevase motor, frente al 40 % en los miembros del PAS. En la figura 7 pueden verse los resultados en los miembros del PDI.

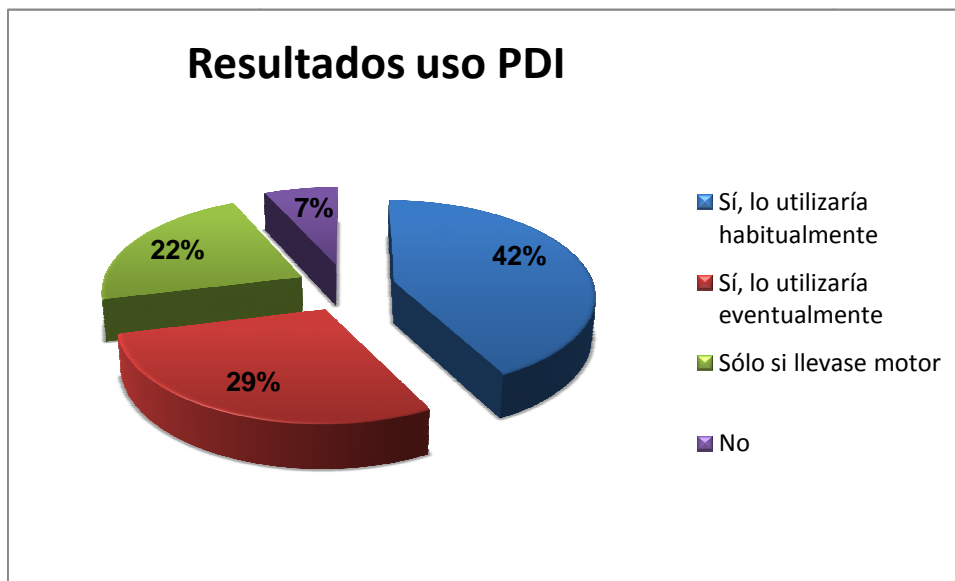


Figura 7: "representación del porcentaje de PDI que usaría el patinete"

Otra comparativa que se ha realizado es la diferencia de frecuencia de uso del patinete según el sexo de la persona encuestada. Al estudiar estos dos grupos se pueden obtener datos muy relevantes, como por ejemplo, que el porcentaje de las mujeres que aceptan la idea de diseñar un patinete con motor o de no usarlo es mayor que en los hombres (el 23% de las mujeres frente el 9% de los hombres no usarían el patinete y, el 36% de las encuestadas frente al 24% de los encuestados sólo usarían el patinete si llevase motor).

Pero el porcentaje tan alto de mujeres que no usarían el patinete puede explicarse; muchas de éstas pertenecen al personal administrativo y, como ya se ha dicho antes éstas no necesitan un medio de transporte dentro de la universidad para desplazarse. Estos datos pueden comprobarse, ya que si centramos el estudio en mujeres del PDI vemos que este fenómeno no se cumple, tal como se indica en la Figura 9. En las Figuras 8 y 9 pueden verse gráficamente los valores explicados anteriormente.

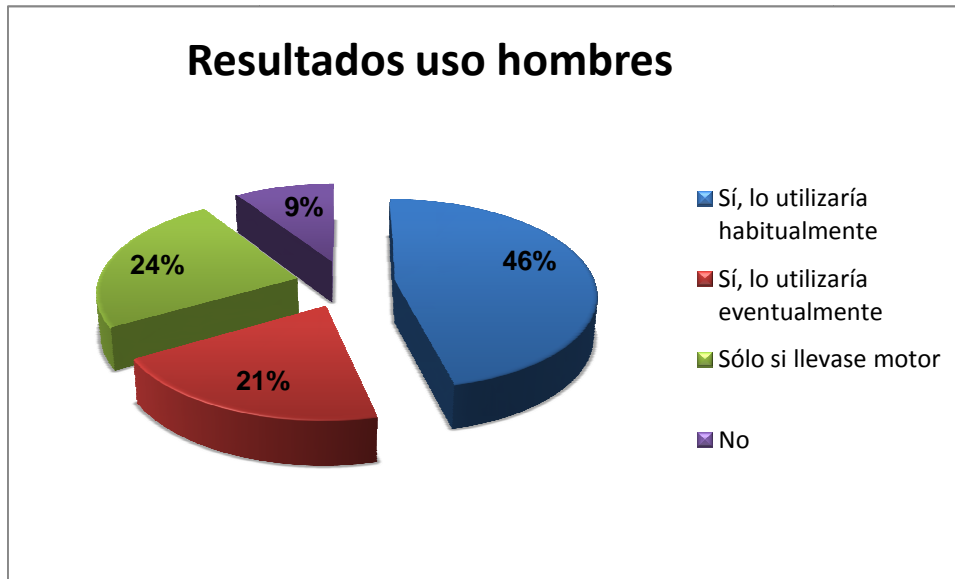


Figura 8: "resultados del interes de uso en hombres"

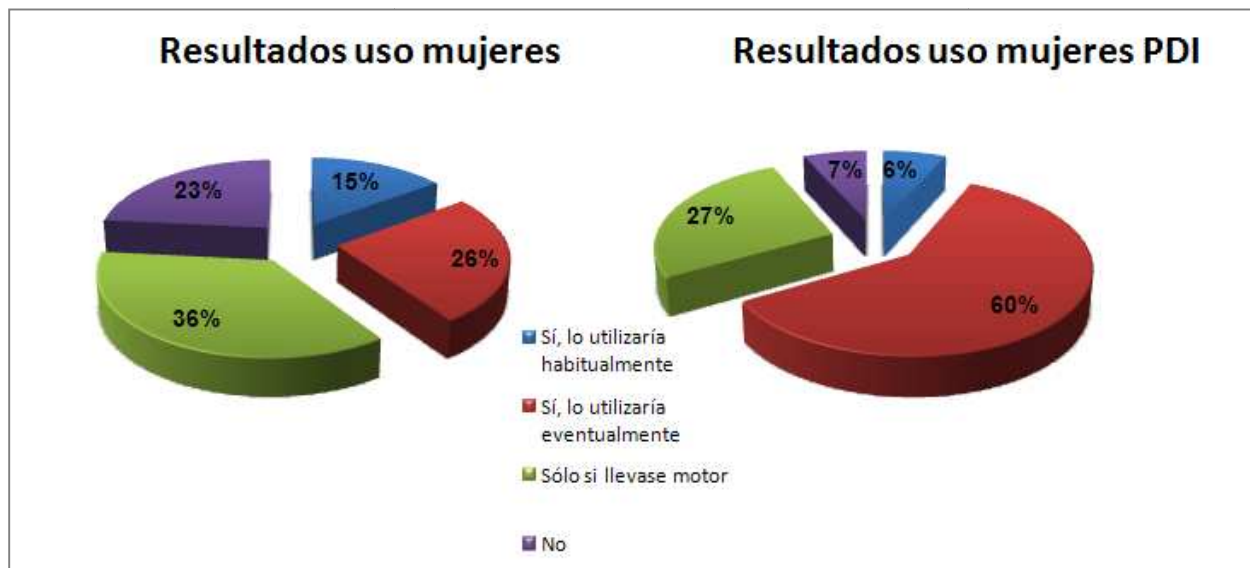


Figura 9: "resultados comparativos de las intenciones de uso de las mujeres en general y de las pertenecientes a PDI"

Tiempo empleado en los desplazamientos

Ahora, se pasa a tratar la pregunta que pretendía hacer una estimación del tiempo, que pierden los potenciales usuarios, en desplazarse diariamente. Las posibles respuestas de los encuestados, referentes a los tiempos medios de todos los desplazamientos diarios, se han dividido en cuatro grupos: tiempo medio superior a 15 minutos, tiempo medio entre 5 y 15 minutos, tiempo medio entre 0 y 5 minutos y ningún desplazamiento realizado. Los resultados se muestran en la Figura 10.



Figura 10: "representación del tiempo medio en desplazarse según porcentajes obtenidos en las respuestas a la encuesta"

Lo primero que cabe destacar, es que el 20% de los encuestados no se desplazan diariamente, por lo tanto no necesitan ningún medio de transporte, mientras que sólo un 16% dijo que no utilizaría el patinete, por tanto, hay un 4% de los encuestados, que, aun sin desplazarse a diario por el campus, estarían interesados en usar el patinete. También, cabe destacar que la mayoría de los desplazamientos son inferiores a 5 min (un 40%), frente a un 20% que están entre 5 y 15 minutos y otro 20%, considera que pierde un tiempo superior a 15 min en sus desplazamientos diarios.

Tipo de uso. Personal o compartido.

Acto seguido, se ha procedido a estudiar si los futuros usuarios prefieren un patinete personal, para poder tenerlo siempre disponible, o un patinete compartido, lo que les permitiría poder cogerlo y dejarlo en las conserjerías. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 11.

Como se puede ver en el gráfico, los resultados son muy igualados, aunque es superior el número de encuestados que prefieren un patinete compartido, un 59 % de los encuestados frente a un 41 % de los encuestados que prefieren un patinete de uso personal. Como los datos no han sido muy concluyentes, al final se ha tomado la decisión de que éstos sean personales, para minimizar en gastos, ya que se debería de diseñar también un sistema para dejar/coger los patinetes compartidos. Aunque, siempre quedaría la posibilidad de que los patinetes se pudiesen dejar plegados en alguna zona de las conserjerías sin ser necesaria la implementación de ningún sistema.

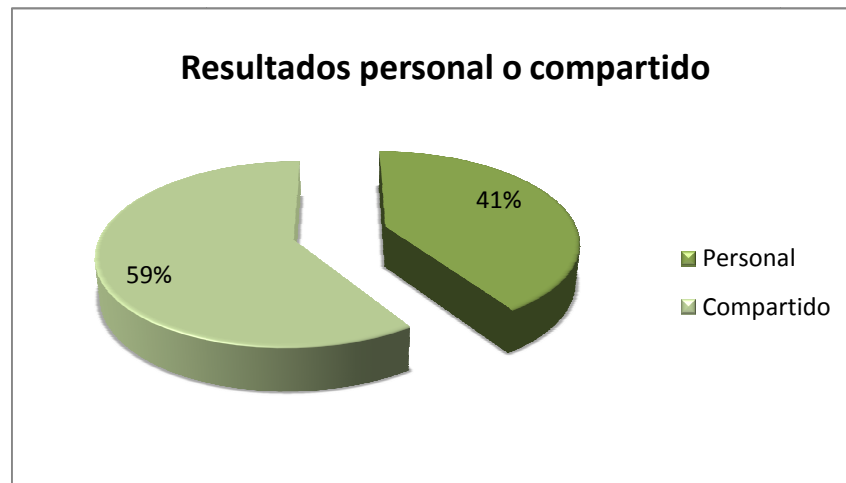


Figura 11: "gráfico comparativo de las preferencias de un patinete personal o compartido"

Diseño moderno

Después, se ha planteado a los futuros usuarios del patinete si era importante que éste tuviera un diseño moderno, original o innovador o si por lo contrario eso no era realmente importante.

Como se muestra en el gráfico de la Figura 12, estos resultados no han sido tan claros como se esperaban, ya que sólo un 55% de los encuestados lo considera importante, frente al 45 % de éstos que no cree que el diseño sea importante a la hora de construir el patinete. Por eso, a la hora de diseñar el patinete no se le ha dado demasiada importancia a obtener un diseño innovador o moderno.

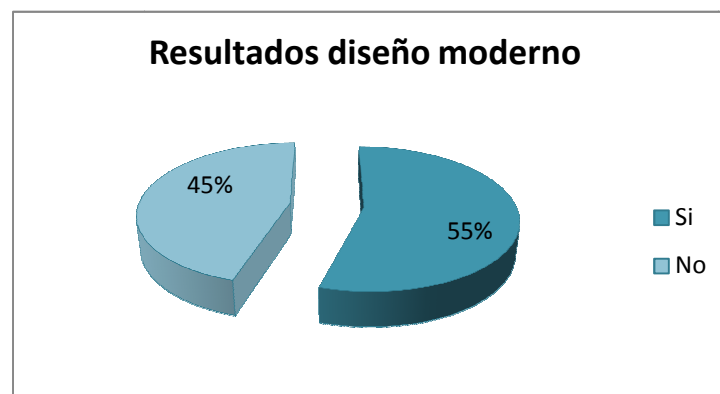


Figura 12: "Importancia de un diseño moderno del patinete"

Equipaje necesario

Para finalizar el estudio, se ha querido tener en cuenta qué objetos podrían llevar los usuarios a la hora de realizar sus trayectos en el patinete. Esta pregunta se realiza para estudiar la importancia de la introducción en el patinete de algún sistema para llevar objetos y, en caso afirmativo, para obtener una idea de los requisitos en su diseño.

Entre las diferentes respuestas obtenidas por los encuestados se ha podido concluir que la mayoría de ellos (un 71%) necesita llevar algún objeto en sus trayectos, entre los

cuáles los más destacables son el maletín (un 25 %), el bolso (un 24%) y los libros/carpetas (un 14%), aunque no son datos muy relevantes ya que son las tres opciones que ya venían escritas en la encuesta. Una proporción considerable de todos ellos (un 29%) considera que no necesitan ningún equipaje en sus transportes.

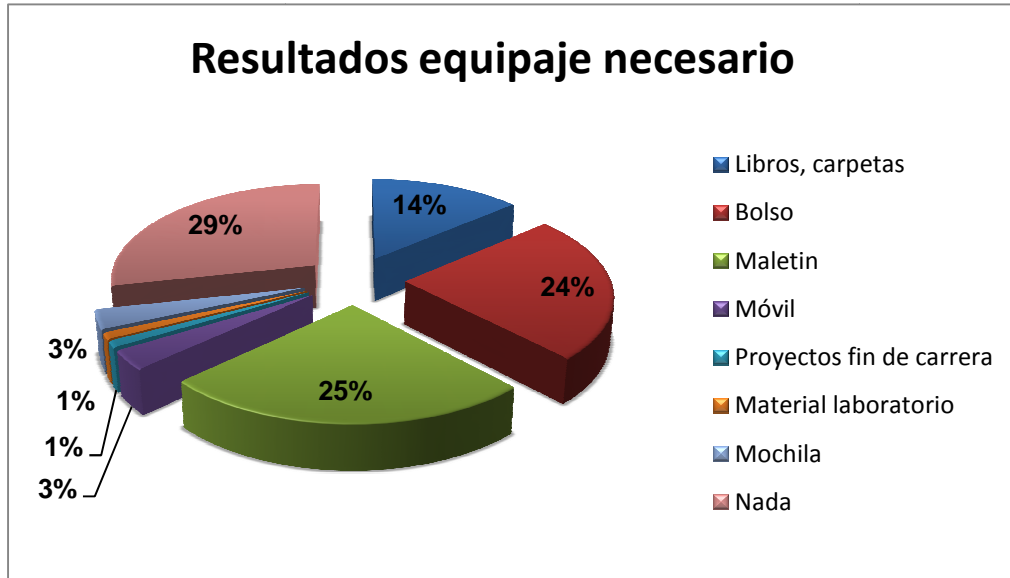



Figura 13: "equipaje que los encuestados han considerado necesario llevar"

 ENCUESTA SOBRE EL USO DEL PATINETE COMO MEDIO DE TRANSPORTE RÁPIDO DENTRO DEL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD DE ALMERÍA	
-¿A qué grupo dentro de la universidad pertenece?	<input type="checkbox"/> PAS. <input type="checkbox"/> PDI.
-¿Qué edad tiene?	<input type="checkbox"/> <35. <input type="checkbox"/> 35-45. <input type="checkbox"/> 45-55. <input type="checkbox"/> >55.
-¿Cuál es su sexo?	<input type="checkbox"/> Hombre. <input type="checkbox"/> Mujer.
-¿Con que frecuencia realiza deporte?	<input type="checkbox"/> Todos los días. <input type="checkbox"/> Todas las semanas. <input type="checkbox"/> Eventualmente <input type="checkbox"/> Nunca
-¿Con qué frecuencia acude a la universidad?	<input type="checkbox"/> Todos los días <input type="checkbox"/> Varios días a la semana
-¿Cuánto tiempo estima que invierte al día en desplazarse de un edificio a otro del campus?	<input type="checkbox"/> No me desplazo <input type="checkbox"/> 0-5 min <input type="checkbox"/> 5-15 min <input type="checkbox"/> >15 min
-¿Vería bien que el personal laboral de la universidad tuviese la opción de desplazarse en patinete de un edificio a otro?	<input type="checkbox"/> Sí. <input type="checkbox"/> No. Si lo desea explique el motivo a continuación: _____
-¿Si se le ofreciese un patinete como medio de transporte para moverse por la universidad lo utilizaría?	<input type="checkbox"/> Sí, lo utilizaría habitualmente. <input type="checkbox"/> Sí, lo utilizaría eventualmente. <input type="checkbox"/> Sólo si llevase motor. <input type="checkbox"/> No. Indique los motivos a continuación(opcional): _____
En el caso de haber respondido "No" en la pregunta anterior, no es necesario que responda al resto de las preguntas. Gracias por su colaboración.	
-¿Preferiría un patinete personal o que fuesen compartidos y se pudiesen coger/dejar en las conserjerías de los edificios?	<input type="checkbox"/> Personal, para tenerlo siempre disponible. <input type="checkbox"/> Compartido, para poder dejarlo en cualquier conserjería.
-¿Qué le sería necesario llevar en el patinete?	<input type="checkbox"/> Un maletín. <input type="checkbox"/> Un bolso. <input type="checkbox"/> Libros. <input type="checkbox"/> Otros(indicar a continuación):
-¿Considera importante que el patinete tenga un diseño moderno (innovador, original)?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No

Gracias por su colaboración.



ANEXO 3: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Índice

1. Introducción.....	página 74
2. Teoría del Método Electre	página 74
3. Criterios de evaluación	página 75
4. Alternativas seleccionadas.....	página 76
Alternativa 1	página 76
Alternativa 2	página 77
Alternativa 3	página 77
Alternativa 4	página 78
Alternativa 5	página 79
5. Aplicación del método Electre.	página 79

1. Introducción

Tras realizar la fase de lluvia de ideas, se ha considerado necesaria la utilización de un método de evaluación de alternativas para tomar la decisión de cuál es la idea de diseño a desarrollar. Se han seleccionado cinco alternativas de todas las planteadas en la lluvia de ideas ya que estas son las únicas que realmente se adaptan al problema planteado y pueden cumplir los requisitos establecidos.

También cabe decir que esta fase de selección solo pretende saber cuál será la idea a desarrollar, pero, esta idea inicial sufrirá varios rediseños durante el desarrollo del proyecto.

2. Teoría del Método Electre

Para la evaluación se ha decidido utilizar el método Electre, ya que es el método multicriterio más conocido y a la vez más utilizado en la práctica desde finales de los 60. Este método fue inicialmente propuesto por Benayoun, Roy y Sussman en el año 1966 y en el 1971 fue mejorado por Roy. El procedimiento permite comparar magnitudes expresadas en forma cardinal u ordinal y se desarrolla comparando alternativas dos a dos de la forma siguiente:

- a) Establecimiento de los criterios de referencia para la evaluación, tanto de tipo cualitativo como cuantitativo.
- b) Puntuación de cada alternativa en términos de cumplimiento de cada criterio según una escala numérica.
- c) Ponderación de la importancia relativa de cada criterio (adjudicación de pesos).
- d) Cálculo de los índices de concordancia (C_{ij}) y de discordancia (D_{ij}).

-Índices de Concordancia. Suma de los pesos de los criterios para los cuales la alternativa i tiene mayor puntuación que la alternativa j ($i > j$) dividida por la suma total de los pesos.

-Índices de Discordancia. Mayor diferencia entre las puntuaciones asignadas a las alternativas respecto a los criterios para los que la alternativa i no es superior a la j (no se cumple que $i > j$), dividida por el tamaño de la escala de puntuación.

e) Establecimiento de un umbral mínimo para el índice de concordancia (p) y de uno máximo para el índice de discordancia (q). Usualmente $p=0.8$ y $q=0.2$, ya que los valores dados a los índices están comprendidos entre 0 y 1.

f) Decidir si la alternativa i es preferible a la j si $C_{ij} > C_{ji}$ y $D_{ij} < D_{ji}$. En caso de que en la alternativa j se cumpla que $C_{ij} < p$ y $D_{ij} > q$ será eliminada.

3. Criterios de evaluación

Volviendo a nuestro caso, hemos establecido siete criterios cuya importancia se ha ponderado entre 1 y 5:

- **Criterio A: “plegabilidad”**. Se ha considerado como uno de los criterios ya que desde el principio del proyecto quedó claro que el patinete debía de ser plegable para poder ser transportado cómodamente. Las cinco alternativas planteadas son plegables, pero, lo que se trata de evaluar con este criterio es cómo de bueno es el plegado. En cuanto al peso de este criterio es de 2, ya que se considera menos importante que otros criterios y, además, en la encuesta, se pudo observar que un gran porcentaje del personal universitario preferiría un patinete compartido, por tanto, este patinete se dejaría en las conserjerías o en otro puesto habilitado y no sería tan importante obtener un buen plegado.

-**Criterio B: “sencillez constructiva”**. El proyecto está pensado para que pueda ser construido en el centro de mecanizado de la universidad, por lo tanto, es importante que su construcción sea sencilla y adaptable a la maquinaria disponible. Se ha considerado como el criterio más importante por lo que su peso es de 5.

-**Criterio C: “diseño innovador”**. Esta es una cuestión que ya se planteó a la hora de realizar la encuesta y aunque el diseño moderno o innovador no fue considerado tan necesaria por el personal como se esperaba, un 55% de los encuestados dijo que lo consideraba importante por lo que se incluye entre los criterios, pero, con un peso de 2.

-**Criterio D: “posibilidad de acoplar motor”**. Un 30% de los encuestados dijo que solo utilizaría el patinete en caso de que llevase motor. Por tanto, se considera muy importante la posibilidad de que el diseño del patinete permita acoplar de una manera sencilla un motor, para conseguir atraer a un grupo mayor de usuarios. Por los motivos anteriores su peso es de 4.

-**Criterio E: “estabilidad”**. Con este criterio se trata de evaluar la estabilidad del patinete, que dependerá principalmente del número de ruedas, del diseño de la base y del sistema de funcionamiento del patinete (motor, autopulsado o pedal). Es evidente que también dependerá mucho de otros parámetros como su centro de gravedad o la distancia entre la base y el suelo, pero estos criterios son difíciles de estudiar en esta fase de diseño. También hay que decir que el problema de la estabilidad depende de la velocidad ya que un patinete corriente de dos ruedas a una velocidad alta, no presenta problemas de inestabilidad. El peso de este criterio es de 2.

-**Criterio F: “cómodo uso sin motor”**. Nuestro diseño tiene que poder adaptarse a la posibilidad de que no lleve motor por varios motivos. El primero, es que un

54% del personal universitario usaría el patinete aunque este no llevase motor. Además, podría ser usado como método para hacer ejercicio y des estresarse. Como último motivo, cabe la posibilidad de que la batería se gaste en mitad de un trayecto y el mismo patinete a motor tenga que ser usado mediante autopropulsión por lo que debería de resultar también cómodo de usar si esto ocurre. El peso de este criterio es de 3.

-Criterio G: "conducción sencilla". No debemos olvidar que la finalidad del patinete es mejorar el transporte dentro de la universidad, por lo que es muy importante que el control en la conducción del patinete sea adecuado. Pero, como esto es un requisito que también se puede mejorar, o estudiar más a fondo, durante la fase de desarrollo del prototipo el peso del criterio es de 3.

El coste del patinete no se incluye como uno de los criterios de evaluación, ya que, aunque el propósito de este proyecto sea el diseño de un patinete de bajo coste, es difícil saber cuál de los 5 prototipos tendría un coste de fabricación menor. Por lo tanto, el coste se intentara rebajar al máximo una vez que se elija el diseño final.

4. Alternativas seleccionadas

A continuación se muestra una breve descripción de las 5 alternativas seleccionadas de todas las de la lluvia de ideas.

Alternativa 1:

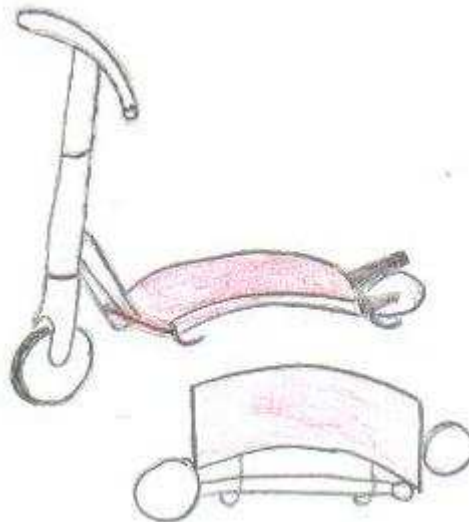


Ilustración 1: "alternativa de diseño 1"

La primera alternativa destaca por su original sistema de plegado que permite que se quede casi completamente plano, permitiendo ser guardado en una mochila fácilmente y sin ocupar mucho espacio. Por otra parte, es una alternativa poco viable para su

construcción ya que habría que estudiar mucho este mecanismo para que fuese exacto, además, sería complejo conseguir acoplarle un motor.

Alternativa 2:

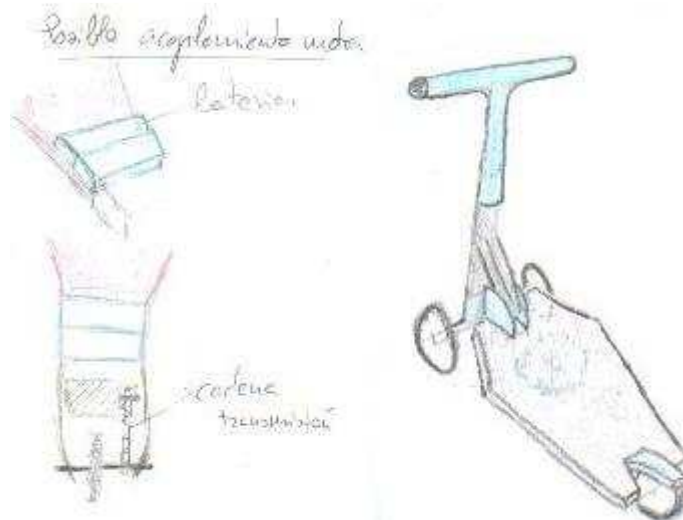


Ilustración 2: "alternativa de diseño 2"

Esta alternativa se caracteriza por un diseño con dos ruedas en el tren delantero aumentando la estabilidad y una base que se va estrechando al llegar a la rueda trasera. Su sistema de plegado es el clásico de todos los patinetes y la posibilidad de acoplar motor es muy viable. Por otra parte, hay que decir que al tener dos ruedas en la dirección habría que estudiar bien este mecanismo para que su conducción sea cómoda.

Alternativa 3:

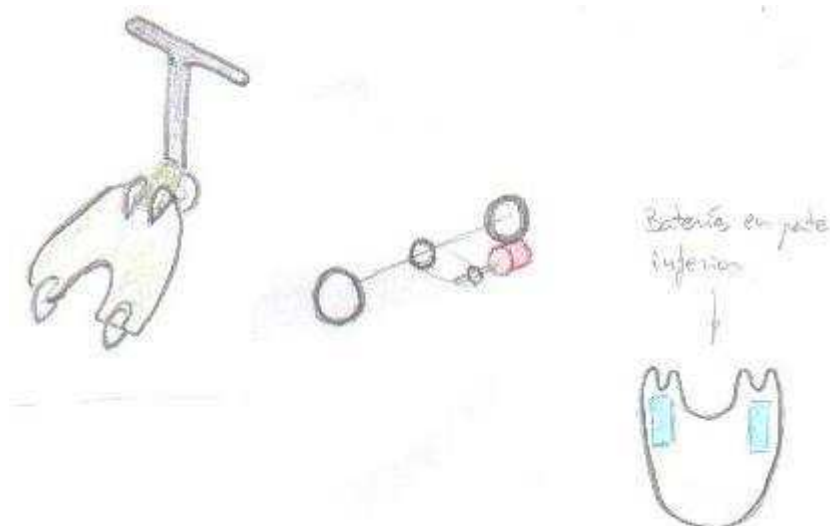


Ilustración 3: "alternativa de diseño 3"

La tercera alternativa destaca por tener dos ruedas en la parte trasera y un hueco que permitiría un fácil acoplamiento del motor. El diseño es original, y siendo fácil de construir podría ser bastante innovador. Por contra, habría que estudiar si sería necesario un diferencial después del motor (poco probable) y su diseño resulta muy incomodo en el caso de ser usado sin motor. En cuanto a la conducción, habría que estudiar la facilidad de giro dependiendo de la distancia entre las ruedas traseras.

Alternativa 4:

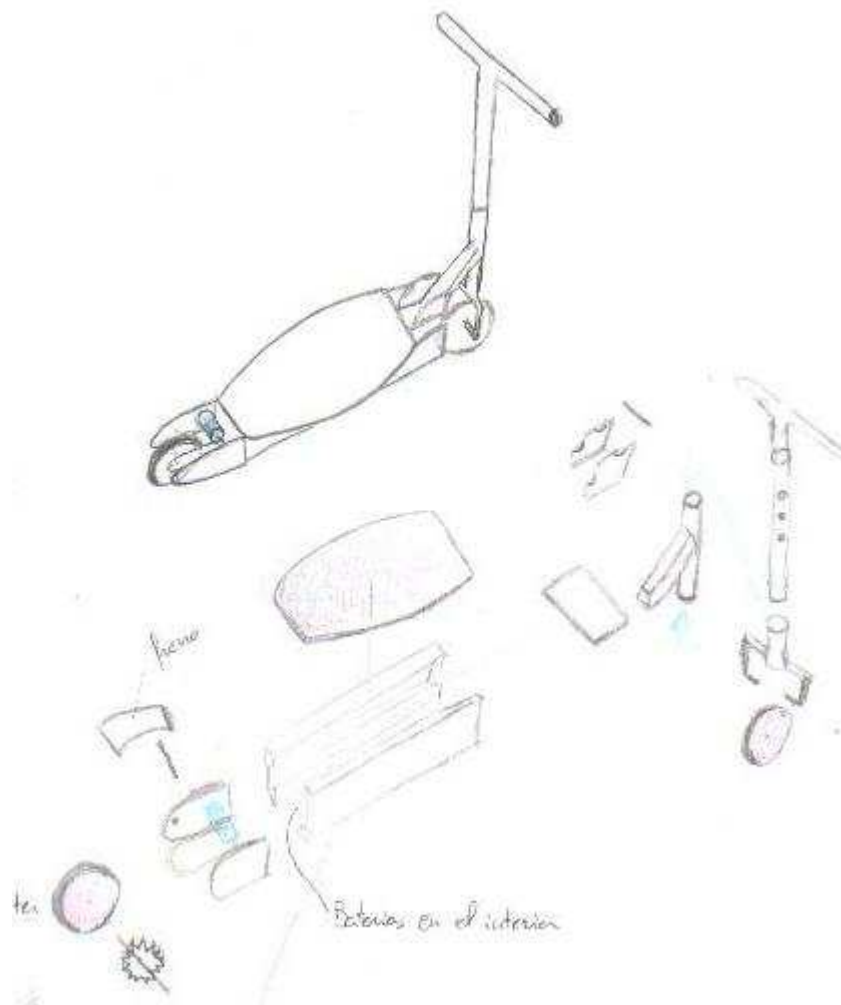


Ilustración 4: "alternativa de diseño 4"

La cuarta alternativa es una modificación del patinete clásico, que deja un espacio para las baterías debajo de la base. Es poco innovador y de los menos estables al tener dos ruedas, aunque es fácil de conducir y se considera sencilla de estudiar su fabricación en el centro de mecanizado, además de estar pensado para acoplar motor y poder usarse también sin este.

Alternativa 5:



Ilustración 5: "alternativa de diseño 5"

Esta es la alternativa más innovadora de todas. Su funcionamiento se basa en un mecanismo formado por un pedal que hace que gire un engranaje que mediante una cadena conecta a la rueda trasera. Es similar al pedal de una bicicleta, sólo que al ser un único pedal, posee un muelle que provoca el retorno a la posición original. Es estable al tener tres ruedas, aunque, este diseño sería difícil de construir con la maquinaria que se posee y no queda muy clara la comodidad en su uso, además de la dificultad agregada que tiene acoplarle un motor.

5. Aplicación del método Electre.

Una vez estudiadas las ventajas e inconvenientes de cada alternativa se valora cada alternativa para cada uno de los criterios, obteniendo la tabla que se muestra a continuación:

Alternativas	Criterios de evaluación						
	A	B	C	D	E	F	G
1	5	2	4	1	1	5	5
2	3	3	3	5	4	4	2
3	2	4	2	4	5	1	3
4	4	4	1	5	2	4	5
5	3	1	5	1	5	3	1
Peso criterios	2	5	2	4	2	3	3
Suma pesos	21						

A continuación, se procede al cálculo de los índices de concordancia tal y como se ha explicado anteriormente, obteniendo la siguiente tabla:

Índices de concordancia (Cij)

Alternativas	1	2	3	4	5
1		0,33	0,33	0,33	0,33
2	0,52		0,52	0,19	0,71
3	0,52	0,48		0,19	0,57
4	0,52	0,48	0,43		0,81
5	0,19	0,19	0,33	0,19	

Para los índices de discordancia se obtienen los siguientes valores:

Índices de discordancia (Dij)

Alternativas	1	2	3	4	5
1		0,80	0,80	0,80	0,80
2	0,60		0,20	0,60	0,40
3	0,80	0,60		0,60	0,60
4	0,60	0,40	0,60		0,80
5	0,80	0,80	0,60	0,80	

En nuestro caso, se ha optado inicialmente, por no establecer ningún umbral límite (p y q) para obtener la alternativa ganadora, debido a que todas las alternativas tenían muy baja puntuación en algún criterio. Por tanto, a partir de comparar todas las alternativas dos a dos, obtenemos una ordenación de todos los diseños iniciales de mejor a peor:

Comparativa 1 y 2

C12=0,33
C21=0,52 2>1

D12=0,80
D21=0,60 2>1

La alternativa 2 es mejor que la 1.

Comparativa 1 y 4

C14=0,33
C41=0,52 4>1

D14=0,80
D41=0,60 4>1

La alternativa 4 es mejor que la 1.

Comparativa 1 y 3

C13=0,33
C31=0,52 3>1

D13=0,80
D31=0,80 3=1

La alternativa 3 es mejor que la 1.

Comparativa 1 y 5

C15=0,33
C51=0,19 1>5

D15=0,80
D51=0,80 1=5

La alternativa 1 es mejor que la 5.

Comparativa 2 y 3

C23=0,52
C32=0,48 2>3

D23=0,20
D32=0,60 2>3

La alternativa 2 es mejor que la 3.

Comparativa 2 y 5

C25=0,71
C52=0,19 2>5

D25=0,40
D52=0,50 2>5

La alternativa 2 es mejor que la 5.

Comparativa 2 y 4

C24=0,60
C42=0,48 4>2

D24=0,60
D42=0,40 4>2

La alternativa 4 es mejor que la 2.

Comparativa 3 y 4

C34=0,19
C43=0,43 4>3

D34=0,60
D43=0,60 4=3

La alternativa 4 es mejor que la 3.

Comparativa 3 y 5

C35=0,57
C53=0,33 3>5

D35=0,60
D53=0,60 3=5

La alternativa 3 es mejor que la 5.

Comparativa 4 y 5

C45=0,81
C54=0,19 4>5

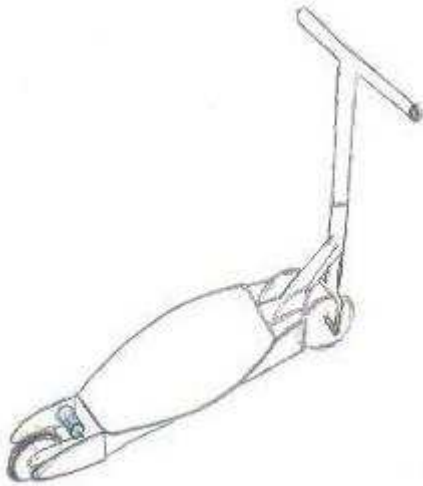
D45=0,80
D54=0,80 4=5

La alternativa 4 es mejor que la 5.

Luego, se obtiene el siguiente orden de preferencias:

4 > 2 > 3 > 1 > 5

Siendo la ganadora la alternativa 4:



Aunque, también cabe decir que si por ejemplo, se hubiese establecido un umbral límite de discordancia de $q=0,7$ la única alternativa posible sería la alternativa 2 ya que todas las demás habría que descartarlas al tener índices de discordancia superiores a este valor. Resumiendo, se desarrollará la alternativa de diseño 4, aunque, se intentaran mejorar sus puntos débiles aportando algo innovador y moderno al diseño, y mejorándose su estabilidad a bajas velocidades (por ejemplo teniéndose en cuenta en la selección de las ruedas).



ANEXO 4: GEOMETRÍA Y DISEÑO

Índice

1. Introducción.....	página 86
2. Base	página 86
3. Perfiles en U usados en la base.....	página 87
4. Dirección	página 87
Ángulo formado entre la dirección y la base	página 88
5. Horquilla.....	página 89
Trail.....	página 91
6. Manillar	página 94
Mangos del manillar y acelerador.....	página 95
7. Potencia	página 95
8. Rodamientos de la dirección	página 96
9. Cuadro	página 98
10. Pieza de plegado	página 98
11. Boton-muelle apriete	página 99
Muelle en manillar.....	página 99
Muelle en pieza de plegado	página 100
12. Abrazaderas	página 100
Abrazadera en unión de la parte exterior de la dirección con la horquilla ..	página 100
Abrazadera en unión entre los dos tubos de la dirección.....	página 100
Abrazadera en pieza de plegado	página 101
13. Ruedas	página 101
Ruedas neumáticas.....	página 102
Ruedas de poliuretano fundido	página 102
Ruedas plásticas de patinetes clásicos (de poliuretano generalmente).....	página 103
Ruedas con bandaje de goma sólida	página 103
Ruedas con bandaje de goma blanda	página 104
Modelo seleccionado	página 104



14. Freno	página 105
15. Motor	página 109
16. Pieza de agarre del motor a la base y correa.....	página 110
17. Piñón del motor	página 112
18. Rueda libre.....	página 113
19. Polea en el eje trasero	página 115
20. Pieza de unión entre rueda libre y rueda.....	página 116
21. Ejes	página 117
Rueda delantera	página 117
Rueda trasera	página 117
22. Casquillos montados en eje trasero	página 117

1. Introducción

Una de las características diferenciadoras de este patinete es su tamaño, ya que es algo superior a la mayoría de los que se pueden encontrar actualmente en el mercado. Esta decisión se tomó debido a que los patinetes comerciales pueden resultar incómodos para la espalda si son usados por personas adultas al quedarse muy bajo el manillar, además, al tener la base demasiado pequeña pueden resultar más difíciles de manejar.

En el presente documento se va a justificar el diseño de cada pieza del patinete. Para realizarlo, se ha estudiado la geometría algunos patinetes comerciales e incluso se desmontó uno por completo para entender mejor el funcionamiento. Al no haber información disponible acerca de la ingeniería del patinete se ha recurrido en numerosas ocasiones a estudiar la ingeniería de la bicicleta y sacar conclusiones aplicadas a los patinetes.

2. Base

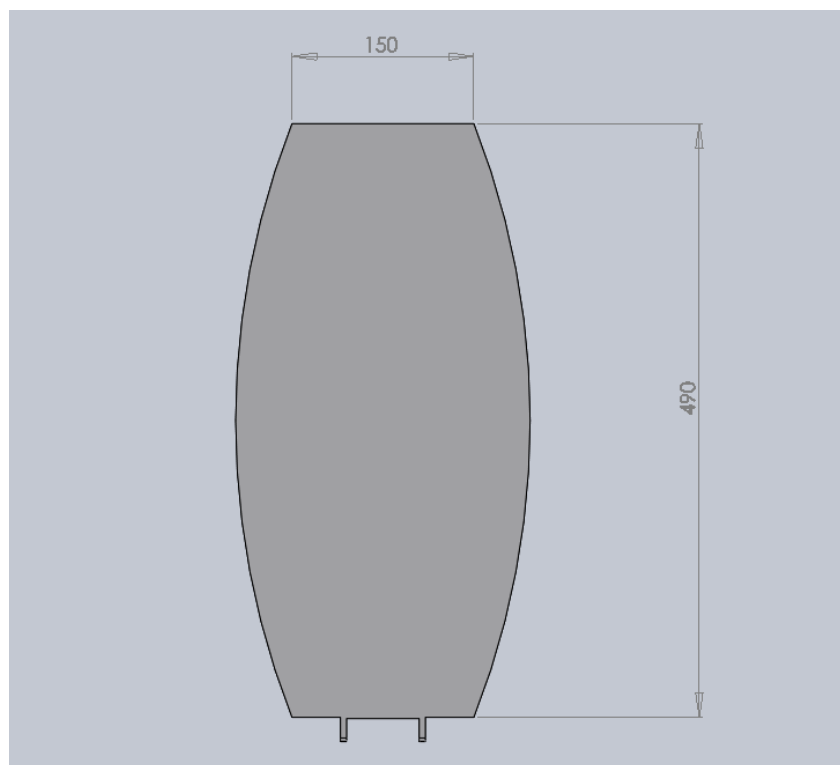


Ilustración 1: "dimensiones de la base"

Como ya se ha dicho anteriormente esta es una de las piezas características del diseño del patinete. El ancho está diseñado para que sea posible utilizar el patinete tanto con una sola pierna apoyada como subiéndolo con las dos, debido a un ancho central de aproximadamente 240 mm. Su longitud aporta estabilidad al conjunto del patinete y esto es algo importante tal y como se comentó en la evaluación de alternativas.

3. Perfiles en U usados en la base

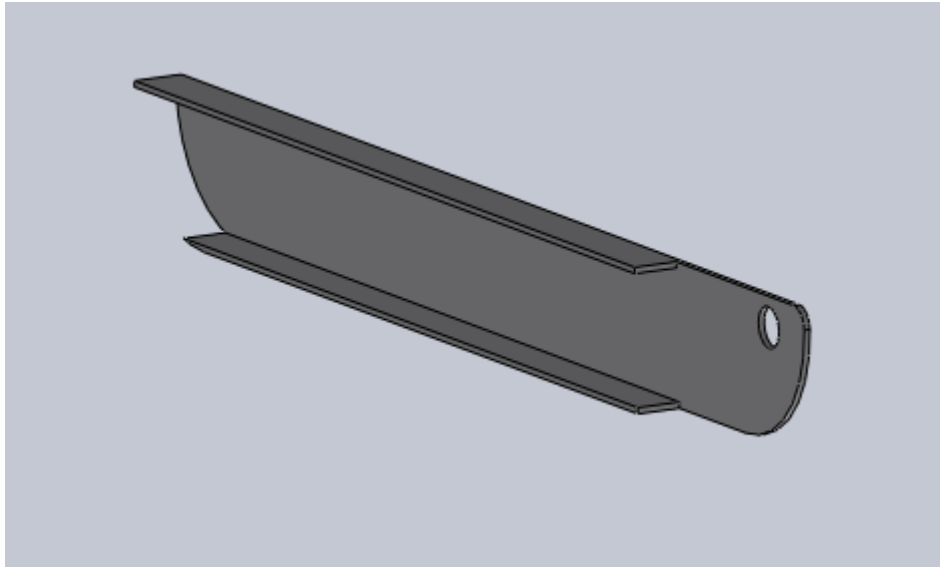


Ilustración 2: "perfiles en U usados en la base"

Se han usado dos perfiles en U con dimensiones normalizadas para reforzar la base y ubicar en el espacio interior el motor, la batería y el controlador.

4. Dirección

Inicialmente se planteo el diseño dividiendo únicamente en dos partes la dirección (una pieza que pliega dentro de otra) pero posteriormente observando los diseños de los patinetes comerciales se consideró necesario el uso de una pieza más para asegurar mejor la fijación de los rodamientos de la dirección y facilitar el montaje. De esta manera la dirección queda dividida en la horquilla, el tubo exterior (cabezal) y el tubo interior (columna).

Tubo exterior o cabezal (34 x 28.6 mm)

El diámetro interior será de 28.6 mm ya que los rodamientos clásicos se montan en una horquilla de esta medida y esta pieza lleva roscada interiormente la horquilla. En cuanto al diámetro exterior, inicialmente se pensó en tomar un espesor de 2.5 mm obteniendo un diámetro de 33.6 mm, pero, como hay dos abrazaderas instaladas en esta pieza, se ha tomado la dimensión más cercana en la que se pueden encontrar estas abrazaderas, 34 mm.

A parte de los orificios para poder regular la altura del manillar, también se ha realizado una ranura en la parte de abajo para mejorar el ajuste con la horquilla mediante otra abrazadera. La longitud de este tubo es de 400 mm, y en cuanto al montaje con la horquilla, cabe decir que ambas piezas van roscadas (la horquilla por el interior del cabezal).

Tubo interior o columna (28.6 x 26.4 mm)

La longitud de este tubo se planteó inicialmente en 500 mm, pero, como se observa en la Ilustración 3 el plegado no se podía realizar de una forma correcta, y se ha considerado que la altura máxima del manillar era desmesurada y se podía reducir.

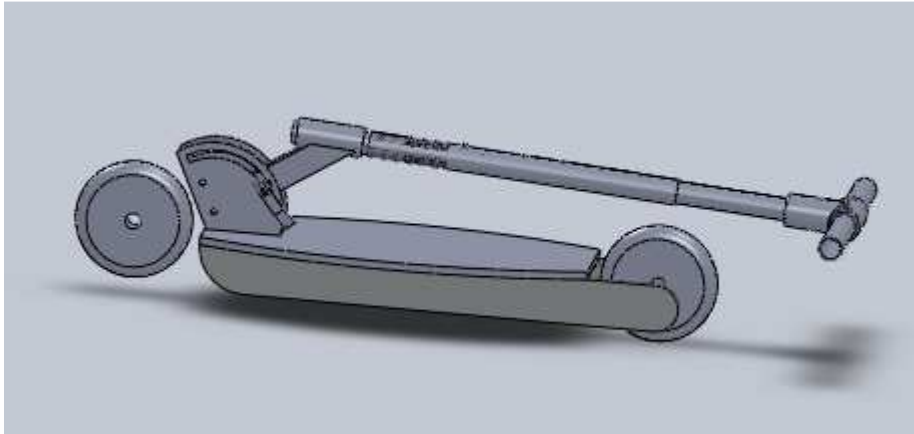


Ilustración 3: "longitud excesiva de la columna"

Se redujo la longitud hasta la posición en la que encajaba con el tubo exterior, produciéndose así un plegado óptimo, teniéndose en cuenta que el punto máximo de plegado es cuando entra en contacto interiormente con la horquilla (se puede observar como la parte roscada en el dibujo). Reduciendo la medida del tubo interior hasta 360 mm se consiguió un plegado de aproximadamente 780 mm que concuerda con lo visto en otros patinetes comerciales grandes como el modelo Xootr (ver estudio de mercado).

Ángulo formado entre la dirección y la base

Este ángulo ha sido algo difícil de determinar ya que no existe una referencia clara en el mundo de los patinetes y varía dependiendo del modelo, aunque, tras medir el ángulo en varios modelos se observó que en los patinetes con dos ruedas con una geometría similar al nuestro, este ángulo rondaba los 78° aproximadamente.

Fijándose en lo que ocurre en las bicicletas se puede comprobar que aquí también se cumple que para un menor ángulo de la dirección será mayor la estabilidad y para un mayor ángulo aumentará la manejabilidad, aunque en las bicicletas el ángulo suele ser de 73°.

En algunos patinetes incluso se ha observado que el ángulo era de 90°, pero, tras probarlos era evidente que la estabilidad era inferior. Por tanto, este ángulo será de 78° estableciendo un equilibrio entre la estabilidad y la manejabilidad.

5. Horquilla



Ilustración 4: "horquilla"

El diseño de la horquilla está condicionado por la dimensión de las cazoletas de los rodamientos de la dirección. Para poder usar un rodamiento clásico, la medida de la horquilla debe de ser de $1 \frac{1}{8}$ " (28.6 mm).

En cuanto al roscado, en el patinete comercial que se ha desmontado, la rosca tiene una longitud de unos 100 mm, por lo que se ha partido de esta longitud de roscado para posteriormente aumentarla. El roscado se realizará mediante la fresadora del centro de mecanizado de la Universidad, habiéndose considerado como características del roscado un paso de 1 mm y un ángulo de 60° . Para la representación de este roscado en Solidworks se ha partido de un cilindro y posteriormente se ha realizado una espiral con un paso de 1 mm en una longitud de 100 mm. Después, se ha realizado un barrido usando como perfil base un triángulo equilátero, cuya circunferencia inscrita tiene un diámetro igual al paso de nuestro roscado (ver Ilustración 5), y como perfil guía, la espiral realizada anteriormente.

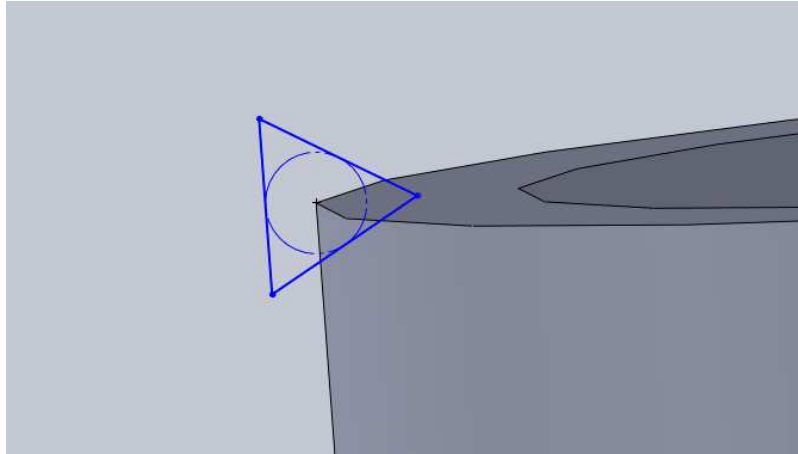


Ilustración 5: " triángulo equilátero usado como base en barrido para realizar roscado"

En cuanto a la parte que une la parte tubular de la horquilla con la parte que está en contacto con el eje de la rueda, finalmente se ha decidido usar soldadura en lugar de un racor de aluminio, siendo la única pieza soldada junto con el cuadro. El diseño de esta pieza se realizó directamente desde el ensamblaje, ya que la posición de las demás piezas ya estaba determinada previamente. La rueda tenía que cumplir la distancia de 18 mm hasta la base, y la distancia de la base al suelo se ha establecido en 3 cm.

Inicialmente se planteó una distancia de 2 cm entre la base y el suelo, pero daba problemas, ya que el eje de la rueda quedaba por encima de los perfiles en U y era necesario el diseño de una nueva pieza donde colocar el eje de giro. Por tanto, para lograr el mínimo coste de diseño del patinete, se aumentó la distancia a la base en 1 cm, permitiendo colocar el eje de giro en el perfil en U.

Si se observa la Ilustración 6, la distancia de 18 mm entre partes móviles no se cumple, por tanto, se aumentará la longitud del tubo del cuadro hasta que esto se cumpla, modificándose el croquis ya creado.

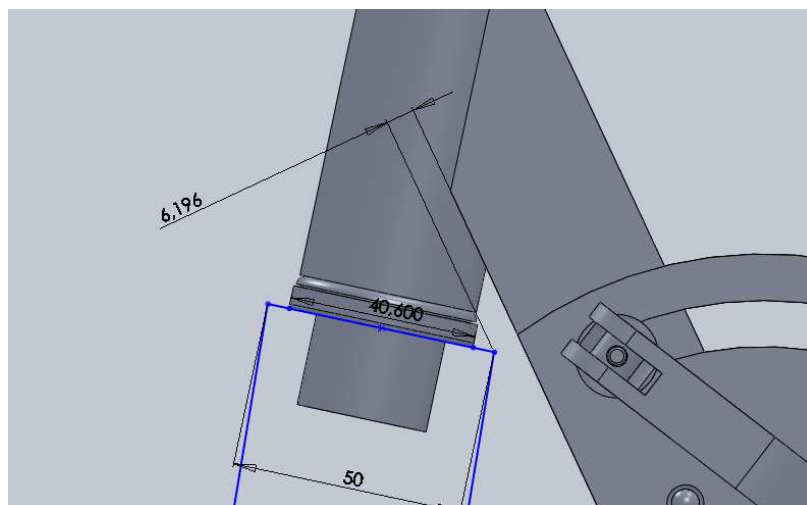


Ilustración 6: " distancia insuficiente entre horquilla y cuadro"

Para determinar cuánto deberá alargarse el cuadro realizamos una línea paralela a 18 mm y comprobamos que deberá aumentarse en 7.956 mm como mínimo, como se puede ver en la Ilustración 7.

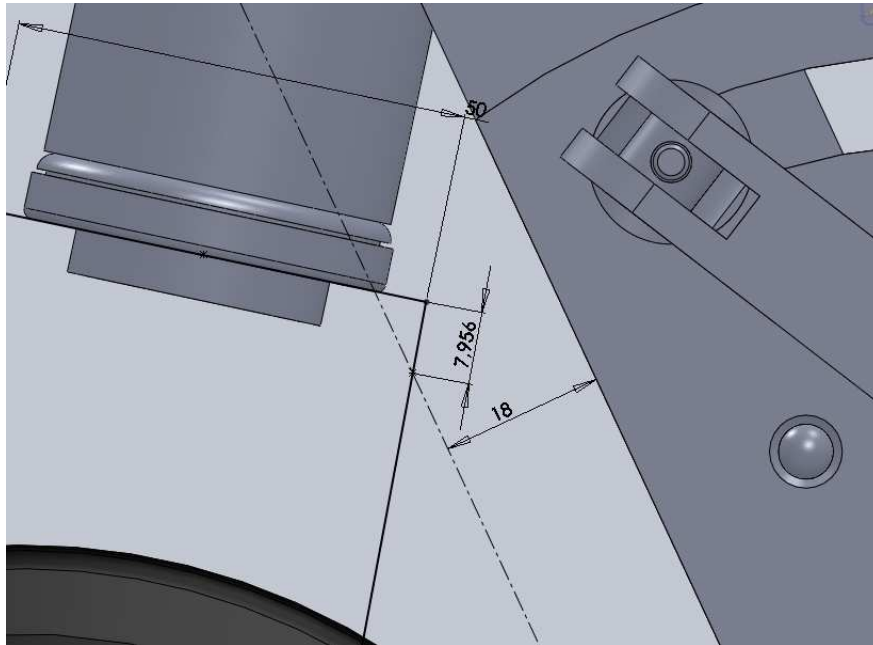


Ilustración 7: "modificación de la longitud de la parte tubular del cuadro"

Trail

En cuanto a la posición del eje de la rueda en la horquilla debemos tener en cuenta el concepto de "trail". El 'trail' R (ver Ilustración 8) es la distancia (medida en el suelo), entre el punto de contacto de la rueda delantera con el suelo y la intersección imaginaria del eje de la dirección con el suelo, este es el resultado de la combinación del avance de la horquilla junto con el ángulo de dirección. Ambos, determinan el comportamiento del patinete.

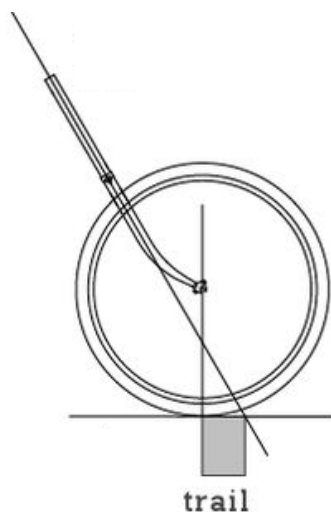


Ilustración 8: "trail"

Observando la Ilustración 9 podemos ver que para un mismo ángulo de dirección, si aumentamos el avance de la horquilla reducimos el trail, el patinete se hace más rápido de respuesta a los cambios de dirección pero se reduce la estabilidad, disminuyendo el avance de la horquilla ocurre lo contrario. Aumentando el trail tendremos mayor facilidad de recuperar la línea recta tras las curvas.

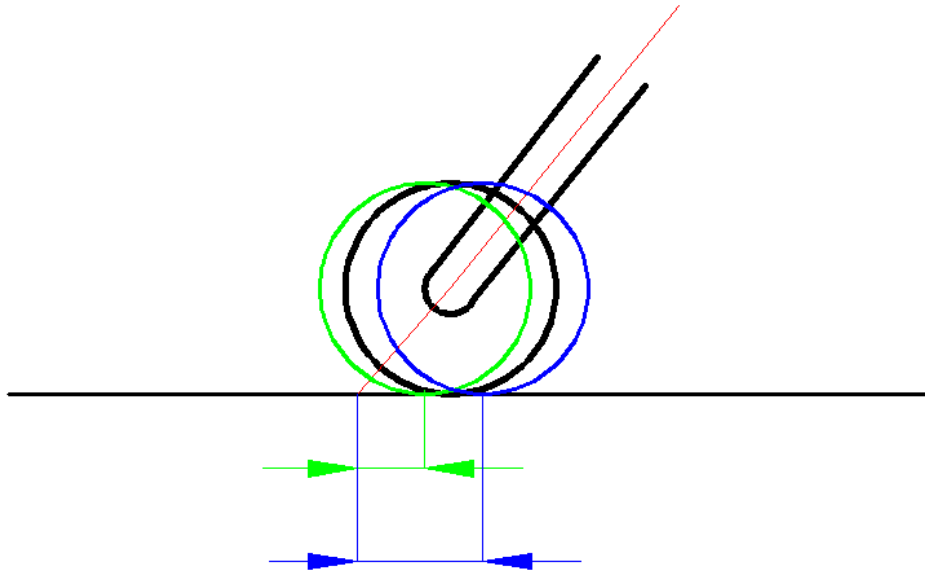


Ilustración 9: "variación del trail según la posición del eje de la rueda en la horquilla"

Con un trail demasiado pequeño la rueda delantera no podrá sortear con facilidad los obstáculos (piedras, surcos, etc), siendo más severos los impactos con estos. Al incrementar el trail la rueda delantera tendrá mayor facilidad en sortear las irregularidades de la superficie, siendo menor la fuerza que se transmite a los brazos del usuario del patinete.

En algunos patinetes, como el modelo Xootr (ver Ilustración 10), se puede observar que la horquilla en lugar de estar adelantada se posiciona atrasada reduciendo esta distancia, esto mejora las condiciones de plegado del patinete y la estabilidad, pero, con un trail tan exagerado el patinete se hace muy lento de respuesta.



Ilustración 10: "avance horquilla en modelo Xootr"



Ilustración 11: "avance horquilla observado en la mayoría de los patinetes"

En la mayoría de los patinetes el eje de la rueda se posiciona adelantado (avance positivo de la horquilla), reduciendo el trail hasta ser prácticamente nulo. Esto en una bicicleta sería algo sin sentido, aunque es evidente que hay grandes diferencias entre una bicicleta y un patinete como por ejemplo el diámetro de las ruedas.

Por tanto, se ha decidido posicionar el eje de la rueda adelantado respecto al eje de la dirección para aumentar la velocidad de respuesta y solucionando el problema de intersección de la rueda y la pieza de plegado en el plegado del patinete, obteniendo por tanto un valor del trail prácticamente nulo.

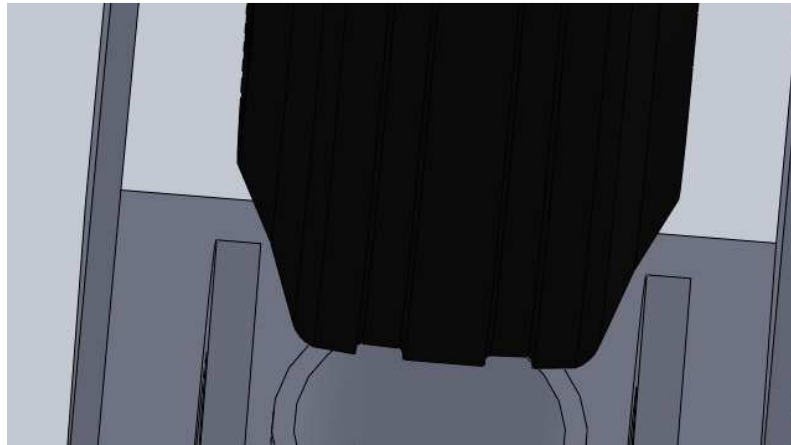


Ilustración 12: "problema de intersección en plegado solucionado"

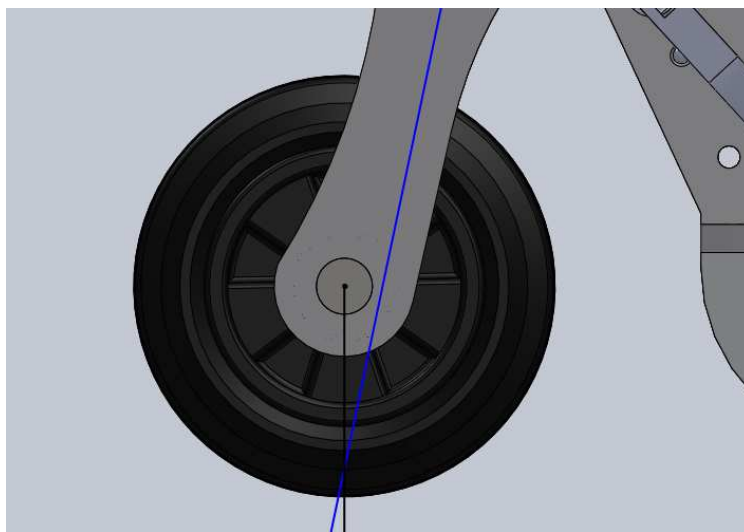


Ilustración 13: "trail aproximadamente nulo"

6. Manillar

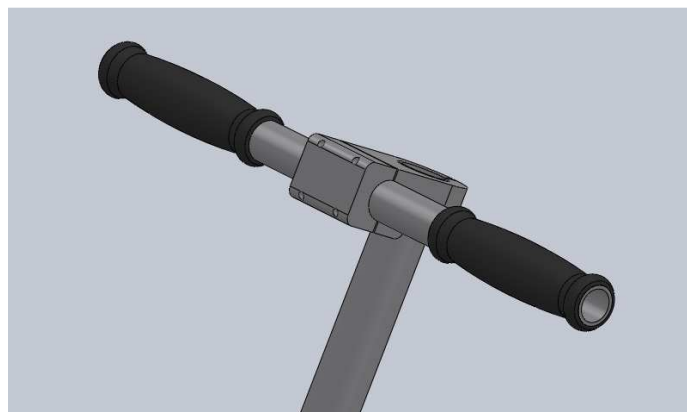


Ilustración 14: "manillar"

El manillar tiene una longitud de 400 mm y su diámetro exterior es de 22.2 mm ya que esta es una dimensión normalizada en los manillares de patinetes y bicicletas. Finalmente se descarto el plegado del manillar como se observa en algunos patinetes

comerciales, ya que no se considera útil además de suponer un ligero encarecimiento del prototipo.

Mangos del manillar y acelerador

El manillar lleva un mango común en la parte izquierda y en la parte derecha va equipado el acelerador (puño electrónico).

7. Potencia

Inicialmente se planteo la unión mediante un racor de aluminio para evitar usar soldadura, pero, las dimensiones de los tubos del manillar y de la dirección no se podían modificar y no se encontraban racores con dichas dimensiones.



Ilustración 15: "uso de racor de aluminio planteado inicialmente"

Se podrían haber usado tubos con un ancho variable, pero, finalmente se decidió usar una potencia de bicicleta de bmx, ya que estas potencias unen dos tubos con exactamente las mismas dimensiones que los usados en el presente proyecto y se pueden encontrar en un bajo coste.

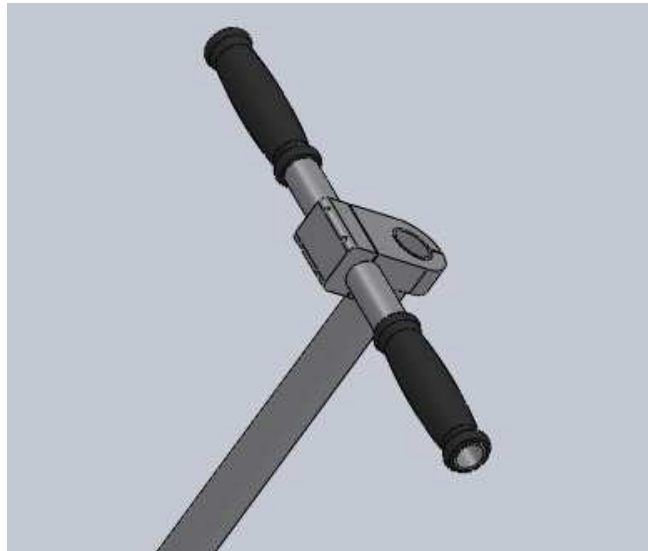


Ilustración 16: "potencia de bmx usada para unir manillar con dirección"

8. Rodamientos de la dirección

Los rodamientos usados en la dirección de los patinetes comerciales son los que se conocen como convencionales o clásicos en las bicicletas. Este tipo de rodamientos se caracterizan porque las cazoletas de los rodamientos van presionadas contra el cuadro y por el interior pasa la horquilla.

La dimensión de los rodamientos más usada en patinetes (también la más usada en bicicletas) es la conocida como 'oversize' de 1 1/8" (28,6 mm), que fue introducida por Tioga.

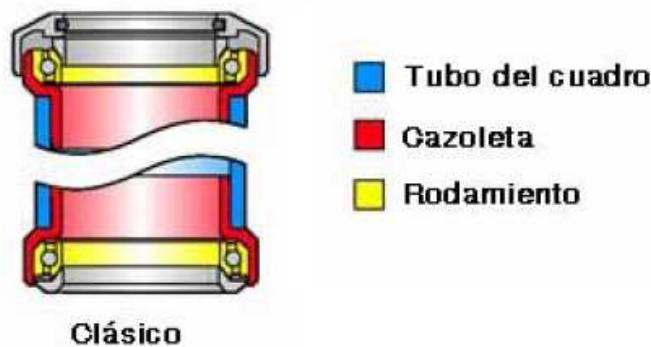


Ilustración 17: "rodamientos convencionales"

Los rodamientos se pueden encontrar en las tallas 1" y 1 1/8", el diámetro exterior de los rodamientos, el que inserta en el tubo del cuadro, puede variar en algunos casos con el fabricante pero las medidas que están más consolidadas para los rodamientos de 1 1/8" son las que se muestran en la Tabla 1, se incluye también el diámetro que debe tener el tubo del cuadro para realizar un buen ajuste. La altura de los rodamientos varía con el modelo, para el diseño se van a considerar los valores que aparecen en la tabla.

	Clásico	Semi-Integrado	Integrado
Diámetro cazoleta	34 mm	44 mm	41 mm
Diámetro tubo cuadro	33,8 - 33,9 mm	43,9 mm	41,05 - 41,1 mm
Altura cazoleta inferior	12 mm	6 mm	0.4 mm
Altura cazoleta superior	14 mm	11, 18 mm	8, 15 mm

Tabla 1: “medidas de los rodamientos”

Se ha hecho un modelo simple del rodamiento en Solidworks (Ilustración 18), realizando medidas en el patinete comercial y comprobando que se cumple lo establecido para los rodamientos clásicos en bicicletas. El rodamiento es un conjunto formado por tres partes: las dos cazoletas que van fijadas al cuadro y a la horquilla, y las bolas del rodamiento. La altura del rodamiento es de 14 mm en el rodamiento superior y de 12 mm en el inferior (ver Tabla 1) y las bolas del rodamiento se han representado por sencillez mediante un aro, ya que al estar en manillar en la misma posición durante las simulaciones se obtienen resultados prácticamente iguales.



Ilustración 18: “rodamiento superior de la dirección”

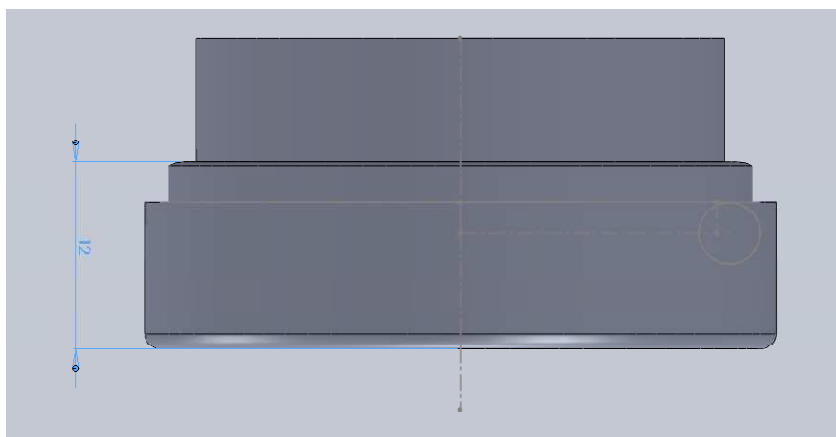


Ilustración 19: “rodamiento inferior de la dirección”

9. Cuadro

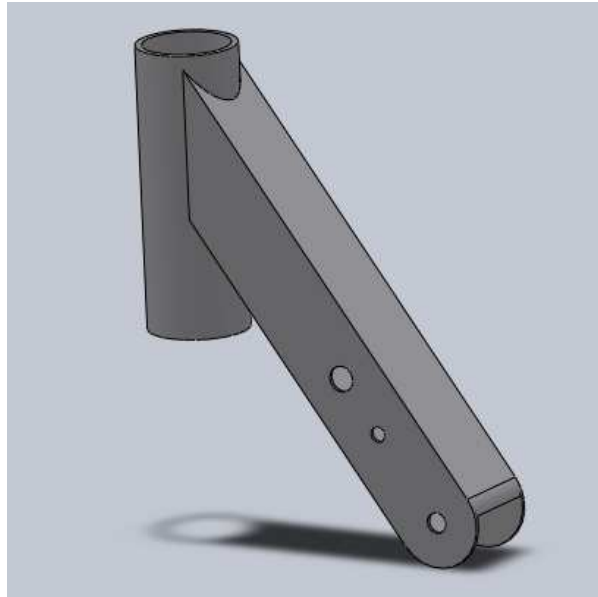


Ilustración 20: "cuadro"

El cuadro es la pieza que une el manillar y la pieza de plegado. Como se ha dicho anteriormente, el diámetro interior de la parte tubular esta pieza será de 33.8 mm y al exterior le daremos un valor de 39 mm, debido a lo observado en el patinete comercial.

El lado de la parte rectangular (extrusión de un perfil cuadrado) será inferior en 4 mm al diámetro exterior del tubo (comparación patinete comercial), es decir una longitud de lado de 35 mm. El espesor de esta pieza será de 1.5 (pieza normalizada alustock).

El ángulo formado entre los dos elementos es de 37° . Se obtiene a partir de los 78° que forma el manillar con la base, y de el ángulo que forma la pieza de plegado con la base (65°), al formarse un triángulo, se obtiene que $\alpha = 180^\circ - 78^\circ - 65^\circ = 37^\circ$

10. Pieza de plegado

El diseño de esta pieza está condicionado al diseño del cuadro y viceversa. Inicialmente esta pieza se diseñó observando el diseño del patinete comercial y aplicándole una escala de 1:1.3, aunque es una de las piezas que mayor rediseño ha sufrido.

La distancia entre ambas caras de la pieza es de 35 mm debido a la dimensión del tubo rectangular que gira en su interior. La distancia que recorre el orificio de 10 mm (recorrido de plegado) se ha modificado una vez estaba realizado el diseño completo del patinete, ya que el recorrido era superior al necesario. Esta modificación se ha realizado según el cumplimiento de la normativa de equipos de deportes sobre ruedas que dice que la distancia entre piezas móviles debe ser, o bien inferior a 5 mm, o superior a 18 mm en cualquier posición.

El ángulo que forman los lados de la pieza es de 115° debido a lo medido en el patinete comercial, aunque como ya se ha dicho, en el proceso de rediseño se comprobó que el plegado se podía realizar correctamente.

Lo que define las posiciones de plegado y desplegado, es el botón, no el raíl (orificio de 10 mm). El orificio de 10 mm sólo se usa como recorrido que debe seguir la maneta de apriete, y es esta la que aprieta haciendo que haya una doble fijación de seguridad, la que realiza la maneta y la del botón (norma de equipos de deportes sobre ruedas).

El segundo orificio (posición plegado), se realizará a 35° de la base. Esta decisión se ha tomado plegando el patinete en Solidworks hasta la posición que se ha considerado adecuada y posteriormente creando un nuevo croquis y midiendo el ángulo formado por el cuadro y la base. Posteriormente se comprueba que la distancia es superior a 18 mm para cumplir la normativa.

11. Boton-muelle apriete



Ilustración 21: "muelle de cambio de altura de manillar"

Las dimensiones del muelle se han modificado ya que no hacía contacto con las dos partes de la pieza de plegado, y al contrario de lo pensado inicialmente, la pieza no puede ser la misma en manillar y en la pieza de plegado, las dimensiones del muelle deben cambiar.

Muelle en manillar

Como el interior tiene una dimensión de 24.6, es decir un radio de 12.3, el radio del muelle en la parte de arriba será de $12.3 - \text{espesor muelle}/2 = 12.3 - 0.75 = 11.55$ que se dimensionará aproximadamente como 11.5, ya que al ser un muelle va a ejercer fuerza igualmente

Muelle en pieza de plegado

Como el interior tiene una dimensión de 35, el radio del muelle en la parte de arriba será de $35/2 - (\text{espesor muelle}/2) = 17.5 - 0.75 = 16.75$ mm.

12. Abrazaderas

Abrazadera en unión de la parte exterior de la dirección con la horquilla

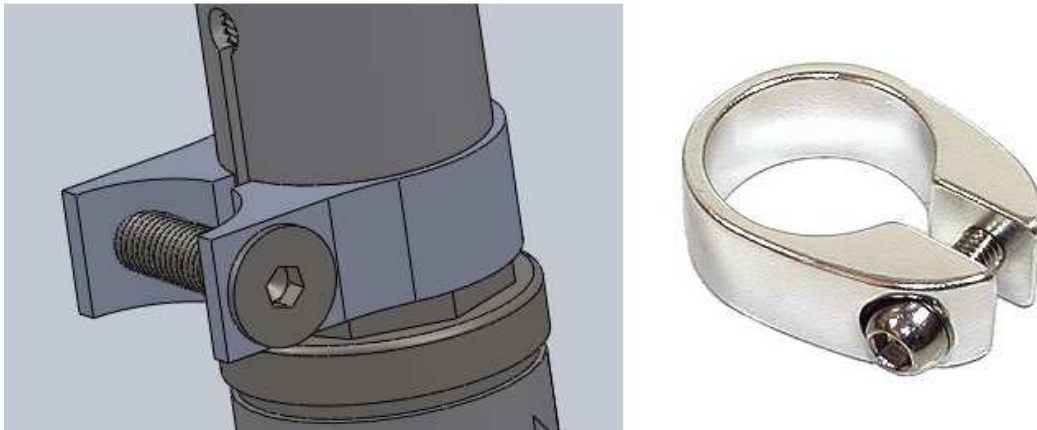


Ilustración 22: "abrazadera en unión parte exterior del manillar con horquilla"

Esta pieza asegura el agarre de la parte exterior del manillar con la horquilla. Por tanto, sus dimensiones vienen condicionadas por el diámetro del tubo exterior del manillar.

Abrazadera en unión entre los dos tubos de la dirección

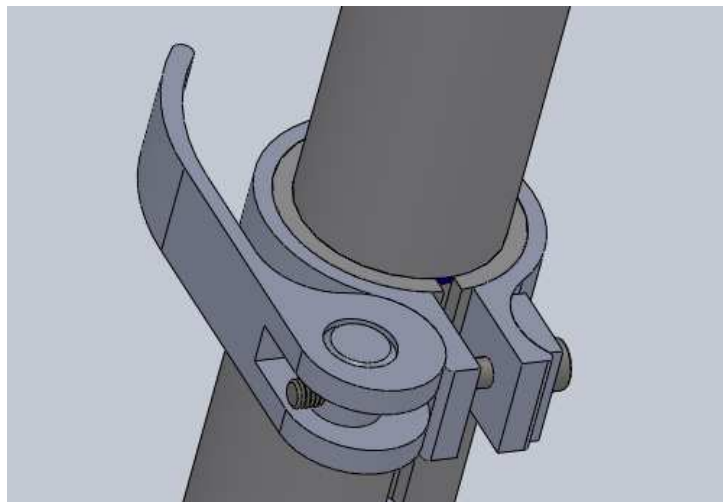


Ilustración 23: "abrazadera para el cambio de la altura de la dirección"

En la mayoría de los patinetes esta abrazadera es de 29 mm de diámetro interior, pero como se ha decidido que el diámetro del tubo exterior del manillar sea constante para facilitar su fabricación, usaremos una abrazadera de 34 mm, que se corresponde con el diámetro exterior del tubo. Como ya se ha dicho cuando se hablaba de los tubos del manillar, se decidió que el diámetro del tubo sería de 34 mm porque se pueden comprar

abrazaderas con esta dimensión, en concreto se venden para ser usadas en los asientos de los sillines de bicicleta.

Abrazadera en pieza de plegado

Esta abrazadera permite que el plegado tenga una doble fijación, asegurándose así el cumplimiento de la norma.

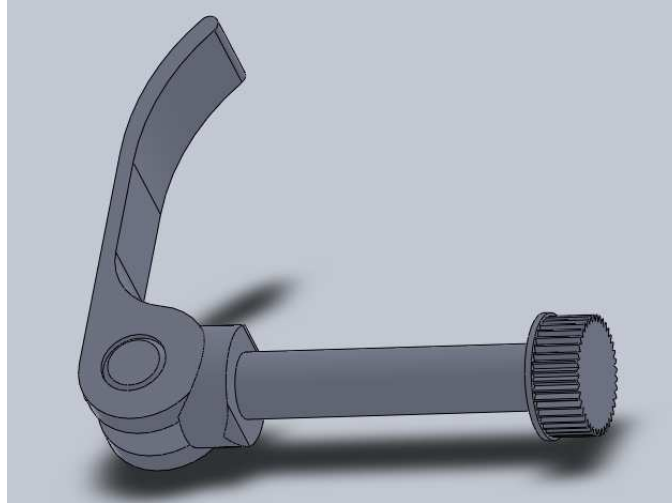


Ilustración 24: "abrazadera usada en pieza de plegado"

13. Ruedas

Esta ha sido una de las piezas en las que más se ha dudado a la hora de la selección, debido a que si bien en los patinetes autopropulsados están estandarizadas, en los patinetes eléctricos podemos encontrar una gran variedad de modelos.

Uno de los objetivos que deben cumplir las ruedas es aumentar la estabilidad y amortiguar las irregularidades del terreno, por lo que previamente a la selección del modelo se han observado los distintos terrenos que se pueden encontrar en el campus de la Universidad de Almería.

Básicamente podemos distinguir entre terrenos de asfalto y terrenos de losas. En los terrenos de asfalto se producirá un gran desgaste de las ruedas, y en los terrenos de losas se ha observado al usar el patinete que debido a la distancia entre unas y otras resulta muy incomodo usar un patinete con las ruedas completamente rígidas.

En cuanto al peso total máximo a soportar por la rueda, será de 110 kg (100 kg del usuario y 10 kg aproximadamente del patinete) que si suponemos que cada rueda soportará en algún caso como mucho un 70% del peso, el máximo peso a soportar sería de 77 kg.

En cuanto al diámetro de la rueda, en los patinetes comerciales varía entre 80 y 200 mm. Los diámetros más pequeños se encuentran en los patinetes autopropulsados clásicos y los más grandes en patinetes con ruedas neumáticas, patinetes no plegables y

en general, en la mayoría de los modelos eléctricos sacados a la venta recientemente. Se sabe que a mayor diámetro será mayor la velocidad máxima, mejor la estabilidad, se notarán menos las irregularidades del terreno y vibrará menos el patinete, pero, será menor la aceleración, será más difícil maniobrar y el patinete plegado tendrá un mayor tamaño. Por tanto, debido a que cuando se probó un patinete con ruedas pequeñas en el campus resultaron muy molestas las vibraciones y se notaban mucho las irregularidades y al probar uno con ruedas grandes se notó una gran mejora, se van a seleccionar unas ruedas grandes, aunque, tampoco las más grandes ya que sería muy difícil maniobrar, en concreto, el diámetro será de 150 mm.

A continuación se muestra una breve explicación de los tipos de rueda que se han barajado:

Ruedas neumáticas



Ilustración 25: "rueda neumática"

Son las que mejor se comportan ante las irregularidades y a las que menos les afecta que el terreno este mojado, su capacidad de carga es media, aunque, son muy pesadas, son difíciles de encontrar en diámetros de 150 mm, se pueden pinchar y son caras.

Ruedas de poliuretano fundido



Ilustración 26: "rueda de poliuretano fundido"

Su capacidad de carga es muy alta aunque al ser tan rígidas les afectan mucho las irregularidades del terreno. Además, tienen un perfil muy cuadrado, lo cual crea problemas las curvas, son las más caras y su peso es alto.

Ruedas plásticas de patinetes clásicos (de poliuretano generalmente)



Ilustración 27: "rueda plastica"

Son muy baratas y son las más ligeras, se pueden encontrar en todos los tamaños, su comportamiento es muy bueno permitiendo alcanzar velocidades muy altas y su capacidad de carga es media. Por otra parte, su agarre no es demasiado bueno en general, por lo que resultan muy peligrosas en mojado, se desgastan mucho y son molestas de usar en terrenos irregulares como los de la universidad debido a que se notan muchas vibraciones.

Ruedas con bandaje de goma sólida



Ilustración 28: "ruedas de goma sólida"

Son muy baratas, tienen un perfil redondeado que permite tomar mejor las curvas, absorben bien las vibraciones, se encuentran en todos los tamaños, son ligeras y su capacidad de carga es media. Como desventaja, se desgastan con mayor facilidad que las ruedas neumáticas o las clásicas, y a grandes velocidades se reduce la capacidad de carga.

Ruedas con bandaje de goma blanda



Ilustración 29: "rueda de goma blanda"

Tienen un agarre muy bueno y son ligeras aunque su capacidad de carga es muy pequeña y sería necesario usar unas ruedas enormes para soportar el peso.

Modelo seleccionado



Ilustración 30: "rueda de goma sólida a usar en patinete"

Finalmente se ha seleccionado un modelo de rueda con goma sólida de 150 mm debido a su bajo coste y buen comportamiento. En concreto el modelo seleccionado presenta las siguientes características:

Ø rueda = 150 mm

Ancho rueda = 40 mm

Capacidad de carga = 135 kg

Tipo de eje: cojinete de agujas

Ø eje = 20 mm

Peso = 0.79 kg

Resistente a temperaturas desde -30° hasta 80°

Dureza del bandaje: 80° shore A

Aunque pueda parecer que la capacidad de carga es demasiado alta, a grandes velocidades como 20 km/h esta capacidad se puede reducir hasta en un 50% por lo que llegaría a ser de 67.5 kg. A pesar de ser este valor inferior a los 77 kg establecidos inicialmente, se considera válido ya que estamos hablando de casos extremos y además en los datos proporcionados por el fabricante ya se está estableciendo un coeficiente de seguridad alto. En cuanto al ancho de la rueda, al ser de 40 mm aumenta la estabilidad y este es uno de los motivos por el que se han seleccionado estas ruedas, ya que como se comentó a la hora de realizar la evaluación de alternativas, al tener sólo dos ruedas el patinete sería necesario aumentar posteriormente la estabilidad.

14.Freno

La distancia entre los dos perfiles en U de debajo de la base es demasiado grande como para posicionar entre los dos el eje del freno. Por tanto, se ha optado por crear dos agarres que se atornillan en la mitad de la base, tal y como se muestra en la Ilustración 31. Estos agarres se obtienen a partir de la misma chapa de la que se ha obtenido la base, ya que su espesor es de 10 mm.

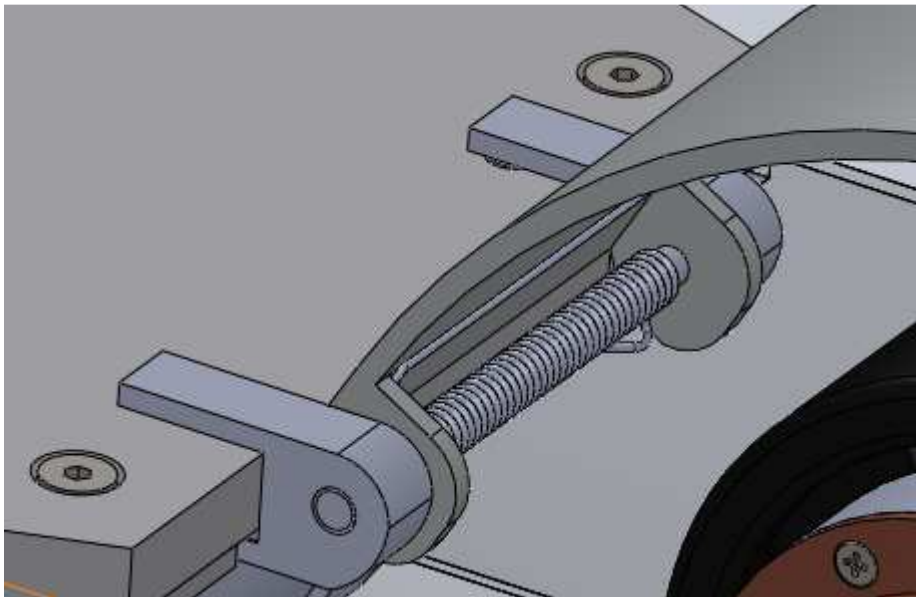


Ilustración 31: "agarres en la base para colocar el eje del freno"

En cuanto al diseño del freno propiamente dicho, se ha usado el mismo perfil en U que se usa debajo de la base, ya que estos se compran por longitud y al reutilizarlos se reduce mucho el coste. Se parte de un perfil en U de 170 mm de longitud como el de la Ilustración 32.

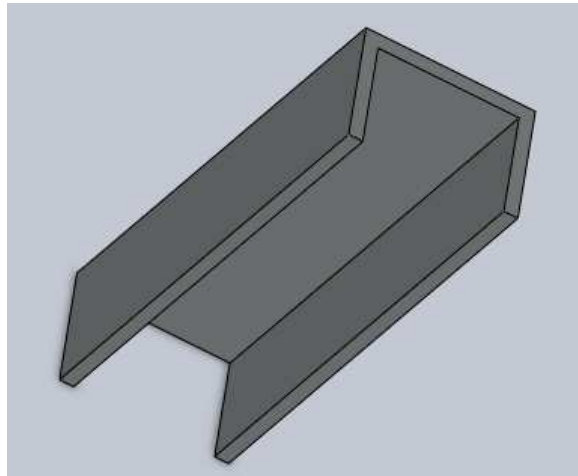


Ilustración 32: "perfil en U para freno sin mecanizar"

Después, se recortan las caras laterales con la sierra de cinta, excepto 20 mm obteniendo la pieza que se puede ver en la Ilustración 33.

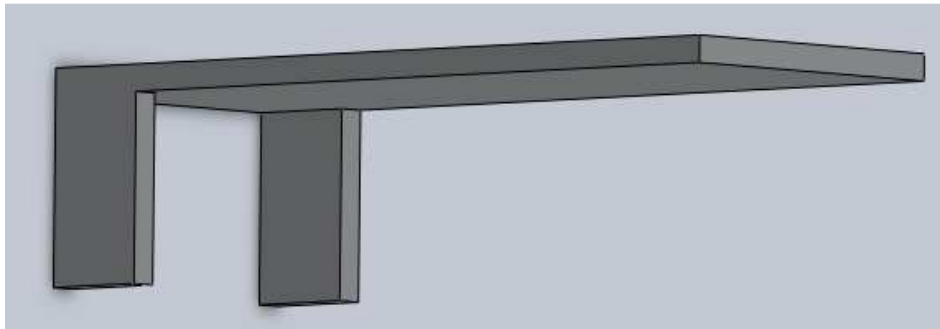


Ilustración 33: "perfil en U con caras laterales recortadas"

Posteriormente se dobla la parte superior con la plegadora, y se realizan los taladros para el eje.

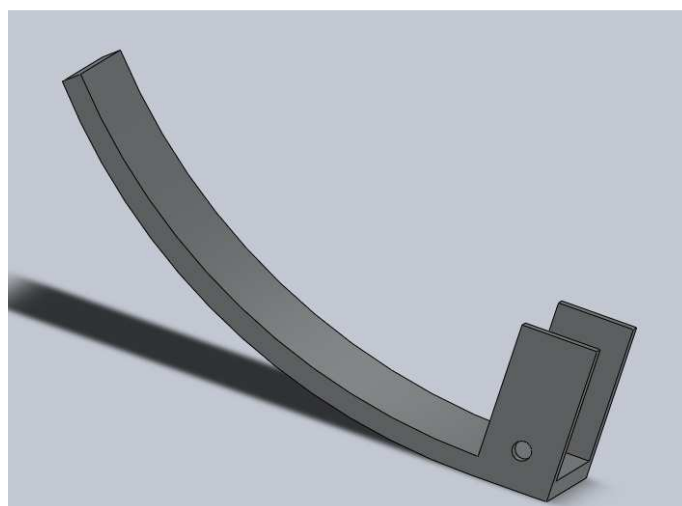


Ilustración 34: "perfil en U plegado y con taladro realizado"

Para finalizar el mecanizado de la pieza se recorta la parte sobrante de los laterales y se redondean los bordes para cumplir la normativa.

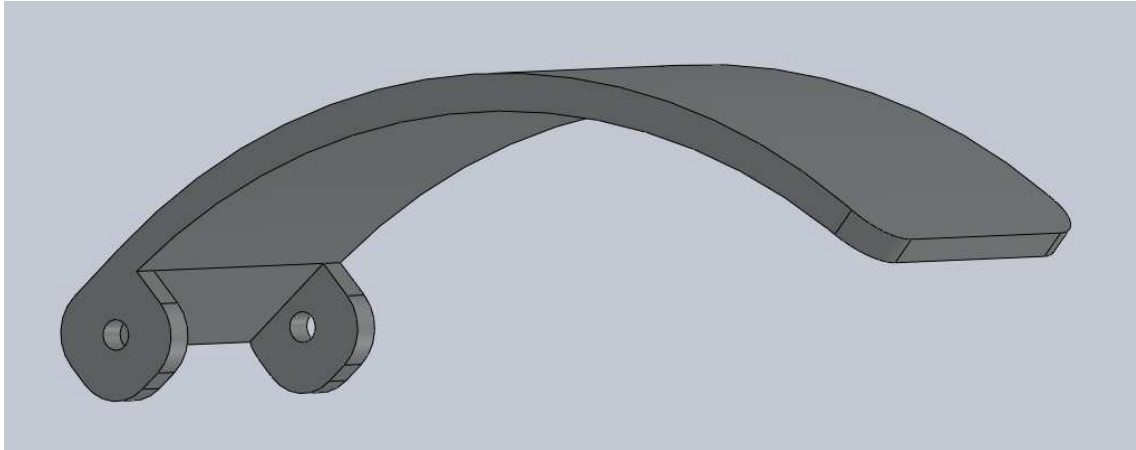


Ilustración 35: "pieza de freno mecanizada"

Además, para el mecanismo de frenado es necesario el diseño de un muelle que permita que después del frenado la pieza vuelva a la posición original y se separe de la rueda. Para cumplir este propósito se ha diseñado el resorte que se puede ver en la Ilustración 36, basándose en los muelles usados en los patinetes comerciales.

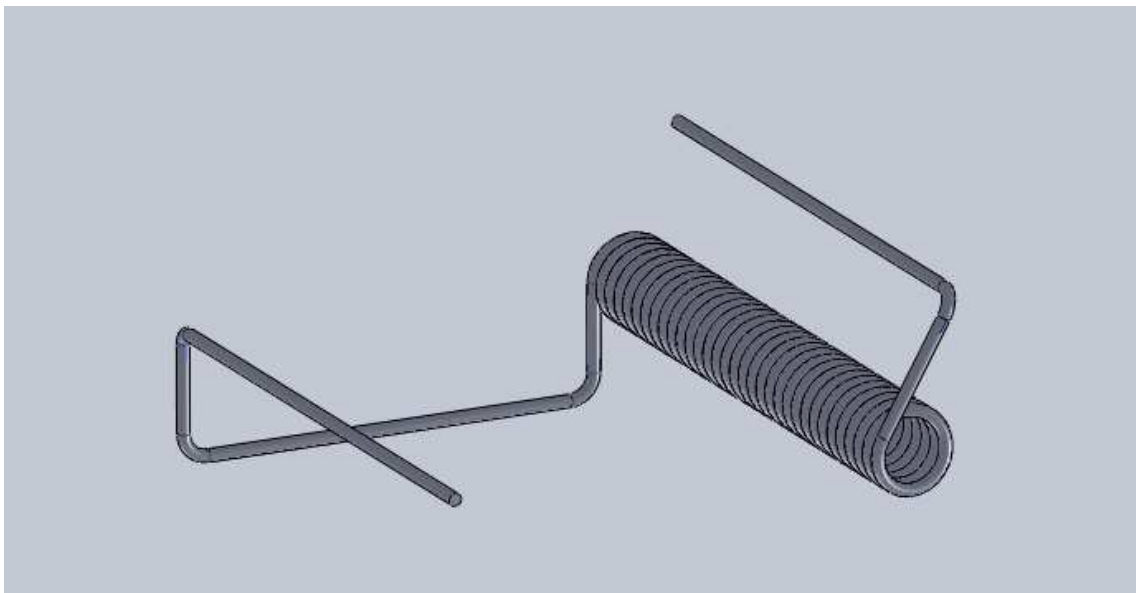


Ilustración 36: "muelle de frenado"

El ángulo que forman entre sí las dos partes del muelle, que están en contacto con la base y el freno respectivamente, se ha determinado situando en Solidworks el freno en la posición de equilibrio deseada y midiendo el ángulo que forman las dos superficies, siendo este ángulo de 120° . La altura de la "patilla" del muelle que está en contacto con la base se ha modificado posteriormente ya que era demasiado corta y no permitía la ubicación del freno en la posición de equilibrio deseada.

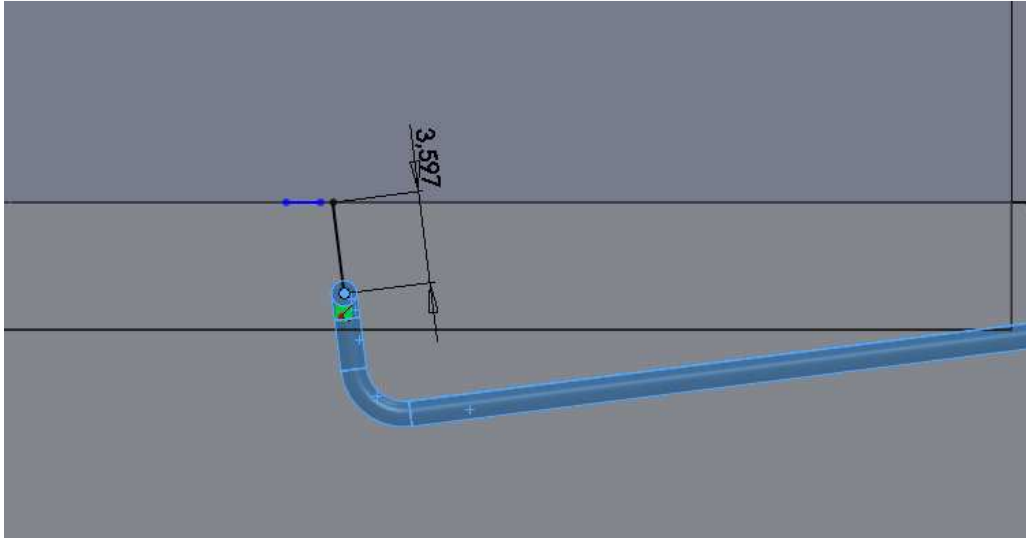


Ilustración 37: "cálculo de la longitud necesaria en la patilla del muelle del freno"

Tras modificar el diseño del muelle se comprueba como las dos superficies son tangentes, y el freno y la base forman el ángulo deseado de 120° .

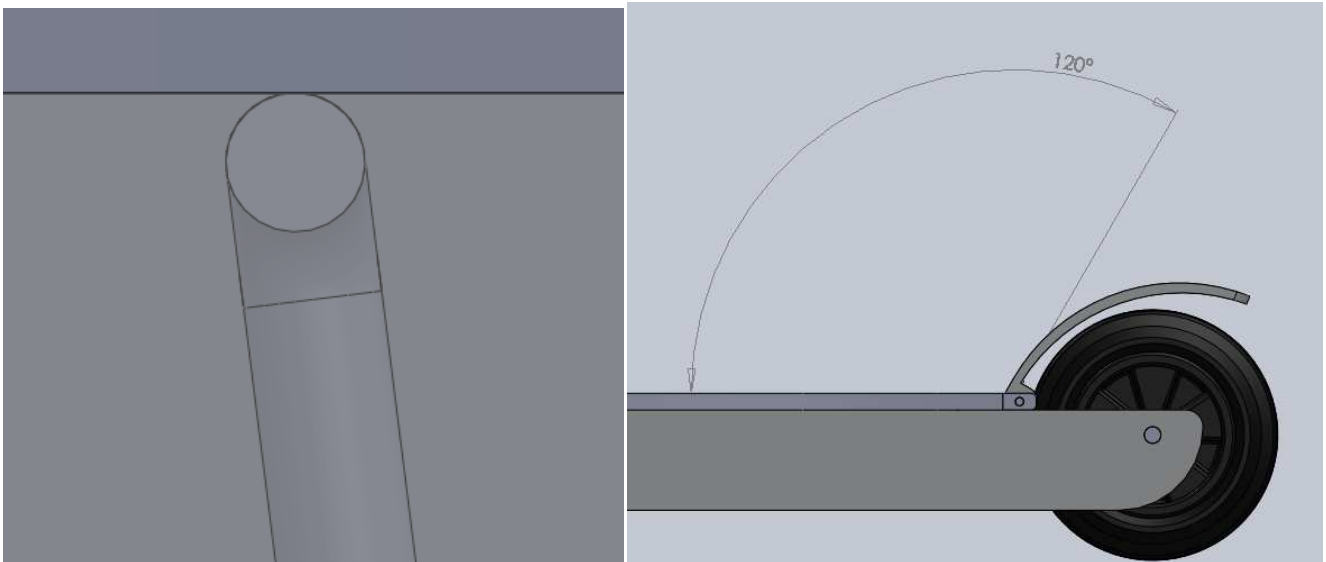


Ilustración 38: "comprobación tangencia y ángulo entre superficies"

Finalmente, se ha modificado el redondeo realizado en el freno (ver Ilustración 39) para que este entre en contacto con la base si sube más de lo deseado, es decir, si el ángulo de 120° disminuye, de esta manera se controla que el freno este siempre en la posición deseada.

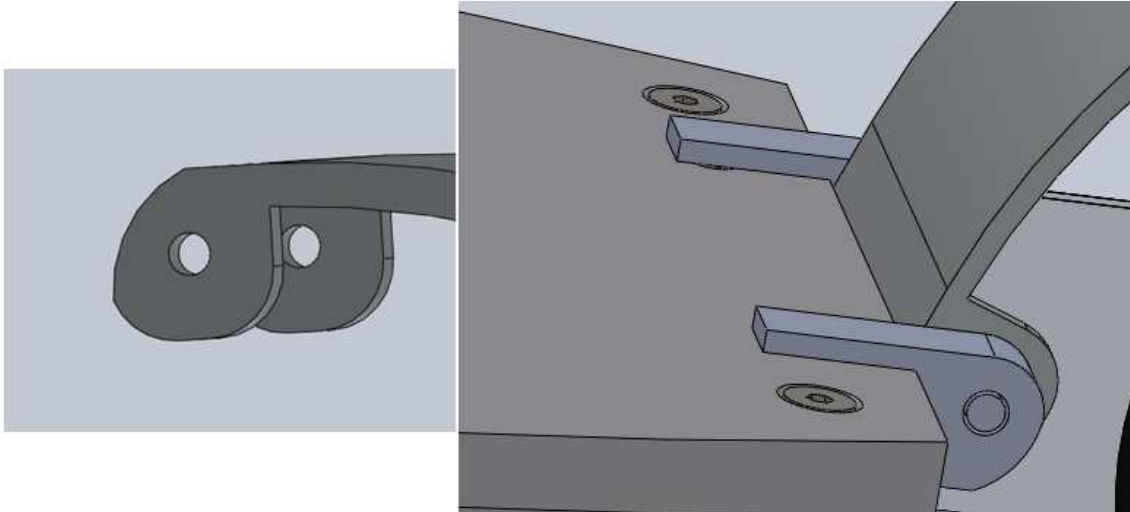


Ilustración 39: "modificación redondeo en freno para provocar el choque del freno y la base"

15. Motor

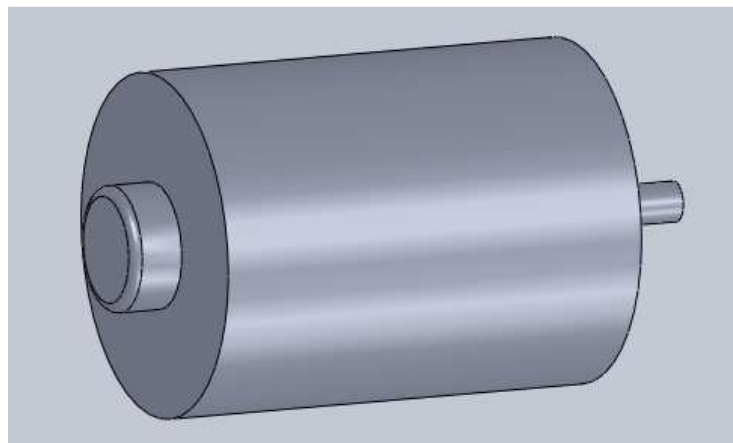


Ilustración 40: "motor de 150 W representado en *Solidworks*"

El motor seleccionado es de escobillas con 150 W de potencia. Para más información acerca del motor consultar el Anexo 7: estudio del motor.

16. Pieza de agarre del motor a la base y correa

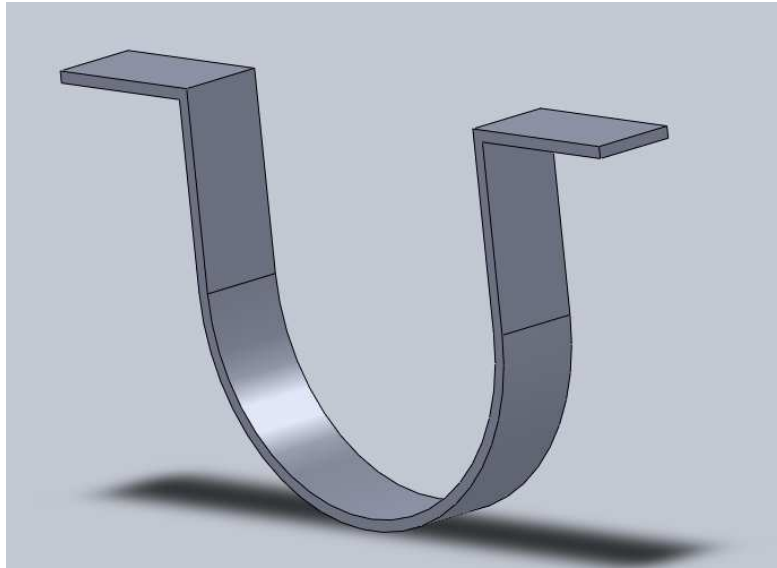


Ilustración 41: "pieza de agarre del motor a la base"

Para conseguir que el motor este fijo se han diseñado dos piezas que permitan agarrar el motor a la base por los laterales. Para su diseño se ha tenido en cuenta la posición en la que se encuentra el motor, y para colocar el motor hay que tener en cuenta, entre otras cosas, que la correa no chocase con nada. Como ya se sabe que la relación de transmisión será de 1:3, y se conoce el tamaño de la polea, se puede comprobar la intersección como se observa en la Ilustración 42.

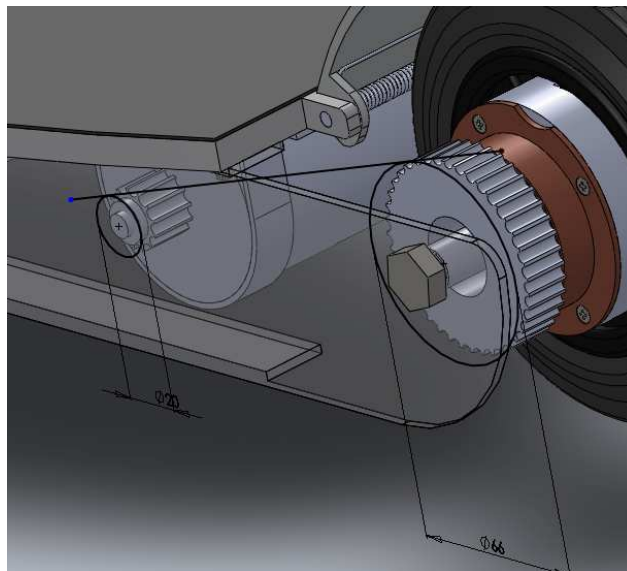


Ilustración 42: "comprobación de la intersección entre piezas"

Para seleccionar el modelo comercial de correa se ha calculado previamente su longitud midiendo en Solidworks el diseño inicial:

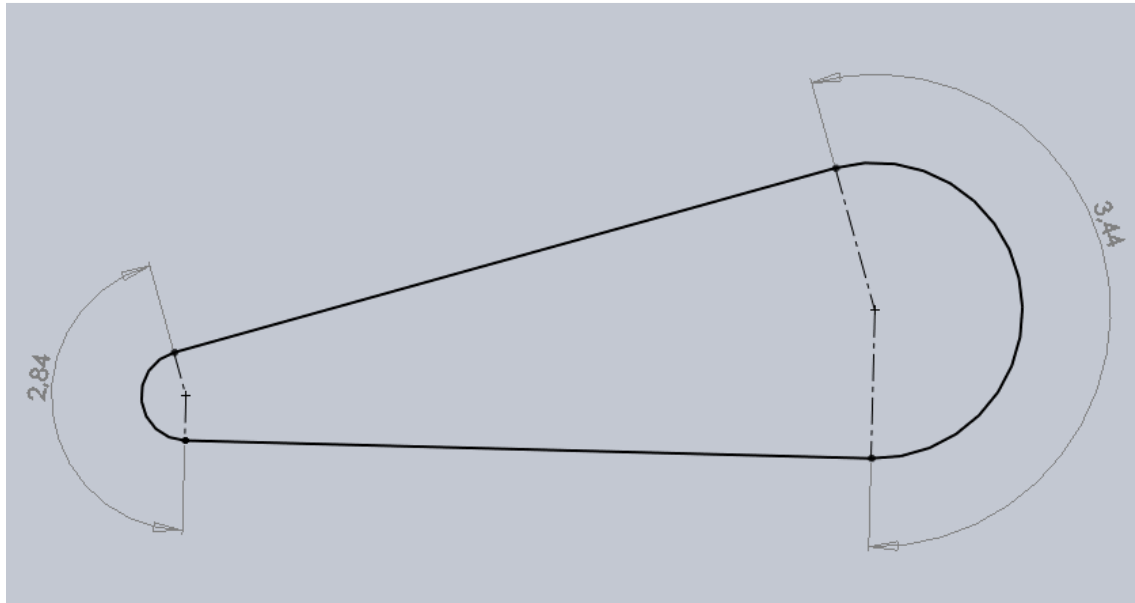


Ilustración 43: "diseño de correa en Solidworks"

$$\text{longitud correa} = 2 \cdot \text{longitud lados} + \theta_1 \cdot r_1 + \theta_2 \cdot r_2$$

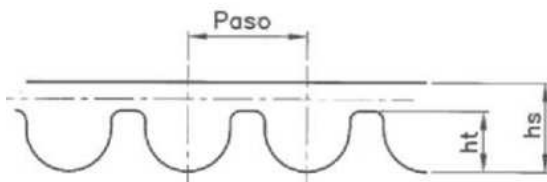
$$\text{longitud correa} = 2 \cdot 153.45 + 2.84 \cdot 10 + 3.44 \cdot 33 = 448.82 \text{ mm}$$

Por lo tanto, se selecciona un modelo con una longitud inmediatamente superior, en concreto 450 mm.



Ilustración 44: "Correa HTD 450-5M-12"

El modelo seleccionado tiene un ancho de 15 mm, posee 90 dientes a una distancia de 5 mm entre ellos, con una altura de diente de 2.1 mm y una altura total de 3.6 mm.



TIPO	PASO	hs	TOL.	ht
	mm	mm	mm	mm
HTD-3M	3	2,4	±0,20	1,2
HTD-5M	5	3,6	±0,25	2,1
HTD-8M	8	5,6	±0,40	3,4
HTD-14M	14	10,0	±0,60	6,1

Ilustración 45: "dimensiones correas HTD"

17. Piñón del motor



Ilustración 46: "piñón para correas HTD 5M-15"

Se ha seleccionado un modelo de piñón que se corresponda con la correa anteriormente seleccionada. Obviamente el paso y el ancho serán los mismos que los de la correa; 5 mm y 15 mm respectivamente. El número de dientes es de 13 siendo su diámetro exterior de 20 mm.



Ilustración 47: "representación del piñón en *Solidworks*"

18. Rueda libre



Ilustración 48: "rueda libre para patinete eléctrico"

Las ruedas libres transmiten o soportan un momento torsor en una dirección por fricción de sus componentes y permiten el giro libre en dirección opuesta. Estas se usan en los siguientes casos:

Indexación: Transformación de un movimiento oscilante en rotación intermitente (avance).

Antirretroceso: Para prevenir retrocesos y contramarchas no deseados.

Rotación libre: Para permitir que el eje conducido gire por inercia a mayor velocidad que el eje motor, o bien para que el motor principal pueda arrancar a una velocidad mayor que la del motor auxiliar de arranque.

Obviamente el caso del presente proyecto es el tercero, ya que se decidió usar la rueda libre debido a que es necesario que cuando el patinete se use sin motor el movimiento de la rueda trasera no transmita giro al eje motor. Además, en otras circunstancias también sería muy útil, como por ejemplo si se baja una cuesta a una velocidad mayor de la que está transmitiendo el motor o si se desea autopropulsar el patinete en el arranque.

En cuanto al mecanismo interno de la rueda libre varía entre unas ruedas y otras, pero el más generalizado y el que posee la rueda libre seleccionada es el conocido como trinquete.

Las ruedas libres industriales con Trinquete (I.R.F.) son el tipo más básico y más robusto de rueda Libre. El uso más común de las IRF es junto con un piñón de cadena de rodillos. El embrague consiste en 5 componentes: el aro interior o centro (1), el aro

exterior (2), los linguetes impulsores (3), los resortes accionadores (4) y las bolas de soporte del rodamiento (5).

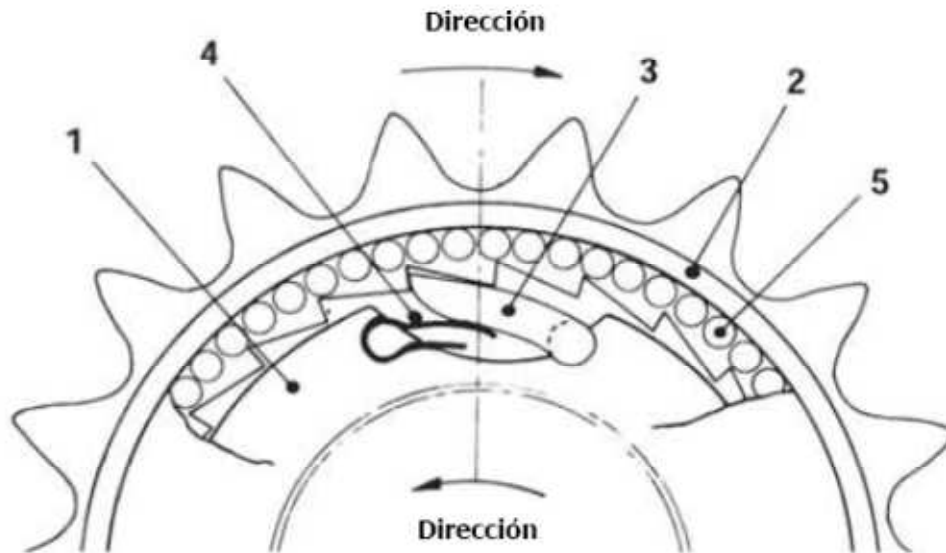


Ilustración 49: "mecanismo interior de la rueda libre"

El par se transmite de un aro al otro por los linguetes (3) enganchándose en los dientes de trinquete que se forman en la parte interna del aro exterior. Si los aros rotan en la dirección opuesta los linguetes pueden funcionar libremente por los dientes de trinquete. Los linguetes se mantienen en contacto con los dientes de trinquete a todo momento con resortes de láminas robustos (4) asegurando que la transmisión positiva siempre sea posible. Los aros interiores y exteriores se mantienen concéntricos entre si gracias al aro rodamiento de bolas de trabajo liviano (5).

El modelo seleccionado (ver Ilustración 48) es un modelo de rueda libre usado en los patinetes eléctricos cuyo diámetro interior es de 34 mm y el exterior de 75 mm. Este modelo va roscado interiormente para permitir el agarre con la polea.

19. Polea en el eje trasero

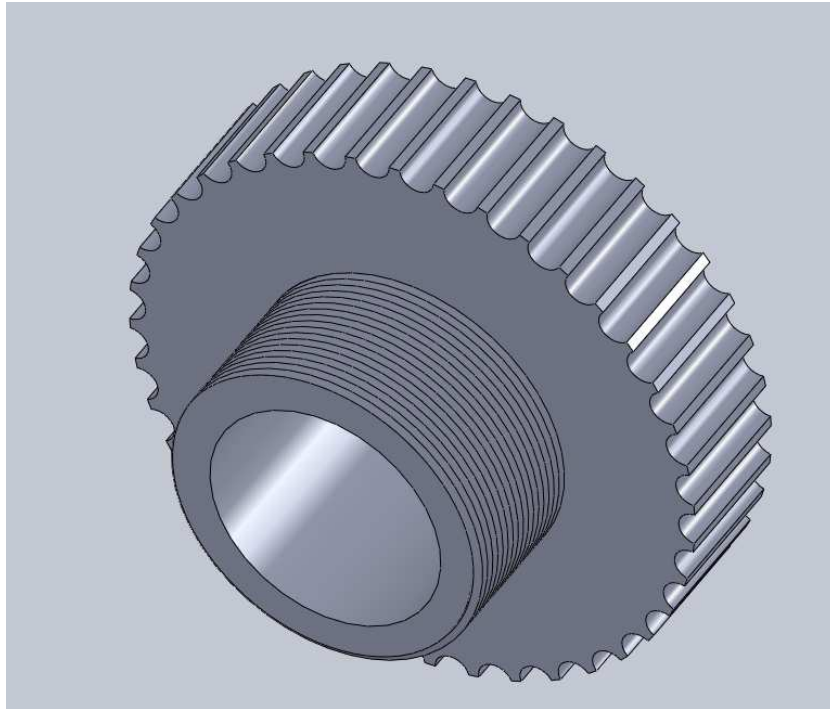


Ilustración 50: "diseño de polea en Solidworks"

La polea se ha decidido mecanizar en la universidad debido a que no se corresponde con ninguna polea comercial. El diseño de esta pieza viene determinado por la correa y la rueda libre seleccionadas anteriormente. El saliente en el lateral tiene un diámetro exterior de 34 mm por lo que permite el acople en el interior de la rueda libre. En cuanto al dentado se corresponde con el opuesto del realizado en la correa, siendo el diámetro exterior de 60 mm, diámetro que fue determinado previamente debido a la relación de transmisión. Además, para permitir un correcto agarre con la rueda libre, esta pieza se ha roscado exteriormente.

20. Pieza de unión entre rueda libre y rueda

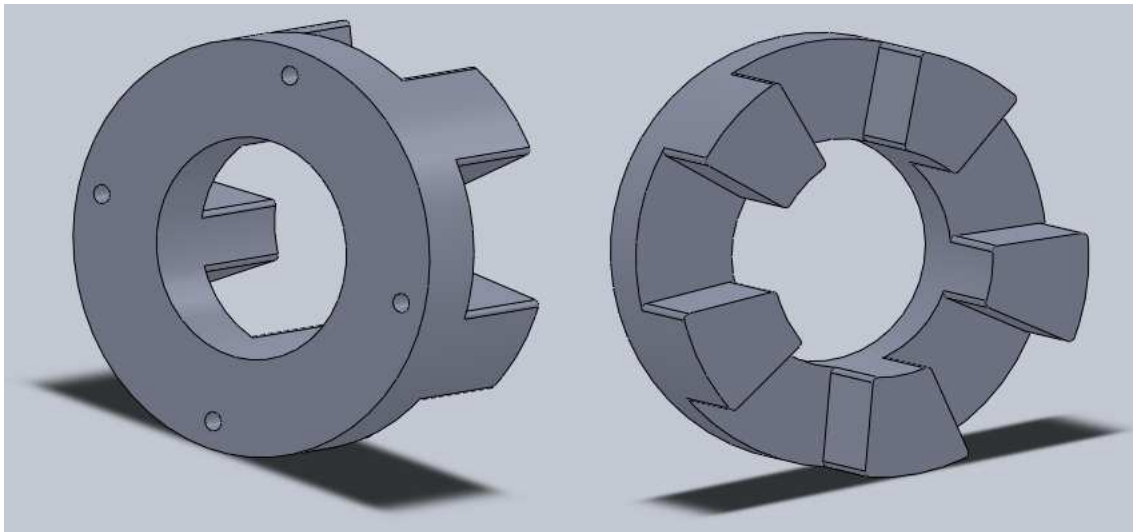


Ilustración 51: "pieza de unión entre rueda libre y rueda en Solidworks"

Esta pieza se usa para no atornillar directamente la rueda libre a la llanta de la rueda, debido a que esto podría provocar la fractura de esta. Consiste en una pieza que va atornillado a la rueda libre y que transmite el giro mediante el contacto de los salientes con la llanta de la rueda. Posee 4 taladros M3 coincidentes con los taladros que lleva la rueda libre.

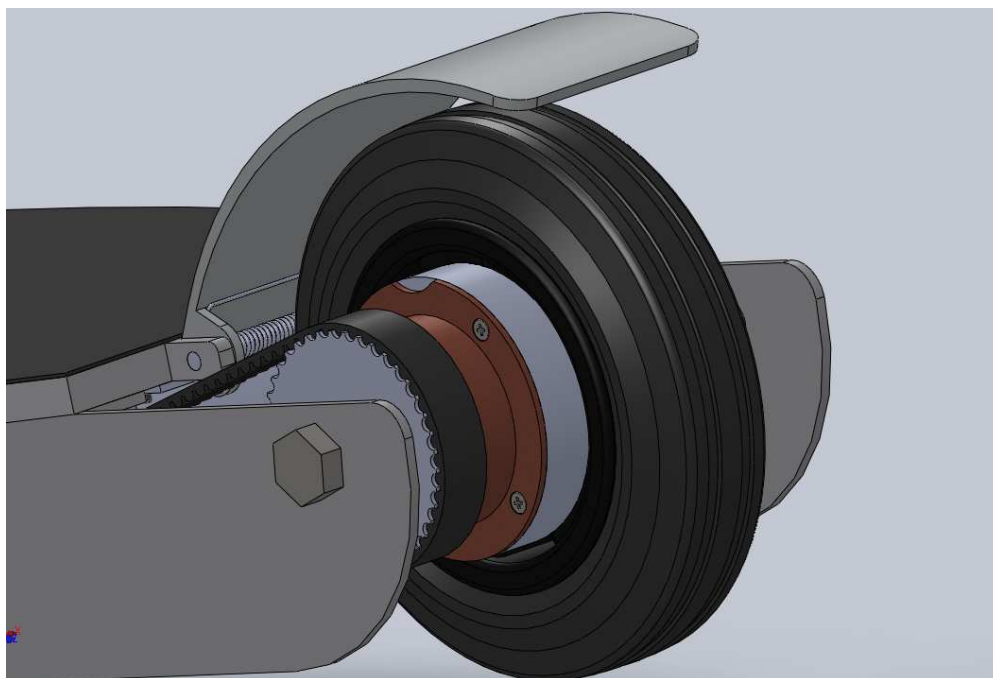


Ilustración 52: "montaje polea-rueda libre-pieza union rueda libre y rueda"

21.Ejes

Rueda delantera

El eje de la rueda delantera se trata de un tornillo M12 de 80 mm ya que la rueda se puede solicitar equipada con unos casquillos que permiten usarla en un eje de 12 mm en lugar de en un eje de 20 mm.

Rueda trasera

Al igual que en la rueda delantera la rueda se solicitará con el casquillo adaptador para usarla en un eje de 12 mm. En concreto se va a usar un eje M12 normalizado de 180 mm de longitud que se recortará hasta los 160 mm. De esta manera queda roscada una distancia de 16 mm.

22.Casquillos montados en eje trasero

Para evitar que la rueda se mueva de la posición central se han instalado dos casquillos en la rueda trasera. Estos casquillos son simples tubos de aluminio que van en la parte exterior del eje entrando en contacto con el perfil en U y la rueda y fijando la posición de ambos. Sus dimensiones son 14 mm de diámetro exterior y 12 mm de diámetro interior (coincidente con el eje), en cuanto a la longitud, al estar la rueda centrada ambos casquillos miden 42 mm.



ANEXO 5: SELECCIÓN DE LOS MATERIALES

Índice

1. Introducción	página 120
2. Características mecánicas de los materiales.....	página 120
Límite de rotura, límite de fluencia, densidad	página 120
Módulo de elasticidad.....	página 120
Elongación	página 120
Límite de fatiga.....	página 120
Resiliencia.....	página 121
Tenacidad.....	página 122
3. Aceros y aluminios	página 122
Características.....	página 122
Acero.....	página 122
Aleaciones aluminio	página 122
4. Aleaciones de aluminio.....	página 124
Aleaciones de aluminio 6061-T6, 7005-T6 y 7075-T6.	página 125
Características mecánicas	página 126
5. Material a usar en cada pieza.....	página 127
Perfiles en U	página 127
Chapa de la base y chapa usada en pieza de plegado	página 127
Chapa usada en parte inferior de la horquilla	página 128
Tubo cuadrado usado en el cuadro	página 128
Tubos redondos extruidos.....	página 129
Potencia.....	página 129
Rodamientos de la dirección.....	página 129
Ejes	página 129

1. Introducción

Para la elección del material que se utilizará se han observado las propiedades de éstos y se han comparado los posibles materiales a utilizar, viéndose cuál se ajusta más a las necesidades del proyecto.

2. Características mecánicas de los materiales.

Límite de rotura, límite de fluencia, densidad

Interesan materiales con elevados límites de rotura y de fluencia, y con baja densidad. En realidad se comparará la relación límite de rotura-densidad, y límite de fluencia-densidad; cuanto mayor sea este valor menor será el peso del cuadro para la misma carga de rotura.

Módulo de elasticidad

El Módulo elástico o Módulo de Young [Pa] o [N/m²] es definido como la pendiente elástico–lineal de la curva tensión–deformación.

$$E = \sigma / \varepsilon$$

Materiales con un módulo de elasticidad muy alto pueden resultar frágiles ante fuerzas de impacto pero si presentan un módulo de elasticidad bajo puede llevar a patinetes poco rígidos.

El módulo de Young no presenta grandes cambios con el tipo de aleación o el tratamiento térmico en un mismo metal.

Elongación

Esta propiedad es un indicador de lo dúctil que es el material, mide la deformación del material antes de romperse y depende del tratamiento térmico y de la naturaleza de la aleación.

El riesgo a la rotura frágil aumenta al disminuir el valor de la elongación. Materiales con valores por debajo del 6-7% pueden considerarse frágiles.

Límite de fatiga

Se debe prestar atención a la fatiga ya que es una de las principales causas de rotura. Las estructuras sometidas a esfuerzos alternativos se calculan teniendo en cuenta la fatiga de los materiales. La fatiga depende de una serie de factores; además de la composición, estado y procedimiento de obtención del material, hay que considerar la clase y frecuencia de las sollicitaciones y, especialmente, la configuración de los elementos constructivos (distribución de fuerzas, tensiones máximas, superficie).

La denominación “resistencia a la fatiga” se utiliza como concepto genérico para todos los casos de sollicitaciones alternativas. El comportamiento ante la fatiga de los materiales se representa generalmente mediante las curvas de Wöhler, que relacionan la tensión con el número de ciclos en escala logarítmica.

El magnesio, el berilio y las aleaciones de aluminio (excepto algunas de la serie 5000) no presentan límite de fatiga, cualquier carga cíclica (por pequeña que sea) prolongada en el tiempo tendrá como consecuencia la rotura del material.

El límite de fatiga para un determinado número de ciclos (S_{ef}), es el máximo esfuerzo alternativo para el cual se asume que el material no fallará, siempre que el número de ciclos sea inferior al dado.

Las curvas de fatiga son válidas solamente para las condiciones de ensayo mencionadas (forma de la probeta, tipo de sollicitación, etc.) y no pueden siempre ser aplicadas a otros casos.

$Se = 0,504 Su$	Acero forjado, $Su < 1460\text{Mpa}$.
$Se = 740\text{MPa}$	Acero forjado, $Su > 1460\text{MPa}$.
$Se = 0,5 Su$	Aleaciones de titanio.
$Se = 0,38 Su$	Aleaciones de magnesio fundidas o forjadas (basado en 10^6 ciclos de vida).
$Se = 0,40 Su$	Aleaciones de aluminio, $Su < 330 \text{MPa}$ (basado en 5×10^8 ciclos de vida).
$Se = 130\text{MPa}$	Aleaciones de aluminio, $Su > 330 \text{MPa}$ (basado en 5×10^8 ciclos de vida).

Tabla 1: “límites de fatiga”

Todas las relaciones que aparecen en la Tabla 1 están basadas en una fiabilidad de vida del 50%. Estos valores han sido obtenidos experimentalmente bajo unas condiciones ideales, y deben ser modificados en función de las condiciones de operación del elemento de estudio.

Resiliencia

Se denomina resiliencia a la cantidad de energía elástica almacenada en un material por unidad de volumen. En un diagrama de tracción corresponde al área bajo la recta elástica, donde ocurre que $\text{resiliencia} = \sigma^2 / 2E$.

Lo dicho anteriormente significa que la resiliencia de un material es inversamente proporcional a E (módulo de Young). Esta propiedad empieza a tener significado

cuando buscamos materiales que justamente necesiten almacenar energía elástica antes de llegar a la rotura o colapso plástico.

Tenacidad

Se puede definir como la resistencia del material a agrietarse rápidamente, o también, como la capacidad de absorber energía plástica antes de fracturarse. En el ensayo de tracción (ensayo realizado a baja velocidad de deformación) se puede evaluar la tenacidad como el área que hay debajo de la curva tensión-deformación. Se trata de una característica mecánica que se mide en energía por unidad de volumen.

La tenacidad es mayor cuando se alcanza un compromiso entre una buena resistencia y una buena ductilidad. Un material puede ser dúctil pero no tenaz, o puede ser resistente pero no ser tenaz.

En un impacto, el patinete puede deformarse plásticamente, como en el caso del impacto con una roca al producirse una caída. Esta hendidura producida siempre será preferible a que se produzca una grieta. Para evitar que el cuadro se rompa después de producirse esta hendidura es necesario que el material presente una buena tenacidad.

En nuestro caso no es deseable la deformación permanente, pero en caso de fuertes impactos, serían preferibles pequeños puntos de fluencia (que no afectarían a la geometría del cuadro) antes que la rotura por fractura.

3. Aceros y aluminios

Los dos materiales en los que inicialmente se pensó fueron el aluminio y el acero, el primero por su bajo peso específico y el segundo por la facilidad de ser mecanizado en la universidad. En la Tabla 2 se pueden observar las características generales del acero y de las aleaciones de aluminio.

<i>Características</i>	<i>Acero</i>	<i>Aleaciones aluminio</i>
Peso Específico (g/cm³)	7,85	2,70
Punto de Fusión (°C)	1535	658
Coefficiente de dilatación térmica lineal (10⁻⁶ °C⁻¹)	11	23
Resistividad eléctrica (microhmios-cm²/cm)	19	2,8
Resistencia a tracción (N/mm²)	370-620	250-300

Límite elástico 0,2 (N/mm²)	240-360	270
Módulo de elasticidad (N/mm²)	200.000	65.000
Posibilidad de soldar en el centro de mecanizado de la Universidad	Sí	No

Tabla 2: "características generales del acero y del aluminio"

En principio, se podría pensar que el acero es el material más adecuado ya que la menor resistencia del aluminio hace que la aplicación de esfuerzos sobre él sea más delicada que sobre el acero, en cuanto a la elasticidad (modulo elástico) al ser menor, el aluminio tiene menor tendencia a recuperar su forma original cuando desaparece la fuerza que ha causado su deformación. También hay que tener en cuenta que soldar aluminio es más complejo debido a su alto coeficiente de dilatación térmica y baja resistividad eléctrica (además de no poder soldar aluminio en el centro de mecanizado de la universidad), y la resistencia a tracción también es menor en aluminio.

Pero, una de las premisas que debía cumplir el patinete es que fuese ligero (unos 10 kg como máximo incluyendo motor, baterías etc.), y un peso inferior al del aluminio solo se puede conseguir con carbono, con el inconveniente de ser mucho más caro. Ese peso no se podría conseguir con el acero debido a su peso específico tan elevado y, aunque se podría pensar que con el acero (al ser la resistencia a tracción superior) podríamos obtener el mismo peso haciendo más pequeñas (finas) las piezas del patinete, hay muchas piezas en las que no se podría reducir tanto el espesor debido a los problemas que se generarían en la fabricación y mecanizado de estas piezas; por ejemplo, sería muy complejo fabricar unos tubos para el manillar con un espesor inferior al milímetro.

El aluminio, además, es un material ligero, resistente, económico, abundante, fácil de soldar (aunque debe ser tratado térmicamente), que presenta facilidad a la hora de darle forma a los tubos y que posee una buena relación calidad-precio.

Además, la gran mayoría de los patinetes comerciales están diseñados en aleaciones de aluminio, por lo que se sabe de antemano que el aluminio es un buen material para usar en el patinete.

Por todo esto, finalmente el material elegido para la fabricación del patinete ha sido el aluminio, pero ahora lo que se debe plantear cuál de las múltiples aleaciones de aluminio es la más adecuada para usar en el diseño.

4. Aleaciones de aluminio

Todas las aleaciones de aluminio presentan prácticamente la misma densidad pero, el resto de propiedades mecánicas varían considerablemente. Además algunas de las aleaciones de aluminio más resistentes presentan un mal comportamiento ante la soldadura y otras deben ser tratadas térmicamente después de ser soldadas para recuperar sus propiedades.

El primer desafío del aluminio es la elongación, presentando valores inferiores a los del titanio o el acero. Es cierto que una baja elongación (y tenacidad) incrementa el riesgo de que se produzca fractura frágil, pero también hay que mirar el resto de propiedades del material.

Las aleaciones de aluminio se clasifican según el aleante mayoritario, es decir, aquel elemento que está en mayor cantidad, aparte por supuesto del aluminio. Según esto, se agrupan las aleaciones en 8 grupos o series, identificadas por cuatro cifras, desde la 1xxx hasta la 8xxx (o, como se dice normalmente, de la "mil" a la "ocho mil").

La primera cifra es la que identifica el aleante mayoritario. Los 1xxx son aluminios de alta pureza, con un mínimo de un 99%. Se usan en aplicaciones en las que las características mecánicas no sean las más importantes, y si otras como resistencia a la corrosión o conductividad eléctrica. Del resto de las series, las que más nos interesan son:

Los 2xxx van aleados con cobre, lo que mejora mucho su resistencia mecánica. En aplicaciones como patinetes o bicicletas no se usan mucho, porque resulta difícil hacer formas complejas.

Los 6xxx son con magnesio y silicio. Son muy usados, básicamente por que se conforma fácilmente y tiene buenas propiedades mecánicas.

Los 7xxx están aleados mayoritariamente con zinc. Los aluminios de esta serie tiene magníficas propiedades mecánicas, aunque el conformado no es, en general, tan bueno como los 6xxx. La resistencia a la corrosión es, en general, peor que otras series, aunque para nuestro proyecto no se considera un factor importante. En Estados Unidos se tienden a usar tubos de serie 6000, en cambio, en Europa la tendencia es a utilizar tubos de la serie 7000.

La soldadura afecta de diferente manera al aluminio según la aleación de que se trate. En las aleaciones de la serie 6000 la influencia de la zona afectada por el calor es pequeña, y con el tratamiento térmico posterior se recuperan gran parte de las características mecánicas del metal base, sobre todo en espesores pequeños. Las aleaciones de la serie 7000 sin cobre, presentan buenas características mecánicas tras el soldeo, pero además tienen la particularidad de que templean al aire y poseen maduración natural, con lo que se consiguen las ventajas de un tratamiento térmico posterior al

soldeo sin necesidad de realizarlo, recuperando el 90-95% del valor del límite de rotura. En Estados Unidos se tienden a usar tubos de serie 6000, en cambio, en Europa la tendencia es a utilizar tubos de la serie 7000.

Las aleaciones más usadas en aplicaciones como patinetes o bicicletas son las 6061, 6063, 7003, 7005, 7020 y 7075. Las de las series 6000 y 7000 son bonificables, mejoran sus propiedades al ser tratadas térmicamente. Los tratamientos térmicos que se le suelen dar a estas aleaciones son:

T4: Tratamiento térmico en solución y envejecimiento natural hasta un estado sustancialmente estable.

T5: Enfriado desde una alta temperatura durante el proceso de conformación y envejecido artificialmente.

T6: Tratamiento térmico en solución y después envejecimiento artificial.

Las aleaciones de aluminio que se van a destacar van a ser la aleación 6061-T6, la 7005-T6 y la 7075-T6, que se explican a continuación.

Aleaciones de aluminio 6061-T6, 7005-T6 y 7075-T6.

La aleación 6061 (aluminio-magnesio-silicio) tiene un moderado límite de rotura, junto con una excelente resistencia a la corrosión. Su principal característica es la extrusionabilidad, que hace que sea posible obtener formas complejas por extrusión repartiendo con precisión el material según la predicción de los esfuerzos en cada zona.

La aleación 7005 (aluminio-zinc-magnesio) presenta un límite de rotura superior a la 6061.

Las aleaciones aluminio-zinc-magnesio-cobre (Al-Zn-Mg-Cu) son las que presentan características mecánicas más elevadas entre todas las aleaciones de aluminio, pero también son las más sensibles al agrietamiento en caliente, lo que hace que su soldadura sea muy delicada. La aleación 7075 pertenece a este grupo. A causa de los problemas de resistencia en la zona de soldadura, normalmente su uso se limita a componentes que no van soldados.

La solución al inconveniente, que presentan las aleaciones Al-Zn-Mg-Cu, se ha encontrado en los aluminios 'Scandium' y 'ZR 9000', aunque su proceso de soldado sigue siendo complejo y se van a descartar debido a su alto coste.

En cuanto a las propiedades mecánicas de los diferentes materiales no solo dependen de la composición de la aleación, también se ha de tener en cuenta el tratamiento térmico al que han sido sometidas, y el trabajo de deformación en frío (extrusión). Es debido al proceso de deformación al que se someten los tubos en su conformado, en el

que se orientan y compactan los granos del material, que las propiedades mecánicas pueden modificarse considerablemente.

De esta forma encontramos notables diferencias entre los valores mínimos normalizados de las características mecánicas para semielaborado de materiales para laminación y forja (que podemos encontrar en cualquier libro de texto), y las características mecánicas que nos dan los fabricantes de tubos, perfiles, laminas..., siendo ambos el mismo material.

En la siguiente tabla se recogen las características típicas de las aleaciones de aluminio más usadas:

Aleación	Densidad (g/cm³)	Dureza Brinell	Límite de rotura (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	Elongación a la rotura (%)	Módulo de elasticidad (GPa)	Límite de fatiga (MPa)	Tenacidad (MPa·m^{1/2})
6063-T6	2.7	73	241	214	12	68.9	68.9	
6061-T6	2.7	95	310	276	12	68.9	96.5	29
7005-T6	2.78	94	350	290	13	72	150	
7050-T7651	2.83	147	552	490	11	71.7		31
7075-T6	2.81	150	572	503	11	71.7	159	25

Tabla 3: "propiedades de las principales aleaciones de aluminio"

Como se ve en la tabla, las mejores propiedades las observamos en las aleaciones 7050-T7651 y la 7075-T6 aunque presentan dificultad en los procesos de soldadura.

Características mecánicas

En la Tabla 4, se puede ver una comparativa de las principales características mecánicas de las aleaciones de aluminio comentadas anteriormente.

Aleación	Límite de fluencia/densidad	Fatiga/densidad	Elongación
6063-T6	♦	♦	♦♦
6061-T6	♦♦	♦♦	♦♦
7005-T6	♦♦	♦♦	♦♦
7050-T7651	♦♦♦	♦♦	♦♦
7075-T6	♦♦♦	♦♦	♦♦

Tabla 4: "comparativa de las características mecánicas de las principales aleaciones de aluminio"

De nuevo, se pueden observar las ventajas de las aleaciones de la serie 7000 frente a las de la serie 6000. Por tanto, como en el presente proyecto se ha intentado evitar la soldadura y solamente hay dos piezas soldadas, se va a usar como material (siempre que se pueda encontrar disponible en las formas necesarias) la aleación de aluminio 7075-T6, a excepción de las dos piezas que van soldadas (cuadro y horquilla) en las que se usará la aleación 6061-T6.

5. Material a usar en cada pieza

Una vez seleccionadas las dos aleaciones más idóneas para el patinete, se ha observado como en muchas piezas estas aleaciones no estaban disponibles y, por eso, se han tenido que modificar las aleaciones usadas en algunas piezas usando aleaciones no normalizadas cuyas características quedan especificadas por el fabricante. Seguidamente, se van a exponer las aleaciones usadas en cada pieza.

Perfiles en U

Se han seleccionado los perfiles de 70x25 con un espesor de 3 mm, proporcionados por la empresa *Lumetal*, que ofrece posibles aleaciones 6060 y 6063 con las características que se muestran a continuación:

<i>Aleación</i>	<i>Carga de rotura</i> (N/mm^2)	<i>Límite elástico</i> (N/mm^2)	<i>Alargamiento</i> (%)	<i>Dureza Brinell</i>
6060-T6	190	150	8	85
6063-T5	175	130	6	60

Tabla 5: "aleaciones posibles en los perfiles en U".

Por tanto, la aleación a usar será la 6060-T6.

Chapa de la base y chapa usada en pieza de plegado

Para esta pieza si se ha encontrado la aleación 7075-T6, en concreto la aleación proporcionada por *Alustock*, que es la *ALZINTOK 75-T6*, cuyas propiedades se muestran a continuación:

<i>Aleación</i>	<i>Carga de rotura</i> (N/mm^2)	<i>Límite elástico</i> (N/mm^2)	<i>Alargamiento</i> (%)	<i>Límite de fatiga</i> (N/mm^2)	<i>Dureza Brinell</i>
ALZINTOK 7075-T6	570	505	10	300	150

Tabla 6: "propiedades de la aleación ALZINTOK 7075-T6"

Chapa usada en parte inferior de la horquilla

Debido a que esta pieza va soldada, no es posible usar la misma aleación que en la base y en la pieza de plegado, motivo por el cual, tal y como se ha explicado anteriormente, la aleación a usar será la 6061-T6, en concreto se usará la *SIMAGALTOK 6061-T6*, cuyas propiedades se muestran a continuación.

<i>Aleación</i>	<i>Carga de rotura</i> (N/mm^2)	<i>Límite elástico</i> (N/mm^2)	<i>Alargamiento</i> (%)	<i>Límite de fatiga</i> (N/mm^2)	<i>Dureza Brinell</i>
SIMAGALTOK 6061-T6	310	270	14	190	95

Tabla 7: "propiedades de la aleación SIMAGALTOK 6061-T6"

Tubo cuadrado usado en el cuadro

Esta pieza, al igual que la horquilla, va soldada, además, sólo se encuentra disponible en las aleaciones 6060 y 6063. A continuación se muestran las propiedades de estas dos aleaciones:

<i>Aleación</i>	<i>Carga de rotura</i> (N/mm^2)	<i>Límite elástico</i> (N/mm^2)	<i>Alargamiento</i> (%)	<i>Límite de fatiga</i> (N/mm^2)	<i>Dureza Brinell</i>
SIMAGALTOK 6063-T5	215	175	14	150	60
SIMAGALTOK 6060-T5	220	185	13	160	75

Tabla 8: "propiedades de las aleaciones SIMAGALTOK 6063-T5 y 6060-T5"

Finalmente, el material a usar será la aleación SIMAGALTOK 6060-T5.

Tubos redondos extruidos

Para las dimensiones necesarias, se presentan las mismas aleaciones que en los tubos cuadrados, por lo que también se usará la aleación SIMAGALTOK 6060-T5, a excepción del tubo exterior de la dirección que lo proporciona la empresa *Lumetal* en la aleación 7020-T6 por un coste unas 4 veces superior, pero si se considera necesario se usará dicha aleación, cuyas propiedades se muestran a continuación:

<i>Aleación</i>	<i>Carga de rotura</i> <i>(N / mm²)</i>	<i>Límite elástico</i> <i>(N / mm²)</i>	<i>Alargamiento</i> <i>(%)</i>	<i>Dureza Brinell</i>
7020-T6	350	290	10	120
SIMAGALTOK 6060-T5	220	185	13	75

Tabla 9: "propiedades de las aleaciones SIMAGALTOK 6060-T5 y 7020-T6"

Potencia

La potencia seleccionada es de aluminio 6061-T6.

Rodamientos de la dirección

Se han seleccionado los rodamientos de acero, en vez de aluminio, ya que su precio es menos de la mitad que los de aluminio y es una pieza muy pequeña, cuya influencia en el peso, será mínima. En concreto los rodamientos son de acero aleado.

Ejes

Los tornillos seleccionados para los ejes también van a ser de acero al carbono fundido.



ANEXO 6: CÁLCULO DEL NÚMERO MÍNIMO DE TORNILLOS



Índice

1. Introducción.....página 132
2. Desarrollo del cálculopágina 132
3. Conclusiónpágina 134

1. Introducción

Debido a que se ha intentado evitar el uso de soldadura en el proyecto, la unión entre la base y los perfiles en U se ha realizado mediante atornillado, siendo esta una de las principales diferencias respecto a los patinetes comerciales.

En el presente Anexo se va a calcular el número mínimo de tornillos necesario a partir del uso de conceptos de la elasticidad y resistencia de materiales.

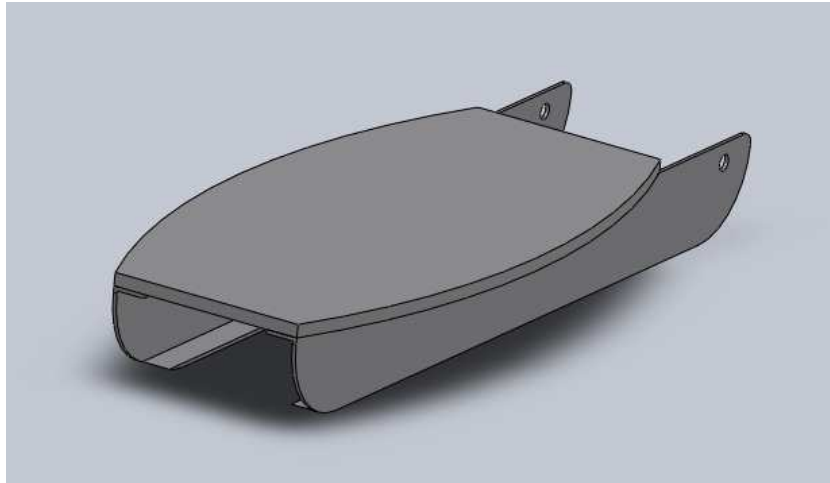


Ilustración 1: "modelo de la viga compuesta(base+perfiles) en Solidworks"

2. Desarrollo del cálculo

El comportamiento que siguen los pernos de la unión de la base con los perfiles en U y los de la unión de la pieza de plegado con la base, es el de una viga compuesta.

En una viga compuesta es preciso dimensionar tanto la sección transversal como los pernos (tornillos) de unión. La sección transversal se comprueba mediante simulaciones realizadas en *Solidworks* y, en cuanto a los pernos, es necesario determinar el área de la sección transversal del perno (A_u) y la distancia entre ellos (e).

En nuestro caso, se ha seleccionado un modelo concreto de perno con una determinada sección transversal y se procede a comprobar cuál es la distancia máxima (e) que debe haber entre los pernos.

Igualando el esfuerzo cortante que se produce en el perno a su esfuerzo cortante admisible se obtiene que:

$$A_u = \frac{T_y \cdot e \cdot Q_z}{I_z \cdot \tau_{adm}} \rightarrow e = \frac{A_u \cdot I_z \cdot \tau_{adm}}{T_y \cdot Q_z}$$

Siendo:

A_u : área de la sección del tornillo.

T_y : esfuerzo cortante aplicado.

e : distancia entre pernos.

Q_z : momento estático respecto al eje z de la superficie de la sección transversal de la parte de la viga cuyo deslizamiento impide el elemento de unión.

I_z : momento de inercia del conjunto respecto al eje z

τ_{adm} : esfuerzo cortante admisible por el perno

El tornillo seleccionado tiene una sección con un diámetro de 1.50 mm por lo que el área de la sección es $A_u = \pi \cdot \left(\frac{5}{2}\right)^2 = 19.63 \text{ mm}^2$

Para obtener el valor del cortante máximo (T_y) se simplifica el modelo del patinete a una viga biapoyada. A continuación se considera como carga una masa de 200 kg en la base, que provocaría una fuerza normal de 1962 N. Entonces, si la carga está centrada tendremos dos reacciones en los apoyos de 981 N, y el cortante mayor será también de 981 N.

En cuanto al momento estático, se obtiene multiplicando el área transversal de la base (zona rallada en Ilustración 2) por la distancia al centro de gravedad, y dividiéndolo por dos debido a que se han posicionado dos tornillos.

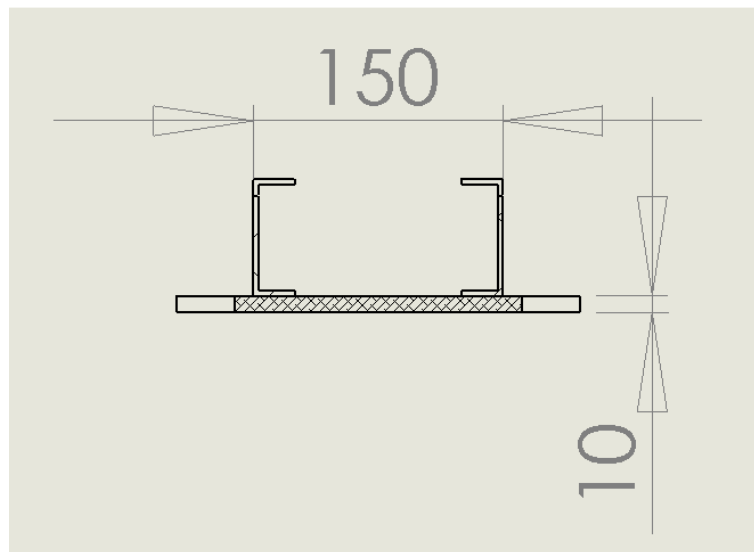


Ilustración 2: sección transversal de la viga compuesta(base+perfil)

En cuanto a la distancia entre el centro de gravedad de la base y el del conjunto, se ha calculado mediante las propiedades físicas de Solidworks. Por lo tanto, ya se puede calcular el momento estático:

$$Q_z = \frac{150}{2} \cdot 10 \cdot 5.4 = 4050 \text{ mm}^3$$

El material seleccionado en los pernos es acero, calidad 8.8, por lo que su esfuerzo cortante admisible es de 800N/mm^2 .

El momento de inercia del perfil plano (I_z) se puede calcular a partir de la sección en la zona en la que se encuentra el perno.

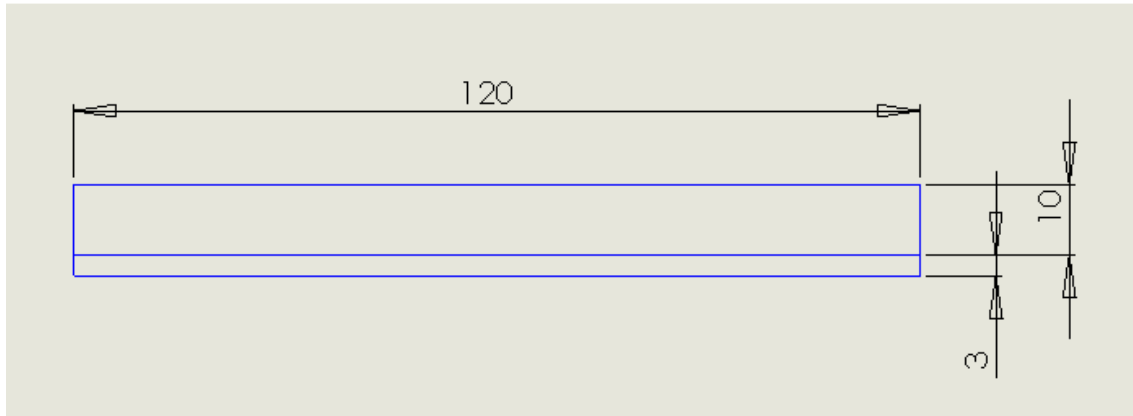


Ilustración 3: "Sección transversal simplificada para cálculo del momento de inercia"

Sabiendo que el momento de inercia de un perfil plano rectangular que no gira respecto a su centro de gravedad es de $I_z = \frac{1}{12} b \cdot h^3 + A \cdot d^2$ se obtiene el momento de inercia de la base y el perfil en U de la forma siguiente:

$$I_{z_{base}} = \frac{1}{12} b \cdot h^3 + A \cdot d^2 = \frac{1}{12} 120 \cdot 10^3 + (120 \cdot 10) \cdot 1.5^2 = 12700 \text{ mm}^4$$

$$I_{z_{perfil \text{ en } U}} = \frac{1}{12} b \cdot h^3 + A \cdot d^2 = \frac{1}{12} 120 \cdot 3^3 + (120 \cdot 3) \cdot 5^2 = 9270 \text{ mm}^4$$

Por tanto el momento de inercia total será:

$$I_{z_{total}} = I_{z_{base}} + I_{z_{perfil \text{ en } U}} = 12700 + 9270 = 21970 \text{ mm}^4$$

Luego, ya se puede obtener la distancia máxima entre los tornillos:

$$e = \frac{19.63(\text{mm}^2) \cdot 21970(\text{mm}^4) \cdot 800\left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)}{981(\text{N}) \cdot 4050(\text{mm}^3)} = 86.84 \text{ (mm)}$$

3. Conclusión

En definitiva, se ha obtenido un valor que sirve de referencia para establecer el espaciado entre los tornillos. Pero, para estar del lado de la seguridad, finalmente los tornillos se han colocado a una distancia de 70 mm.

ANEXO 7: SELECCIÓN DEL MOTOR

Índice

1. Introducción.....	137
2. Velocidad.....	137
3. Pendiente	137
4. Peso máximo	137
5. Rendimiento de la transmisión (η)	137
6. Distribución de pesos entre las dos ruedas	138
7. Fuerza del viento	140
8. Cálculo de la potencia.....	141
Cálculo de la potencia en llano	141
Cálculo de la velocidad en una rampa del 12 % con la potencia de 128 W.....	143
Comprobación comportamiento del patinete con un motor de potencia superior..	144
9. Selección del motor	145
Tipos de motores eléctricos	145
Tipo de motor	146
Ventajas	146
Inconvenientes	146
Motor comun	146
(bushed).....	146
Motor brushless	146
Selección del modelo.....	147
Comprobación del par motor	149
Relación de transmisión.....	149
10. Controlador del motor (centralita).....	149
11. Acelerador o puño electrónico.....	150

1. Introducción

En este apartado del proyecto se va a calcular cuál será la potencia mínima necesaria que debe tener el motor para que el patinete cumpla una serie de requisitos. Antes de entrar en el desarrollo numérico del problema se deben plantear cuáles serán estos requisitos.

2. Velocidad

El objetivo principal del patinete es aumentar la velocidad en los desplazamientos de personal universitario por el campus, por tanto, se debe comparar la velocidad que se desea alcanzar con el patinete con la de una persona caminando. A paso ligero, una persona camina a una velocidad entre 4 y 6 km/h, por tanto, circular a una velocidad de entre 15 y 20 km/h aumentaría mucho la rapidez de los desplazamientos. Circular a velocidades superiores supondría la necesidad de una potencia demasiado elevada en el motor, además de peligros a la hora de la circulación como accidentes con los demás viandantes y riesgos en el control del patinete. También cabe decir que en las zonas peatonales la velocidad máxima de circulación es de 10 km/h, por lo que habría que instalar un limitador en la velocidad en el caso de querer circular fuera del campus.¹

3. Pendiente

Las pendientes en el campus de la Universidad de Almería son mínimas y sobre todo de corta distancia, por lo que no resultaría determinante en el tiempo de realización del trayecto una disminución de la velocidad debido a una pendiente. Además, la universidad está adaptada para la movilidad en silla de ruedas, por lo que se va a considerar como máxima pendiente la máxima legal de una rampa de minusválidos, que es del 12 %.

4. Peso máximo

El patinete se ha diseñado según el cumplimiento de la normativa UNE que establece un peso máximo de 100 kg por parte del usuario. Teniendo en cuenta que el peso máximo deseado del patinete es de 10 kg, tendríamos una masa total (entre el peso del usuario y el del patinete) de 110 kg, repartidas entre las dos ruedas.

5. Rendimiento de la transmisión (η)

Se va a establecer el rendimiento en un 80% ,que teniendo en cuenta que el rendimiento de una transmisión de correas es del 95% es una cifra muy razonable,

¹ Información extraída del boletín oficial de la provincia de Almería

además, con este rendimiento también se compensarán las pérdidas por fricción con el suelo y generación de calor que no se han tenido en cuenta.

6. Distribución de pesos entre las dos ruedas

Se va a calcular cuál será aproximadamente el máximo peso a soportar por una de las ruedas. Se supone una posición del usuario muy desfavorable en la que la carga se encuentra concentrada a 200 mm del eje de la rueda trasera (ver Ilustración 1), se puede simplificar el sistema a una viga biapoyada en la que la carga se repartirá entre los dos apoyos (Ilustración 2).

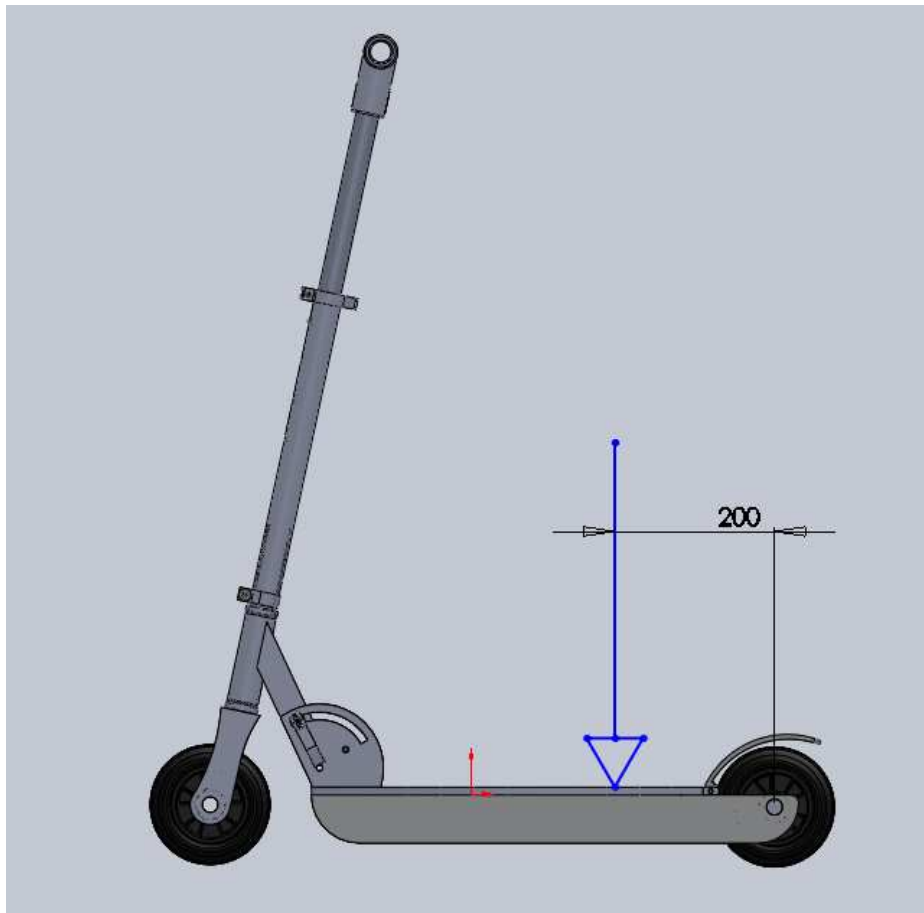


Ilustración 1: "posición de la carga del usuario del patinete"

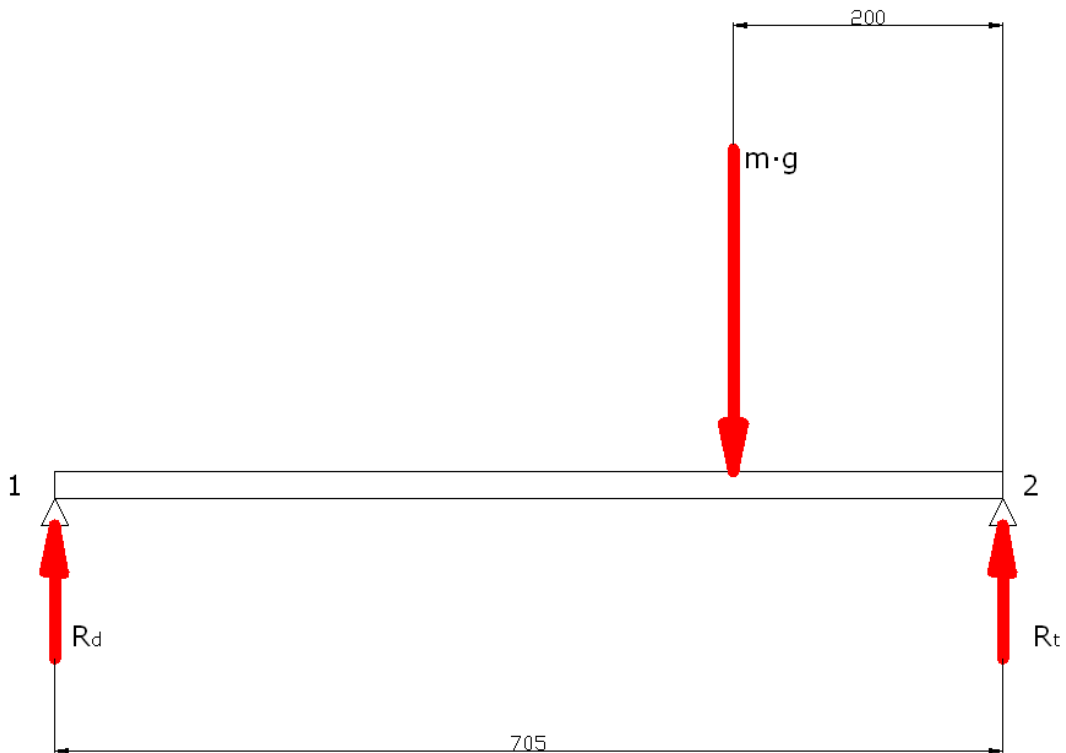


Ilustración 2: "modelo simplificado del patinete. Viga biapoyada"

Por tanto, ya se puede calcular la distribución de carga:

$$\sum M_1 = 0 \rightarrow -m \cdot g \cdot (705 - 200) + R_t \cdot (705) = 0$$

Sabiendo que $m = 110 \text{ kg}$ y $g = 9.81 \text{ N/kg}$; se obtiene:

$$R_t = \frac{544390 \text{ (N} \cdot \text{mm)}}{705 \text{ (mm)}} = 772.18 \text{ (N)}$$

Se realiza ahora sumatorio de fuerzas en el eje vertical para calcular la reacción en la rueda delantera aunque se sabe que será inferior.

$$\sum F_y = 0 \rightarrow -m \cdot g + R_t + R_d = 0$$

$$R_d = 305.82 \text{ (N)}$$

7. Fuerza del viento

La fuerza de resistencia ejercida por el viento es difícil de calcular con exactitud, pero, se debe tener en cuenta porque sino obtendríamos resultados muy desviados de la realidad. Se sabe la fricción que ejerce el viento sobre un cuerpo es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad a la que se desplaza este cuerpo, pero también influyen el área frontal del cuerpo, la forma del cuerpo etc. En general, vamos a hablar de dos tipos de resistencias, la de presión y la de fricción. La resistencia de presión se produce cuando el flujo de aire no logra adaptarse al contorno del objeto que se mueve. La resistencia de fricción se debe a la viscosidad del aire. Las formas tales como cilindros, esferas, resultan ineficaces desde el punto de vista aerodinámico, por la razón de que el flujo de aire se separa de ellas, formándose zonas de baja presión detrás de estos objetos, produciendo una resistencia de presión centenares de veces mayor que la de fricción. Ocurre todo lo contrario en las formas aerodinámicas, donde el aire fluye suavemente, cerrándose detrás del objeto. La resistencia de presión se reduce bastante pero la resistencia de fricción cobra mayor importancia.

Para una eficiencia máxima, los vehículos deberán diseñarse minimizando la transferencia de energía que se le da al aire debido a estas dos clases de resistencia. Con las actuales tecnologías, la resistencia aerodinámica absorbe del 40 al 50 por ciento de la energía del combustible consumido por el automóvil o un camión a 88 kilómetros por hora. Puesto que el patinete tiene menor potencia, peso y resistencia a la rodadura y una pobre aerodinámica, la resistencia absorberá, un porcentaje mayor de la energía consumida a velocidades superiores a 16 kilómetros por hora.

El coeficiente de resistencia designa el rendimiento aerodinámico de un perfil. Un perfil ineficiente, como una esfera, tendrá un coeficiente de 1.3, mientras que una forma aerodinámica, la de una gota, tendrá uno menor de 0.1. En los vehículos terrestres, la resistencia aerodinámica es, casi, directamente proporcional al producto del área frontal por el coeficiente de resistencia. Por convenio se le llamara área frontal efectiva a este producto.

Para saber cuál de dos vehículos tiene menor resistencia aerodinámica, no basta comparar sus coeficientes, también hay que tener en cuenta el tamaño de la maquina. Esto se consigue con el concepto de área frontal efectiva. Por ejemplo, una bicicleta corriente, con su ciclista tendrá un área frontal eficaz entre 0.3 y 0.6 metros cuadrados.

Por tanto, la fuerza de fricción del aire variará dependiendo del usuario del patinete, la posición en la que lo use, la velocidad a la que circulemos, la velocidad del viento y otros factores, aunque, si se usa un coeficiente de resistencia aproximado y se multiplica por el área frontal efectiva y por la velocidad al cuadrado, obtendríamos una aproximación muy buena.

Se supone un coeficiente de resistencia aerodinámico de 1, algo razonable sabiendo que un perfil muy ineficiente tendrá un coeficiente de 1.3 y un automóvil un coeficiente de 0.3). En cuanto al área frontal efectiva se tomará 0.6 m^2 ya que este es un valor alto en el caso de las bicicletas y sería válido en nuestro caso, equivale suponer un usuario de 1.8 metros de altura con un ancho constante de 0.33 metros.

Luego el valor de la fricción del viento a una velocidad de 20 km/h (5.55 m/s) es:

$$F_{viento} = 1 \cdot 0.6 \cdot 5.55^2 = 18.48 \text{ (N)}$$

8. Cálculo de la potencia

Ya se tienen todos los datos suficientes para calcular la potencia necesaria en el motor eléctrico. Primero se va a calcular la potencia necesaria para circular en llano (pendiente 0°) a una velocidad de 20 km/h, y posteriormente, se va a comprobar si con esta potencia se podría subir una rampa con una inclinación del 12 %.

Cálculo de la potencia en llano

Para calcular la potencia en llano, se ha realizado el diagrama del cuerpo libre de la rueda trasera con el patinete circulando a 20 km/h en una superficie sin pendiente, tal como se indica en la Ilustración 3.

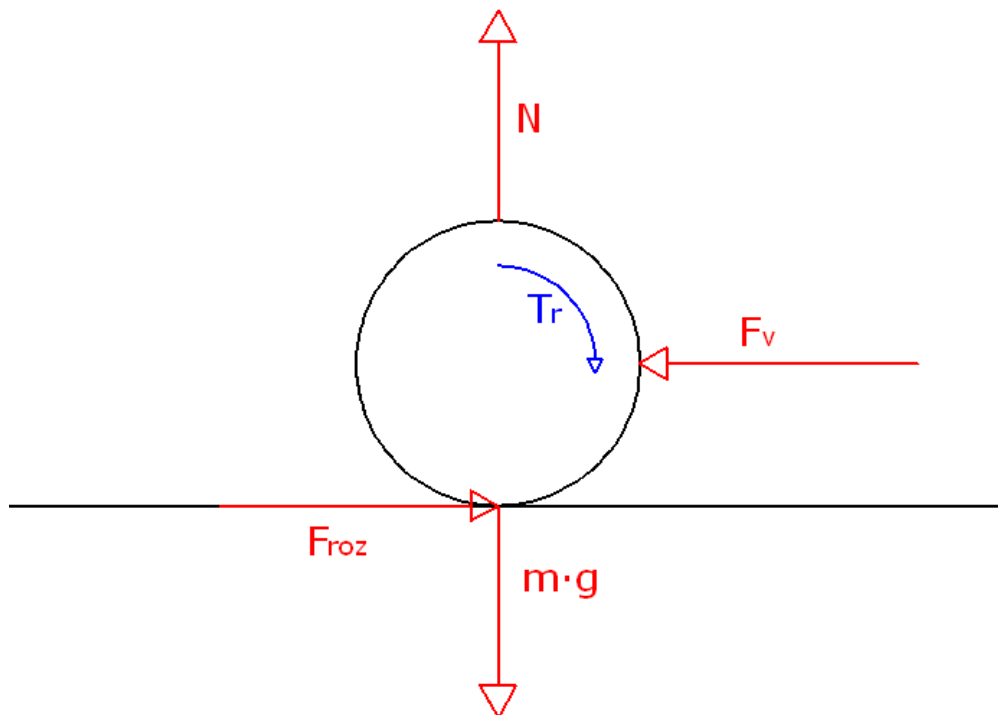


Ilustración 3: "diagrama del cuerpo libre de la rueda trasera"

$$\sum F_y = 0 \rightarrow N = m \cdot g = 772.18 \text{ (N)}$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_{roz} - F_v = 0 \rightarrow F_{roz} = F_v = 18.48 \text{ (N)}$$

Se aplica ahora la ecuación fundamental de la dinámica de rotación:

$$\sum M = I \cdot \alpha$$

Suponiéndose una velocidad constante, la aceleración angular será nula, por tanto:

$$F_{roz} \cdot r - T_r = 0 \rightarrow F_{roz} \cdot r = T_r = 18.48 \text{ (N)} \cdot 0.075 \text{ (m)} = 1.39 \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

$$T_r = 1.39 \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

Conociéndose la velocidad lineal y el radio de la rueda se puede obtener la velocidad angular de la rueda:

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{5.55 \left(\frac{m}{s}\right)}{0.075 \text{ (m)}} = 74 \text{ (rad/s)}$$

Luego la potencia ejercida en la rueda será:

$$Pot = T \cdot \omega = 1.39 \text{ (N} \cdot \text{m)} \cdot 74 \left(\frac{rad}{s}\right) = 102.86 \text{ (W)}$$

Ahora se tiene que llevar esta potencia de la rueda al motor, se hará a partir del rendimiento de la transmisión determinado anteriormente.

$$Pot_{rueda} \cdot \eta = Pot_{motor} \rightarrow Pot_{motor} = \frac{Pot_{rueda}}{\eta} = \frac{102.86 \text{ W}}{0.8} = 128.58 \text{ (W)}$$

$$Pot_{motor} = 128.58 \text{ (W)}$$

Luego, ya se tiene el valor de la potencia necesaria en el motor, si se quisiese obtener la velocidad angular en el motor y el par en el motor sólo se tendría que usar la relación de transmisión supuesta para convertir los valores de la rueda al motor.

Cálculo de la velocidad en una rampa del 12 % con la potencia de 128 W.

Ahora se va a comprobar si el patinete podría subir una rampa del 12% con un motor de la potencia calculada para circular en llano a 20 km/h. Primero se realiza el diagrama del cuerpo libre al igual que en el apartado anterior, sabiéndose que una rampa del 12 % equivale a una inclinación de 6.84°.

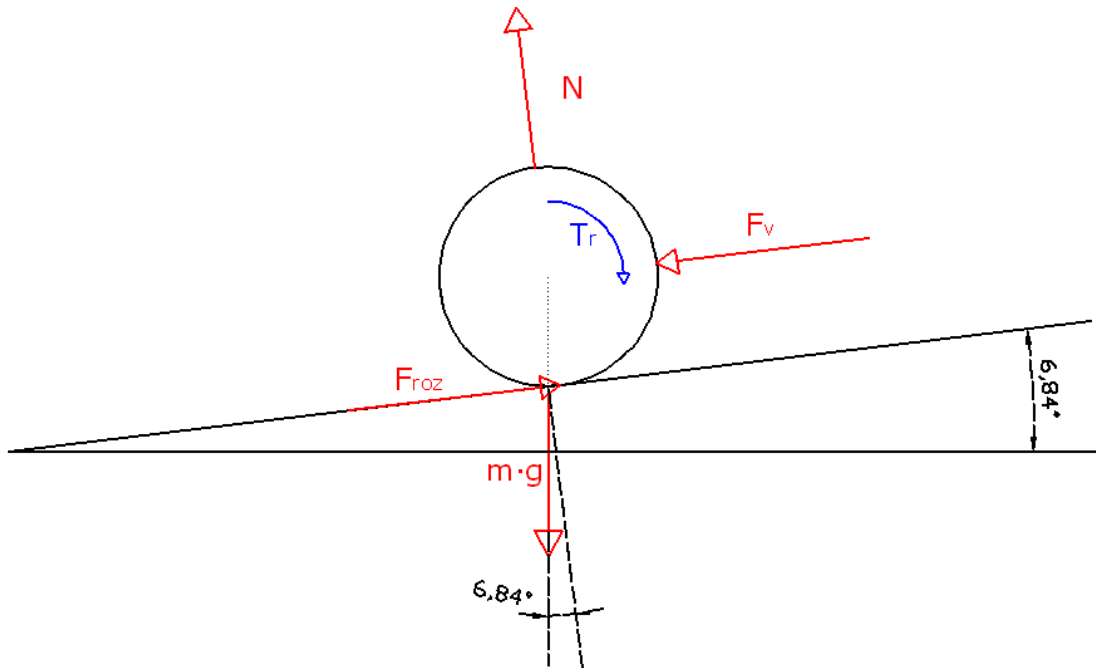


Ilustración 4: “diagrama del cuerpo libre de la rueda subiendo por una rampa del 12%”

$$\sum F_y = 0 \rightarrow N = m \cdot g \cdot \cos(6.84^\circ) = 766.68 \text{ (N)}$$

Como en este caso no se conoce la velocidad, se dejará todo expresado en función de esta para despejar al final.

$$\begin{aligned} \sum F_x = 0 \rightarrow F_{roz} - F_v - m \cdot g \cdot \text{sen}(6.84^\circ) &= 0 \rightarrow F_{roz} = m \cdot g \cdot \text{sen}(6.84^\circ) + F_v \\ &= 91.96 + 0.6 v^2 \text{ (N)} \end{aligned}$$

Se aplica ahora la ecuación fundamental de la dinámica de rotación:

$$\sum M = I \cdot \alpha$$

Suponiéndose una velocidad constante, la aceleración angular será nula, por tanto:

$$\begin{aligned} F_{roz} \cdot r - T_r &= 0 \rightarrow F_{roz} \cdot r = T_r \rightarrow \\ T_r &= (91.96 + 0.6 v^2) \cdot 0.075 \text{ (m)} = 6.897 + 0.045 v^2 \text{ (N} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

La velocidad angular será igual al cociente de la velocidad lineal y el radio de la rueda:

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{v \left(\frac{m}{s}\right)}{0.075 (m)} = \frac{v}{0.075} (rad/s)$$

Como conocemos la potencia en la rueda, se puede obtener una ecuación cuya única incógnita será la velocidad.

$$Pot = T \cdot \omega \rightarrow 102.86 = (6.897 + 0.045 v^2) \cdot \frac{-v}{0.075}$$

Operando se obtiene la siguiente ecuación de grado 3.

$$-0.6v^3 - 153.27v + 102.86 = 0$$

Al resolverse, sólo se obtiene una solución real:

$$v = 0.670 \text{ m/s} = 2.412 \text{ (km/h)}$$

Comprobación comportamiento del patinete con un motor de potencia superior

El patinete subiría la rampa a una velocidad ligeramente inferior a la de una persona caminando a ritmo normal (unos 3-4 km/h), motivo por el cual se va a estudiar cómo se comportaría con una potencia superior. Observando la potencia de los patinetes eléctricos comerciales, podemos encontrar motores en un rango entre 100 y 800 W. Luego, se va a comprobar a qué velocidad subiría el patinete por la rampa del 12 % con un motor de 200 W.

La potencia en la rueda sería de $200 \cdot 0.8 = 160$ (W), y todos los cálculos serían iguales hasta el momento de plantear la ecuación de grado 3 en la que el término independiente (que es la potencia) cambia. Se obtiene la siguiente ecuación:

$$-0.6v^3 - 153.27v + 160 = 0$$

Resolviéndose se tiene una única solución real:

$$v = 1.04 \text{ (m/s)} \approx 3.74 \text{ (km/h)}$$

Consiguiéndose de este modo que el patinete suba la rampa aproximadamente a la velocidad de una persona caminando.

Ahora se va a comprobar cuál será la velocidad a la que circulará el patinete en llano con el motor de 200 W. Se realiza el diagrama del cuerpo libre al igual que en el primer apartado y se obtiene una ecuación de tercer grado a partir de la expresión de la potencia al igual que en el segundo apartado.

$$\sum F_y = 0 \rightarrow N = 772.18 \text{ (N)}$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_{roz} = F_v = 0.6 \cdot v^2 \text{ (N)}$$

$$\sum M = I \cdot \alpha = 0 \rightarrow T_r = F_{roz} \cdot r = 0.045 v^2$$

$$\omega = -\frac{v}{0.075} \text{ (rad/s)}$$

$$Pot = T \cdot \omega \rightarrow 160 = (0.045 v^2) \cdot \frac{-v}{0.075} \rightarrow -\frac{3}{5} v^3 - 160 = 0$$

$$v = 6.44 \text{ (m/s)} \approx 23.18 \text{ (km/h)}$$

Por lo tanto, se concluye que si el patinete dispone de una potencia de 200 W sí que lograría subir una rampa del 12 % aproximadamente a la velocidad de una persona caminando, pero, la velocidad que se alcanzaría en una superficie sin pendiente se considera demasiado alta, teniendo en cuenta que lo máximo permitido en ciudad son 10 km/h. Además, como se explica posteriormente, los modelos de 200 W usados son demasiado grandes, por lo que se intentará buscar un motor con una potencia superior a 130 W e inferior a 200 W.

9. Selección del motor

Tipos de motores eléctricos

Una vez determinada la potencia a usar en el motor se va a seleccionar el modelo concreto a usar en el proyecto. Dentro de los motores eléctricos usados en patinetes y bicicletas eléctricas se pueden distinguir dos tipos principales: los motores brushless y los motores brushed. También se pueden encontrar patinetes con motores hub (el motor es la propia rueda) pero su coste es demasiado elevado.

Los motores brushed, también conocidos como motores eléctricos comunes, se caracterizan por tener un colector y escobillas o carbones para hacer contacto con las delgas de cobre. Los motores brushless (sin escobillas), carecen de colector y escobillas o carbones, por lo que en vez de funcionar mediante corriente continua funcionan mediante corriente alterna. La mayoría se alimentan con una señal trifásica, esta señal idealmente debería ser sinusoidal, pero en la práctica son pulsos, sin embargo, se los clasifica como de corriente continua porque al igual que los motores comunes tienen imanes permanentes.

A continuación se muestra una tabla comparativa de los dos tipos de motores:

<i>Tipo de motor</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Inconvenientes</i>
<p>Motor comun</p> <p><i>(brushed)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> -Control mediante solo dos cables. -Se puede aumentar la vida útil cambiando las escobillas. -Bajo coste de construcción -Control mediante un circuito simple y económico. -No se necesita un control para una velocidad constante. -Puede funcionar en un ambiente de condiciones extremas ya que no tiene electrónica asociada. 	<ul style="list-style-type: none"> -Requiere un mantenimiento periódico. -A altas velocidades la fricción de las escobillas aumenta y reduce el par motor útil. -Poco poder de disipación de calor. -Rotor con mucha inercia, lo cual limita los cambios de velocidad. -Menor rango de velocidad, limitado por las escobillas. -Las chispas que se generan en las escobillas generan mucho ruido electrónico y pueden causar interferencia electromagnética a otros circuitos electrónicos.
<p>Motor brushless</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Tamaño muy inferior. -Mayor eficiencia (menos perdida por calor). -Mayor rendimiento (mayor duración de las baterías para la misma potencia). -Menor peso para la misma potencia. -Menor mantenimiento. -Relación velocidad/par motor es casi una constante. -Mayor potencia para el mismo tamaño. -Rango de velocidad elevado al no tener limitación mecánica. 	<ul style="list-style-type: none"> -Mayor coste de construcción. -El control es mediante un circuito caro y complejo. -Siempre hace falta un control electrónico para que funcione, que a veces duplica el coste.

Tabla 1: "comparativa motores comunes y brushless"

Inicialmente se pensó usar un motor sin escobillas, pero, a pesar de la multitud de ventajas que podría proporcionar su uso, se va a seleccionar un motor común para el proyecto, debido a la complejidad en el desarrollo del control electrónico del motor brushless, que supondría un coste bastante superior y es algo fuera del alcance del presente proyecto. Pero, sería muy interesante que en proyectos futuros se estudiase el uso de un motor brushless ya que podría conseguirse reducir el peso del patinete, reducir el mantenimiento, aumentar el rendimiento del motor y la duración de las baterías, así como reducir el espacio ocupado por el motor.

Selección del modelo

Uno de los aspectos que más problemas ha creado ha sido el tamaño del motor debido a que inicialmente se pensó que sería sencillo usar un motor brushless y que no habría problemas de espacio, pero, al usarse definitivamente un motor con escobillas se tuvo que realizar una amplia búsqueda y se modificó el tamaño de los perfiles en U de la base.

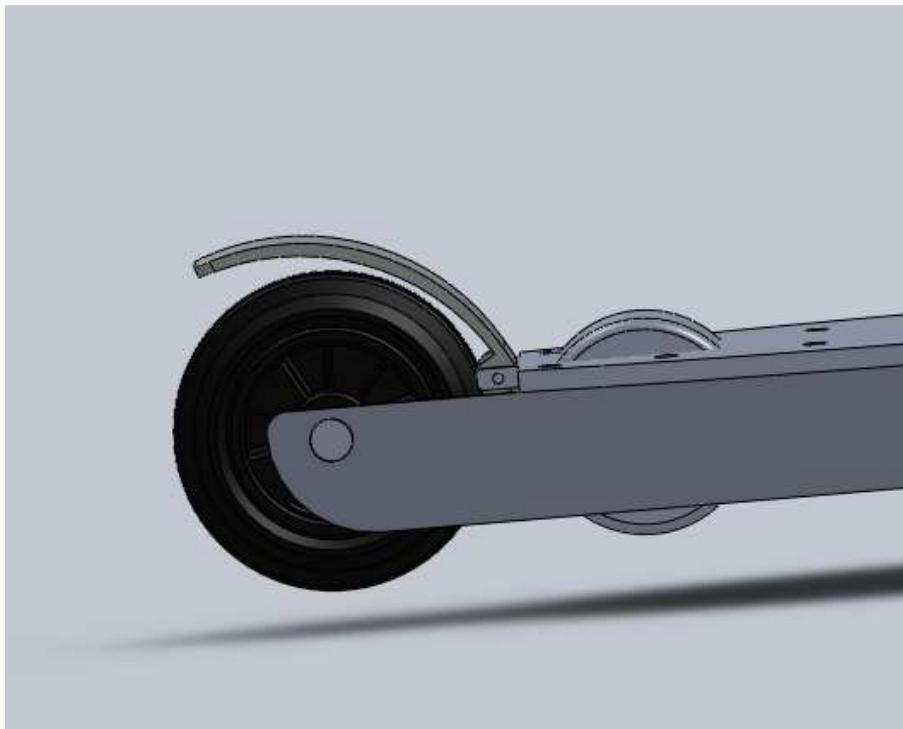


Ilustración 5: "tamaño excesivo del motor común de 200 W "

Finalmente se ha decidido usar un motor con una **potencia de 150 W** (potencia superior a la obtenida en cálculos iniciales) debido a que los motores con potencias mayores eran demasiado grandes, y si no eran demasiado grandes eran demasiado caros (los motores brushed de pequeño tamaño que se han encontrado rondan los 300 € de precio). En cuanto al problema de subir la rampa del 12% demasiado despacio no se considera muy relevante ya que estas pendientes tienen una longitud muy reducida, motivo por el cual no tendrían una influencia considerable en el tiempo total del desplazamiento.

En cuanto al comportamiento del motor, si se repiten los cálculos realizados previamente para el motor de 200 w se obtiene una velocidad en llano de 21 km/h y en una pendiente del 12% de 2.81 km/h (0.781 m/s), que se consideran valores muy adecuados.

A continuación se muestra el modelo seleccionado y sus características:

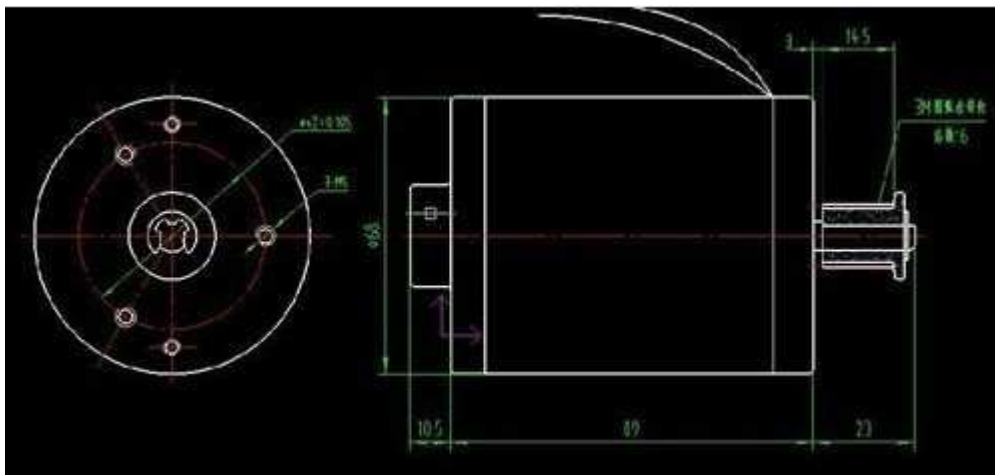


Ilustración 6: "motor *Yuanheng* de 150 W .Imagen real y planos."

Marca: Yuanheng

Corriente continua: 18.4 A

Uso: Bicicleta eléctrica

Potencia de salida: 150W

Función de protección: A prueba de goteo

Tipo: Micro Motor

Construcción: Imanes permanentes

Certificación: CE

Par: 0.51N·m

Velocidad (RPM): 2800 rpm

Tensión: 24V (DC)

Comprobación del par motor

Sabiéndose que la máxima velocidad a la que trabaja el motor es de 2800 rpm, que son 293.22 rad/s, que la velocidad a la que gira el eje de la rueda cuando el patinete circula a 20 km/h es de 55.5 rad/s y que el par que ejerce el motor es de 0.51 N·m, se puede llevar este par del eje motor al eje de la rueda, obteniéndose lo siguiente:

$$Pot_{rueda} \cdot \eta = Pot_{motor} \rightarrow T_{rueda} \cdot \omega_{rueda} \cdot 0.8 = T_{motor} \cdot \omega_{motor}$$

$$\rightarrow T_{rueda} = \frac{0.51 \text{ (N} \cdot \text{m)} \cdot 293.22 \text{ (rad/s)}}{0.8 \cdot 55.5 \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)} = 3.37 \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

En los cálculos previos se obtenía un par motor en la rueda de 1.39 N·m, por lo que se comprueba que el motor aporta un par suficiente.

Relación de transmisión

Para obtener cuál sería la relación aproximada se va a estudiar el caso de máxima velocidad del motor y se establecerá como máxima velocidad del patinete 20 km/h. En esta situación se tiene una velocidad en el eje motor de 293.22 (rad/s) y en el eje de la rueda de (74 rad/s), por tanto:

$$R_t = \frac{\omega_{rueda}}{\omega_{motor}} = \frac{74 \text{ (rad/s)}}{293.22 \text{ (rad/s)}} = 0.25237 \cong \frac{1}{4}$$

Pero, esto sólo nos da una aproximación, ya que el motor puede trabajar a velocidades de giro menores aportando una potencia superior, por lo que debido a lo observado en patinetes comerciales se usará una relación de transmisión inferior, aproximadamente algo superior a 1:3, ya que conseguir una relación mayor es complejo por las limitaciones de espacio. También se planteó la opción de usar un tren planetario, pero, su coste era demasiado elevado para el proyecto.

10. Controlador del motor (centralita)

En controlador es el encargado de enviar la energía al motor y sin él no sería posible modificar la velocidad a la que este funciona. Hay tanto controladores para motores

brushless, como para motores brush, y su arquitectura interna es completamente distinta.

En todos los casos, los controladores alimentan al motor por medio de impulsos eléctricos. La alimentación por pulsos es más eficiente que simplemente dar "más o menos corriente" a un motor. Suelen ser una caja, de dimensiones 9 x 6 x 3 cm. De ellos salen cables al motor, a la batería y al acelerador.

Se usará un modelo válido para patinetes con potencia de hasta 150 W que se puede ver en la Ilustración 7.



Ilustración 7: "centralita Raycool 100-150 W"

11. Acelerador o puño electrónico

El acelerador va conectado al controlador del motor y, permite controlar desde el manillar la velocidad a la que circula el patinete.



Ilustración 8: "acelerador o puño electrónico Raycool"

El modelo superior encaja en un manillar de 22.2 mm y es usado en modelos que funcionen a 24 v, por lo que será el modelo a usar. Esta pieza va conectada al controlador, al igual que las baterías y el motor.

ANEXO 8: SELECCIÓN DE LA BATERÍA

Índice

1. Introducción.....	página 153
2. Baterías de plomo (Pb)	página 153
3. Baterías de Niquel-Cadmio (NiCd):.....	página 153
4. Baterías de Niquel Metalhidruro (NiMh):	página 153
5. Baterías de Ion Litio (Li-ion).....	página 153
Baterías LiFePO4.....	página 154
6. Baterías de polímero de Litio (LiPo):.....	página 155
Tipo de batería	página 156
Ventajas	página 156
Inconvenientes	página 156
Plomo.....	página 156
Níquel-Cadmio	página 156
Níquel-Metalhidruro	página 156
Ion-Litio.....	página 156
Polímero de Litio	página 156
7. Determinación de las características de la batería.....	página 157
8. Comparación de modelos de batería LiFePO4 con modelos Li-Po	página 158
Batería Li-Po.....	página 158
LiNiMnCoO2.....	página 159
Batería LiFePo4	página 159
Batería.....	página 160
Capacidad	página 160
(mAh).....	página 160
Precio total	página 160
baterías (€)	página 160
Peso total (kg).....	página 160
Dimensiones	página 160
totales (mm).....	página 160
Precio cargador (€)	página 160
9. Selección del modelo final	página 160

1. Introducción

Se va a realizar una comparativa de las actuales tecnologías en baterías para seleccionar cual se adapta mejor al proyecto y así, posteriormente seleccionar un modelo concreto.

La comparativa a realizar va a ser entre baterías de plomo, de níquel-cadmio, de níquel-metalhidruro, de ión-litio y de polímero de litio.

2. Baterías de plomo (Pb)

Son las de tecnología más antigua, muy contaminantes y muy pesadas. A pesar de esto, el plomo es abundante y no demasiado caro y es por esta razón por la cual es idóneo para la producción de baterías de buena calidad en grandes cantidades. Son las usadas normalmente en los coches y, las que llevan equipadas casi la totalidad de los patinetes eléctricos debido a su bajo coste y alta capacidad. El voltaje típico es de 12V, formadas por 6 celdas o elementos de 2V cada uno.

3. Baterías de Níquel-Cadmio (NiCd):

Son bastante contaminantes. De hecho, en Europa quedará prohibida su venta dentro de poco. Un elemento tiene como voltaje nominal 1,2V. Tienen efecto memoria y en teoría se pueden cargar hasta 1000 veces. La ventaja principal es que admiten, según tipos, ratios de carga muy altos. Tienen una resistencia interna relativamente baja, lo que permite descargas a altas intensidades (para motores). Las hay en múltiples formatos, pero, Prácticamente han quedado relegadas por las NiMh, conforme esta tecnología ha ido superando sus defectos iniciales.

4. Baterías de Níquel Metalhidruro (NiMh):

No tienen metales pesados como el cadmio y por eso son menos perjudiciales para el medio ambiente. Además de ser menos contaminantes, tienen una capacidad mucho mayor por lo tanto duran más que las de Níquel-Cadmio y dan más energía para el mismo volumen y peso. Las mejores llegan a soportar hasta 1.000 procesos de carga. Por contra, presentan una mayor tasa de autodescarga que las de NiCd, requieren una carga y descarga completas y tienen efecto memoria (aunque muy pequeño).

5. Baterías de Ion Litio (Li-ion)

Las propiedades de las baterías de Li-ion, como la ligereza de sus componentes, su elevada capacidad energética y resistencia a la descarga, la ausencia de efecto memoria o su capacidad para operar con un elevado número de ciclos de regeneración, han permitido el diseño de acumuladores livianos, de pequeño tamaño y variadas

formas, con un alto rendimiento. Desde la primera comercialización a principios de los años 1990 de un acumulador basado en la tecnología Li-ion, su uso se ha popularizado en aparatos como teléfonos móviles, agendas electrónicas, ordenadores portátiles y lectores de música. A igualdad de carga almacenada, son menos pesadas y ocupan menos volumen que las de tipo Ni-MH y mucho menos que las de Ni-Cd y plomo.

Sin embargo, su rápida degradación y sensibilidad a las elevadas temperaturas, que pueden resultar en su destrucción por inflamación o incluso explosión, requieren en su configuración como producto de consumo, la inclusión de dispositivos adicionales de seguridad, implicando un coste superior que ha limitado la extensión de su uso a otras aplicaciones.

Baterías LiFePO4

Las baterías de Fosfato de hierro litio son un tipo de baterías Li-ion. LiFePO₄ es un material del cátodo utilizado en las baterías de iones de litio. Se ha convertido en uno de los favoritos de los diseñadores de vehículos eléctricos debido a sus características de seguridad inherentes y por su largo ciclo de vida.

Tienen muchas ventajas sobre otros tipos de baterías de ion-litio. La abundancia de hierro disponible, hacen que este material tenga un relativo bajo costo. Que no es tóxico, hacen de las baterías más seguras de usar, así como mejores para el medio ambiente al producir y reciclarlas. Tienen una vida útil más larga, tanto en términos de vida útil y del ciclo de vida. Son más estables que las de química y mucho menos propensas a sufrir de fuga térmica. Las células de LiCoO₂, por ejemplo, puede estallar en llamas si tiene exceso de carga, y pueden liberar sustancias químicas peligrosas.

La sobrecarga y sobredescarga de células LiFePO₄ las daña, pero en general sin los efectos secundarios explosivos. Se puede acortar el ciclo de vida o incluso dar lugar a la deformación y una o varias células muertas.

La mayoría de las células de LiFePO₄ operan dentro de un normal o “nominal” de voltaje de 3.0 a 3.3 voltios, tiene una tensión máxima de funcionamiento de alrededor de 4,1 a 4,2 voltios y un voltaje mínimo de 2,1 a 2,5 voltios. Normalmente, una célula LiFePO₄ está completamente cargada a 3,65 a 3,7 voltios.

Teniendo en cuenta la carga sensible y características de la descarga de estas células es importante tener un sistema de gestión de baterías (BMS/PCM) para regular, especialmente cuando tenemos la construcción en paquetes. Sobredescargar una celda por debajo de 2,1 voltios pueden causar daños irreparables a una batería que de otro modo, estaría en uso durante varios años.

6. Baterías de polímero de Litio (LiPo):

Poseen una tecnología muy novedosa y en fuerte evolución. Su ventaja principal es un mayor ratio de capacidad para un mismo volumen y peso, motivo por el cual son muy usadas en aeromodelismo. Las hay en múltiples formatos y capacidades.

La batería de polímero de litio se diferencia del resto de las baterías por el electrolito usado. El diseño original data de los años 70 usando un polímero sólido como electrolito. Este electrolito se ensamblaba en un recipiente plástico como una bolsa que no conducía la electricidad, y que impedía el paso de electrones. El polímero sólido ofrece ventajas de fabricación, permitiendo alcanzar grosores de 1 milímetro, lo que permite crear baterías con el espesor de una tarjeta de crédito. Aunque, sufre de baja conductividad debido a la alta resistencia interna, por lo que no puede ofrecer la suficiente capacidad de descarga, pero, para solucionar este problema se añade un gel al electrolito.

El elemento es de 3.7V, lo que limita un poco a flexibilidad de voltajes que se pueden obtener. La cantidad de ciclos carga-descarga que pueden realizar es la mitad o menos que las NiMh, y, sobre todo, son muy sensibles a sobrecargas y sobredescargas, llegando a arder e incluso explotar, lo que hace que se deban tomar muy en serio las instrucciones de uso.

En cuanto a las diferencias con las baterías de Ion-Litio, normalmente la capacidad de una batería Li-Po es menor, además son más caras y se degradan con el tiempo. Por otra parte, son más seguras y estables que las de Ion-Litio, en pequeñas cantidades son inocuas para el medio ambiente, admiten más ciclos de carga, pueden empaquetarse con cualquier forma y su peso es menor.

Actualmente se están desarrollando las baterías de LiFeYPO_4 que son algo intermedio entre las de polímero de litio y las de fosfato de hierro litio, pero su coste es extremadamente caro como para tenerlas en cuenta a la hora de la selección de baterías.

<i>Tipo de batería</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Inconvenientes</i>
Plomo	<ul style="list-style-type: none"> -Bajo coste. -No necesitan mantenimiento. -Gran capacidad. 	<ul style="list-style-type: none"> -Muy pesadas y voluminosas. -Contaminantes.
Níquel-Cadmio	<ul style="list-style-type: none"> -Capacidad de carga alta. 	<ul style="list-style-type: none"> -Muy contaminantes -Efecto memoria.
Níquel-Metalhidruro	<ul style="list-style-type: none"> -Menos contaminantes que las de Níquel-cadmio. -Capacidad de carga muy alta -Más pequeñas y livianas que Ni-Cd 	<ul style="list-style-type: none"> -Alta tasa de descarga. -Efecto memoria (bajo). -Requieren carga y descarga completas.
Ion-Litio	<ul style="list-style-type: none"> -No tienen efecto memoria. -Fácilmente recargables. -Ligeras y poco voluminosas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Son caras. -Muy sensibles a las temperaturas. -Algunas pueden llegar a explotar.
Polímero de Litio	<ul style="list-style-type: none"> -No tienen efecto memoria. -Fácilmente recargables. -Las más ligeras y menos voluminosas. -Más seguras y estables que las de Ion-Litio. -Admiten más ciclos de carga. 	<ul style="list-style-type: none"> -Son caras. -Muy sensibles a las temperaturas. -Voltajes poco flexibles. -Se degradan con el tiempo. -Tecnología aun en desarrollo. -Pueden llegar a explotar

Como se puede observar, todos los tipos de baterías tienen sus ventajas e inconvenientes, pero, debido a que una de las prioridades de este proyecto es que el patinete no sea muy pesado, ni su tecnología sea perjudicial para el medio ambiente, las baterías a usar serán de Litio. Pero, ahora queda la duda de si usar baterías de ion litio o si usar baterías de polímero de litio. Para tomar esta decisión primero se van a determinar las características de la batería y se va a comparar el peso y precio de dos modelos similares con las dos tecnologías.

7. Determinación de las características de la batería

Para seleccionar un modelo concreto de batería se debe determinar el nivel de descarga (que se mide en amperios por hora) y el número de baterías que serán necesarias para alcanzar el voltaje de funcionamiento del motor. Previamente a los cálculos cabe recordar que el motor seleccionado funciona a 18.4 A con un voltaje de 24 V y tiene una potencia de 150 W.

También, se debe establecer cuánto se desea que duren las baterías para poder determinar el nivel de descarga, esta cuestión ya se trató en el estudio de la encuesta estableciendo como tiempo máximo algo no muy superior a los 15 min. Para tener otra referencia a parte de las respuestas de los encuestados se va a suponer que el usuario del patinete realizará como máximo dos desplazamientos en una mañana, considerándose un desplazamiento ir y volver entre los puntos más alejados de la universidad. La distancia máxima a considerar entre los dos lugares más alejados de la universidad es de 800 metros, tal y como se puede ver en la Ilustración 1.



Ilustración 1: "cálculo de la distancia máxima a recorrer mediante Google maps"

Por tanto, la distancia a recorrer sería $800 \cdot 4 = 3200$ metros; que a una velocidad media de 15 km/h (no siempre será posible ir a la máxima velocidad) se tardaría en recorrer $3.2 \text{ km} / 15 \text{ km/h} = 0.213$ horas que son 13 minutos aproximadamente. Luego, se tomarán 15 minutos (0.25 horas) como duración de la batería.

Para los cálculos, se va a considerar que la batería establece una tensión constante entre los terminales aunque esto no sea del todo cierto debido a que a medida que la batería se descarga la tensión disminuye ligeramente. Finalmente, sabiendo que el motor funciona a 18.4 A (18400 mA), la capacidad de la batería será de $18400 \text{ mA} \cdot 0.25 \text{ horas} = 4600 \text{ mAh}$.

Cabe decir que aunque puedan parecer escasos 15 minutos de duración de la batería, en realidad la duración será superior ya que el motor consume 18.4 A si está funcionando a máxima potencia, por lo que si no siempre se circula a la máxima velocidad la duración de las baterías podría rondar la media hora.

8. Comparación de modelos de batería LiFePO4 con modelos Li-Po

Batería Li-Po



Ilustración 2: "batería Li-Po 5000 mAh"

En el caso de la batería Li-Po se ha seleccionado un modelo que funciona a 14.8 V con 5000 mAh por lo que sería necesario el montaje de dos baterías en serie para alcanzar los 24 V. El precio de cada batería es de 159.14 €, su peso es de 520 gramos y las dimensiones son 35x45x170mm.¹

En cuanto al problema de las sobrecargas y sobredescargas en las baterías Li-po estas baterías vienen equilibradas por lo que no sería necesaria la comprobación del voltaje de cada celda hasta pasados unos tres meses (indicación recomendada por el fabricante), pero, aunque el controlador del motor que se ha seleccionado para el funcionamiento si el voltaje es inferior a unos 21 V, sería recomendable usar un cargador/equilibrador en cada carga para cerciorarse de que no hay ninguna celda sobrecargada o sobredescargada.

También se muestran los precios a los que se podrían comprar si las pidiésemos a Estados Unidos², las características son semejantes a las explicadas anteriormente excepto el precio, aunque esto sería rentable si se realiza el pedido en cantidades grandes.

¹ características del modelo y precio obtenidos de www.rcmaterial.com

² características del modelo y precio obtenidos de www.hobbyking.com

LiNiMnCoO₂



Ilustración 3: "batería Li-Po usada en bicicletas eléctricas"

Son un tipo de baterías Li-ion con las ventajas y desventajas que se han explicado anteriormente, siendo por tanto menos seguras que las LiFePo₄. Se venden para bicicletas eléctricas y tienen forma tubular con un diámetro de 60 mm y una longitud de 220 mm.³

Batería LiFePo₄



Ilustración 4: "batería LiFePo₄ formada por la unión de celdas en serie-parallel"

Como se ha explicado anteriormente son un tipo de baterías Li-ion. Al igual que en las baterías Li-Po también se ha comparado el precio de las baterías en España con el que se obtendría si pidiésemos las baterías al extranjero, en este caso concreto a china.

³ Información extraída de www.qbikes.es

<i>Batería</i>	<i>Capacidad (mAh)</i>	<i>Precio total baterías (€)</i>	<i>Peso total (kg)</i>	<i>Dimensiones totales (mm)</i>	<i>Precio cargador (€)</i>
Li-Po (España)	5000	318.28	1.04	70x45x170	52 (con equilibrador) 14 (sólo cargador)
Li-Po (pedidas a EEUU)	5000	74.05 (incluyendo gastos de envío)	0.95	78x51x140	20
LiNiMnCoO ₂ (España)	4500	126.65	1	∅ = 66 l= 220	Incluye cargador
LiFePo ₄ (España)	9000	245	2	180x100x70	Incluye cargador
LiFePo ₄ (pedidas a china)	5000	53.3 (incluyendo gastos de envío)	1.4	200x60x140	10

Tabla 1: "comparativa de modelo de batería de polímero de litio y modelo de ion-litio"

9. Selección del modelo final

Por tanto, se va a seleccionar el modelo de baterías LiFePo₄ ya que son más baratas y menos peligrosas que las de Li-Po. En concreto se van a seleccionar las baterías LiFePo₄ pedidas a china ya que incluso teniendo en cuenta los gastos de envío de 8.3 euros (11.6 dólares) resultan ser las más baratas, y aunque ocupen más espacio que las demás baterías, entran perfectamente entre los perfiles en U y su peso no es muy elevado.

Además su tiempo de carga es de dos horas, tiempo idóneo, ya que se podría cargar la batería totalmente en la duración de una clase.



Ilustración 5: "batería LiFePo4 de china"

Si se quisiera reducir aún más el coste se podrían comprar las celdas individualmente, soldarlas, realizar las conexiones necesarias y realizar o comprar un sistema de gestión de baterías (BMS/PCM), aunque esto se ha considerado fuera de los límites del presente proyecto.



ANEXO 9: CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA UNE

Índice

1. Objeto y campo de aplicación	página 164
2. Requisitos de diseño	página 164
3. Simulación de ensayos de la norma con Solidworks.....	página 166
Simplificación del modelo	página 167
Ensayo de carga estática sobre la plancha	página 168
Ensayo de carga estática en la dirección A.....	página 173
Ensayo de carga estática en la dirección B	página 180
Ensayo de impacto sobre la rueda delantera.....	página 185
Ensayo de caída	página 191
Repetición del ensayo de carga sobre la base con el modelo final.....	página 197

1. Objeto y campo de aplicación

Según lo establecido por el consejo superior de deportes del ministerio de educación y ciencia, la normalización en materia de deportes es un proceso técnico de carácter voluntario cuyo objetivo es mejorar la calidad de los productos, servicios y empresas, promover la seguridad, permitir la intercambiabilidad de los productos y disminuir las barreras al comercio. Es decir, que las normas UNE o UNE-EN no son de obligado cumplimiento salvo que la Administración competente las haga obligatorias mediante Ley, Decreto o Reglamento, pero, son una referencia de calidad y seguridad para la adquisición, dotación y construcción de los equipamientos deportivos. Además, en caso de litigio los laboratorios de ensayo se basarán en los criterios de las normas para deslindar responsabilidades.

Por los motivos anteriormente citados, en el presente proyecto se va a evaluar el cumplimiento de la norma UNE-EN 14619 “Equipos de deportes sobre ruedas, patinetes, requisitos de seguridad y métodos de ensayo”, a pesar de no ser de obligado cumplimiento.

Esta norma es de aplicación al proyecto debido a que es válida en los patinetes propulsados por la acción muscular de un usuario con una masa superior a 35 kg e inferior a 100 kg, y, como ya se ha comentado anteriormente en el proyecto, el patinete está diseñado para usuarios con una masa inferior a 100 kg. En el presente proyecto también se plantea el uso de este patinete con motor, pero, esta norma será de aplicación ya que también será posible su uso sin motor, además, cómo no es de obligado cumplimiento, esta norma será usada para tener una referencia en cuanto a los ensayos a realizar para comprobar la validez del diseño.

Debido a que no se puede citar texto de la norma en el proyecto, se van a citar las modificaciones que se han hecho en el diseño y los ensayos realizados para cumplir la normativa pero sin analizarla en cada apartado. Resumiendo la normativa, podemos distinguir tres partes, la primera en la que establece una serie de requisitos de diseño, la segunda en la que se explican unos ensayos a superar por el patinete para cumplir la norma y la tercera que habla de la información que deberá suministrar el fabricante, por lo que el proyecto solo se ha centrado en las dos primeras.

2. Requisitos de diseño

A continuación se muestran las modificaciones que se han realizado para cumplir los requisitos establecidos por la norma.

Para cumplir los requisitos de distancia mínima se aumenta la longitud de la parte rectangular del cuadro y se recorta la parte inferior de la horquilla para que se cumpla esta distancia, esto, además le aporta un diseño más innovador al patinete. El cumplimiento de esta distancia se realiza como se observa en la Ilustración 1.

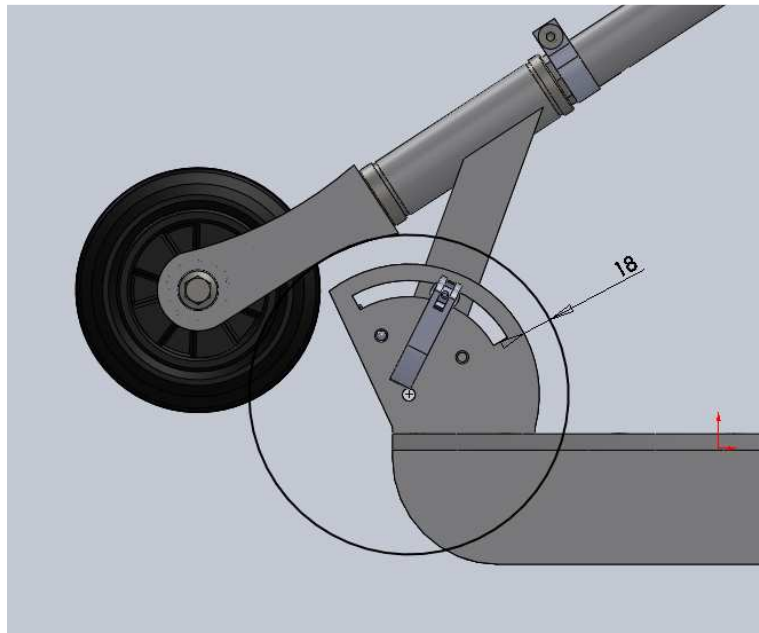


Ilustración 1: "Comprobación cumplimiento distancia requerida por la norma en piezas que se desplazan"

Los dos mecanismos deslizantes del patinete (mecanismo de plegado y de cambio de altura del manillar) están asegurados por dos sistemas, el mecanismo botón-muelle y la abrazadera. Por tanto, aunque involuntariamente abriésemos uno de los dos mecanismos, el otro seguiría asegurando la posición.

En cuanto a los muelles, el único muelle al que se podría acceder (con dificultad), es el del sistema de frenado, y su distancia entre dos espirales consecutivas es de 1.5 mm, por lo que es permitido por la normativa.

Las ruedas seleccionadas para el patinete se modificaron para que no se produjera el contacto entre estas y otras piezas del patinete, además, el bloqueo no se puede abrir de forma involuntaria debido a que esta fijo por un doble mecanismo como ya se explicó anteriormente. Además, se ha modificado la posición del orificio de la posición más alta del manillar para que se cumpla que la profundidad mínima de inserción es dos veces y media el diámetro de la columna, es decir, 71.5 mm. Esto queda indicado con una marca en esta posición de la columna (parte de arriba del manillar).

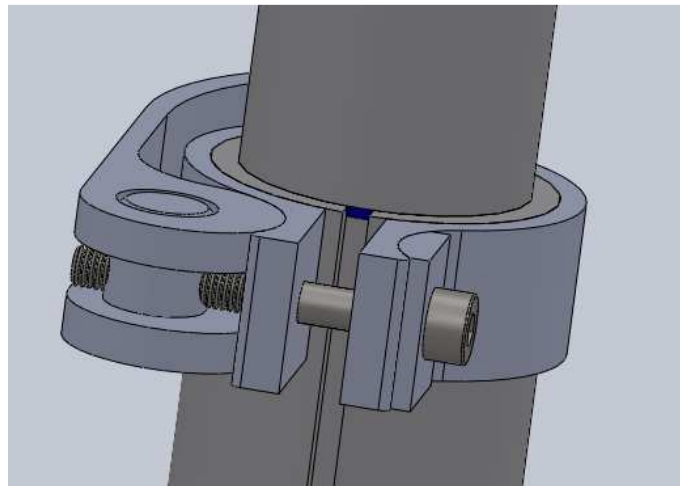


Ilustración 2: "Marca en azul de la posición mínima de inserción del cabezal"

La base del patinete se ha equipado con una pegatina antideslizante que ocupa toda su superficie, por lo que el área antideslizante es muy superior a la mínima exigida por la norma. Por otra parte, el freno posee una goma para que el frenado sea progresivo.

3. Simulación de ensayos de la norma con Solidworks

Previamente a la simulación se debe definir el material de cada pieza, para ello se ha creado una carpeta de materiales personalizados en la que se han modificado las pequeñas diferencias que había entre las propiedades de los materiales definidas por el programa y las dadas por los fabricantes de los materiales a comprar.

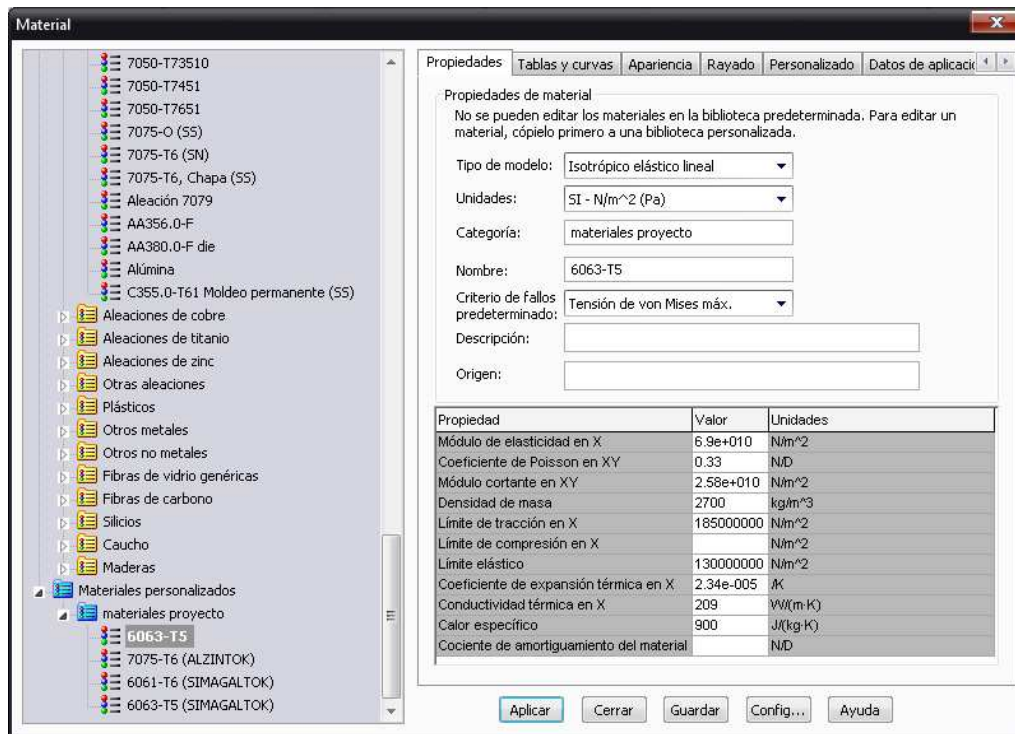


Ilustración 3: "materiales personalizados en Solidworks"

Simplificación del modelo

Para realizar las simulaciones se ha simplificado el modelo del patinete, las ruedas se han eliminado debido a que su resistencia ya se ha ensayado por la empresa que las suministra. Los tornillos también se quitan debido a que por su bajo coste están sobredimensionados y sólo se realizará la comprobación de si hay suficientes, en cuanto a los taladros realizados, se dejarán para comprobar cómo se comportan, a excepción de los realizados para el motor; las abrazaderas, casquillos, mangos y muelles también se quitan ya que son piezas estandarizadas que se van a comprar, no se diseñarán. Por otra parte los ejes se han simplificado a cilindros sin roscado ni cabeza, los roscados se han eliminado y los rodamientos se han sustituido por tubos con el tamaño equivalente ya que los resultados que se obtenían con el modelo creado inicialmente no variaban y el tiempo de simulación aumentaba mucho.

Además el modelo de la potencia se ha simplificado ya que, debido a su gran espesor para poder albergar los tornillos, es una pieza sobredimensionada



Ilustración 4: "comparación entre patinete usado en ensayos y diseño real"

Ensayo de carga estática sobre la plancha

Este ensayo consiste en la aplicación sobre el centro de la plancha de una carga de 200 kg con una superficie de 100 mm x 100 mm. Por tanto, de entre todos los posibles ensayos que permite Solidworks se va a seleccionar el estático.

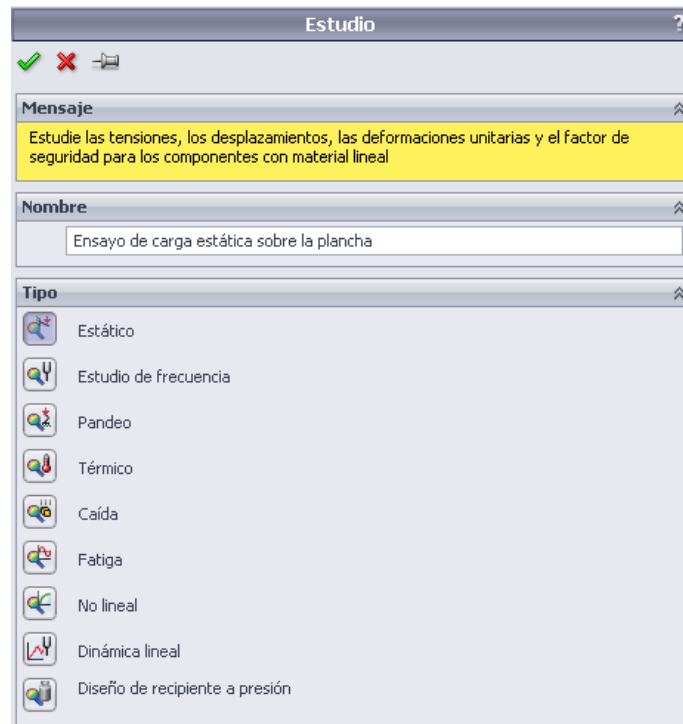


Ilustración 5: "tipos de ensayos posibles con Solidworks"

En un análisis estático todas las cargas se aplican lenta y gradualmente hasta que alcanzan sus magnitudes completas. A continuación, las cargas permanecen constantes. Esta suposición nos permite ignorar las fuerzas inerciales y de amortiguación debido a pequeñas aceleraciones y velocidades poco significativas. Debido a que en este ensayo el patinete está parado y la carga simplemente se posiciona en la base, se considera que suponer un modelo estático es lo más adecuado. En el caso de que se obtuviese alguna tensión muy superior a los valores esperados, se podría realizar un análisis no lineal (la curva tensión-deformación sería la real) para obtener una aproximación mejor.

Si se aplica un valor de 9.81 m/s^2 para la aceleración de la gravedad se obtiene que esta carga es equivalente a una presión de 196200 N/m^2 , por lo que se aplica esta carga en un cuadrado de 100 mm x 100 mm en el centro de la base.

A continuación, se tienen que definir las conexiones y sujeciones del ensamblaje. Esto se realiza porque SolidWorks presupone que todos los sólidos son libres para moverse e interactuar entre sí. El conjunto del sólido está definido como geometría fija y los siguientes contactos se han modificado:

Base con perfiles en U: sin penetración.

Base con pieza de plegado: sin penetración.

Pieza de plegado con cuadro: sin penetración.

Horquilla con rodamientos: sin penetración

Cuadro con rodamientos: sin penetración.

Cuadro con horquilla: sin penetración.

Después, se definen los conectores que reemplazan una pieza de hardware o un cierre simulando su efecto en el resto del modelo. En nuestro caso se van a reemplazar los tornillos, que unen varios sólidos entre sí (la base con los perfiles en U, la pieza de plegado con la base). Para que la simulación se ejecute correctamente, los sólidos unidos a través de pernos deben tener un contacto sin penetración definido entre ellos para evitar interferencias y uniones rígidas.

En cuanto a las sujeciones se han definido los dos ejes como bisagras fijas ya que de esta manera la horquilla y los perfiles en U podrán girar sobre el eje, pero el eje no cambiará su posición.

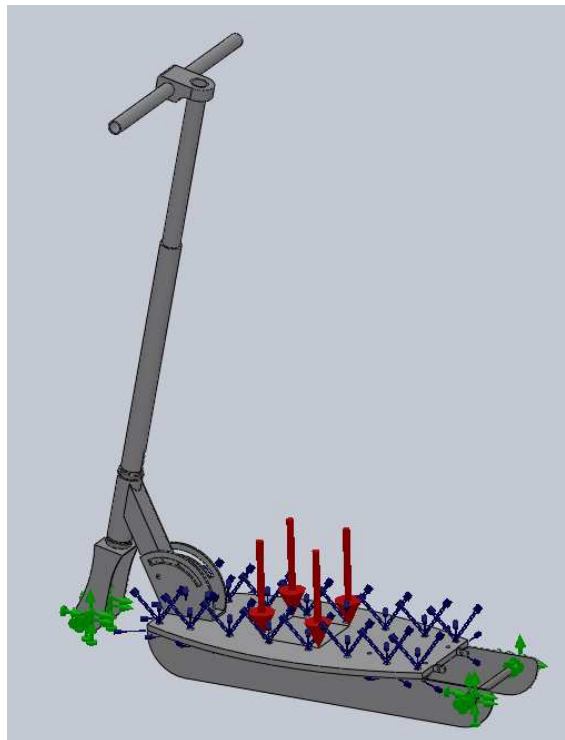


Ilustración 6: "carga, sujeciones y conexiones en patinete"

Una vez se han definido las cargas, conexiones y sujeciones se procede al mallado del ensamblaje. Se ha seleccionado un tipo de mallado fino que presenta las siguientes características:

Tipo de malla: malla sólida basada en curvatura

Mallador utilizado: malla estándar

Puntos jacobianos: 4 puntos

Tamaño máximo de elemento: 19.0316 mm

Tamaño mínimo de elemento: 3.80632 mm

Número de elementos en un círculo: 12

Cociente de crecimiento del tamaño del elemento: 1.6

Obteniéndose, el sólido mallado tal y como se muestra en la Ilustración 7.

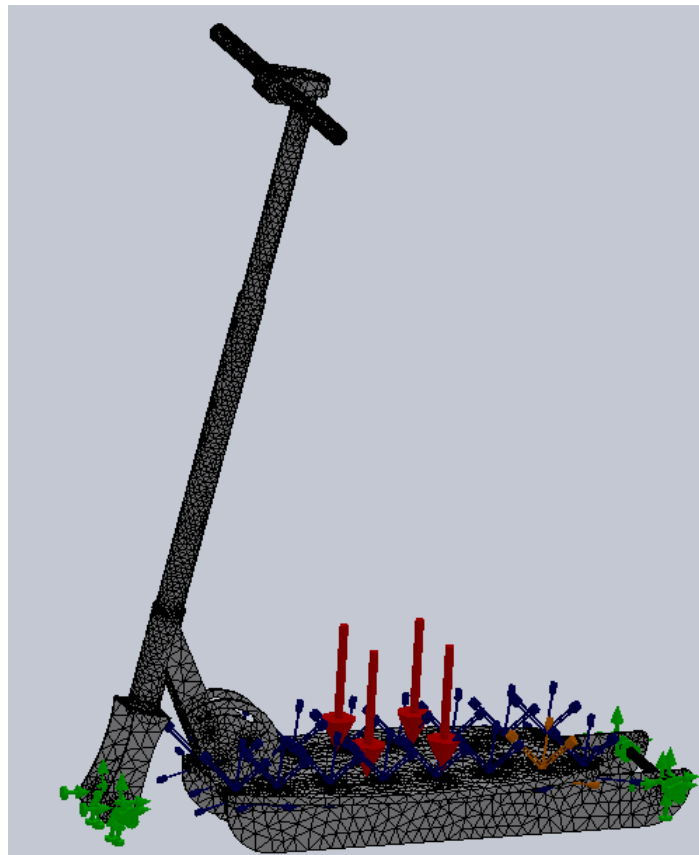


Ilustración 7: "mallado"

A continuación se ha ejecutado el ensayo, que tras una hora y tres minutos ha finalizado sin ningún fallo. Se van a estudiar primero los resultados obtenidos para las tensiones de Von Misses:

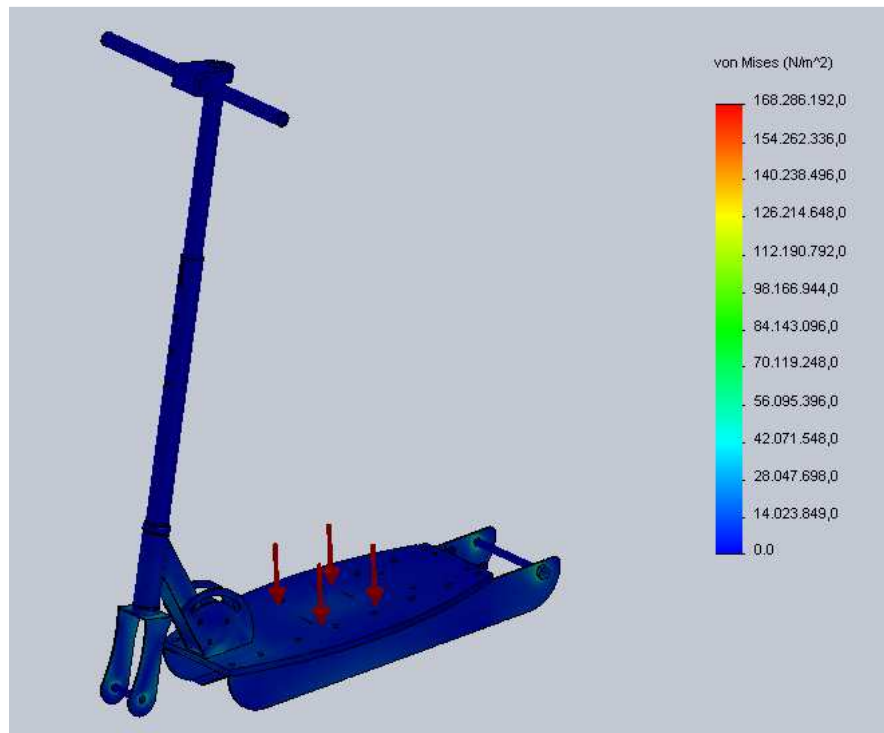


Ilustración 8: "resultados obtenidos para las tensiones de Von Mises"

Como se puede observar, se obtiene un valor de tensión máximo de $168286192.0 \text{ N/m}^2$ que equivalen a 168.29 N/mm^2 , que teniendo en cuenta que este valor se produce en la pieza de plegado donde el límite elástico (o límite de fluencia) de aleación 7075-T6 es de 505 N/mm^2 , no se produciría ninguna deformación permanente.

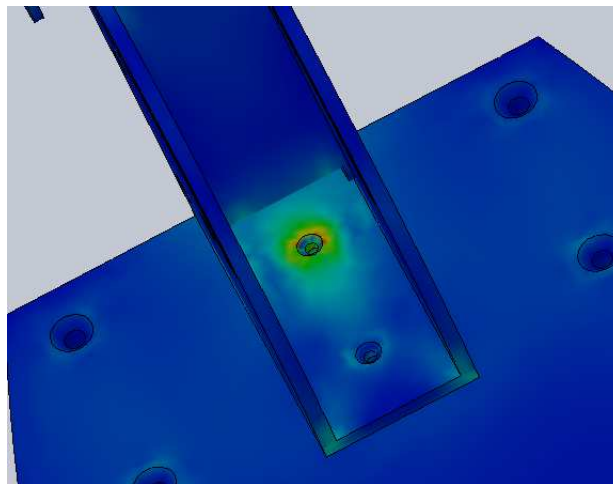


Ilustración 9: "tensión de Von Mises máxima. Pieza de plegado"

Los otros puntos críticos se encuentran en el apoyo del eje trasero con los perfiles en U, donde se alcanza una tensión de aproximadamente 90 N/mm^2 , que siendo el límite elástico del material usado de 150 N/mm^2 no provocará ninguna deformación permanente.

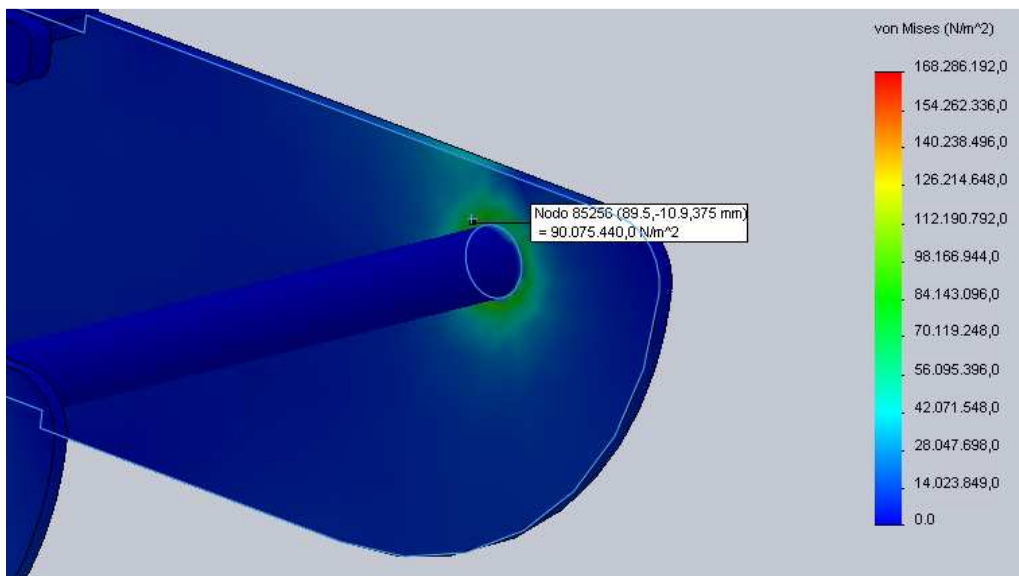


Ilustración 10: "tensión máxima en eje trasero"

En cuanto a los desplazamientos se puede observar en la Ilustración 11 que el máximo desplazamiento es de 4 mm y se produce en el manillar. Este valor se considera muy reducido ya que son desplazamientos, no de deformaciones y al producirse en el manillar, no provoca ningún problema en el uso del patinete, ni se produce ningún contacto no deseado entre piezas.

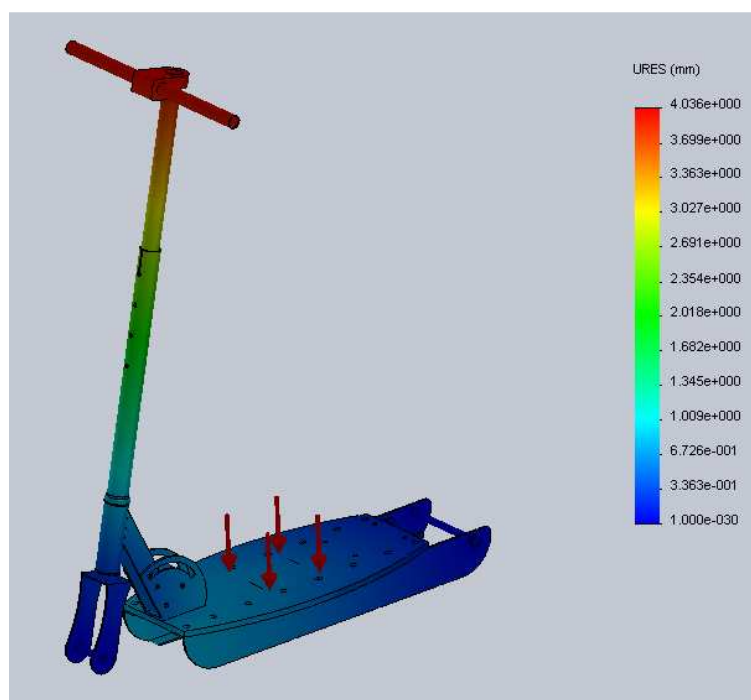


Ilustración 11: "desplazamientos producidos en el ensayo de carga estática en la base"

Fijándose ahora en las deformaciones unitarias se puede observar que el valor máximo es de $1.5 \cdot 10^{-3}$ mm por lo que no supone ninguna intersección entre piezas no deseada ni provoca problemas en el uso del patinete.

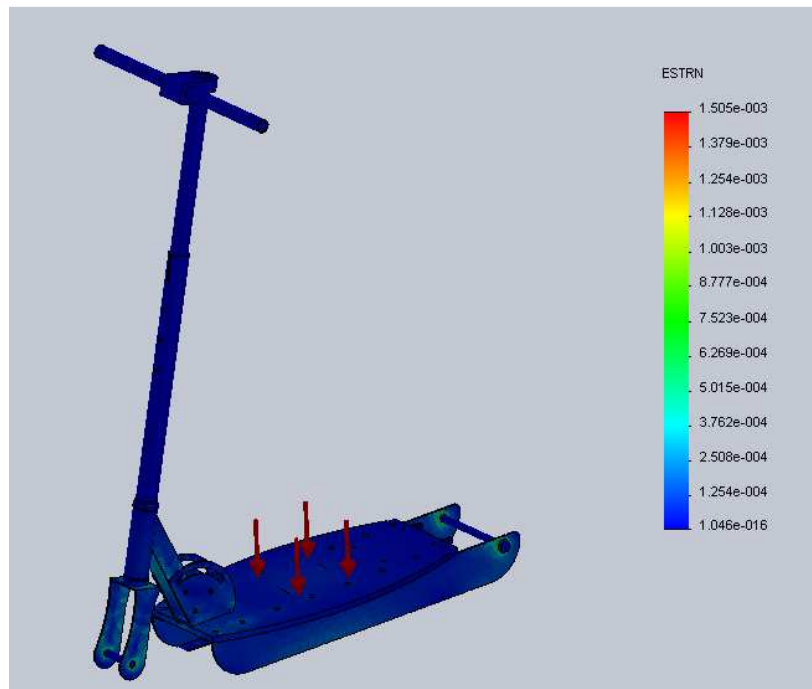


Ilustración 12: "deformaciones unitarias en ensayo de carga estática sobre la base"

Ensayo de carga estática en la dirección A

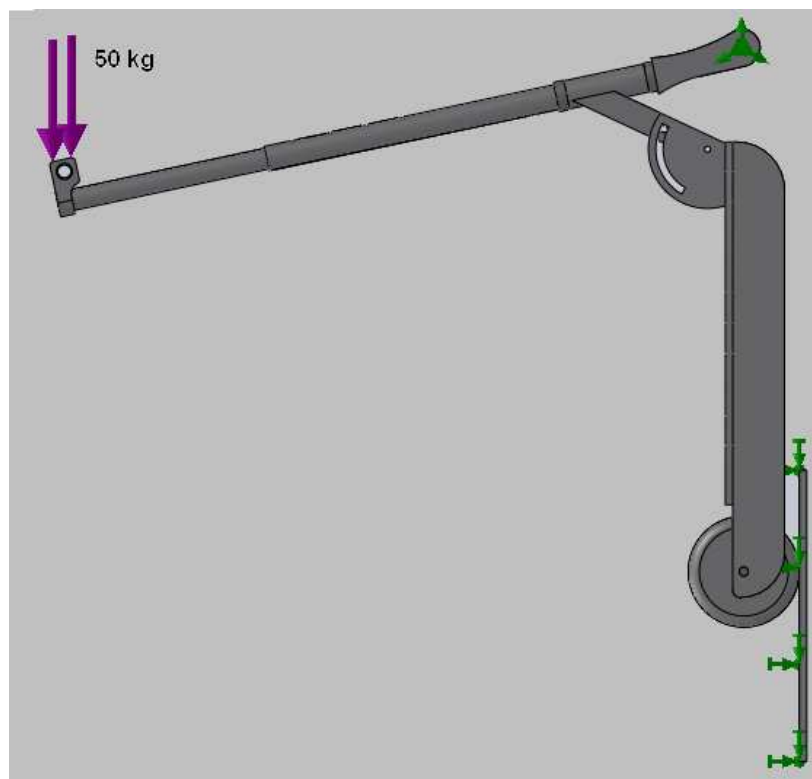


Ilustración 13: "representación del ensayo de carga estática en la dirección A del manillar"

Este ensayo consiste en fijar la rueda delantera estando el patinete vertical al suelo y colgar una masa de 50 kg del manillar durante 5 minutos, estando este abierto en su

posición máxima. Para este ensayo se han tenido que añadir dos piezas: una rueda simplificada y una chapa para que haga de suelo. Esto se ha realizado tras intentar varias simplificaciones y observar que el único modelo cuyo comportamiento se ajustaba completamente a la realidad era este.

Al estar la masa colgada la fuerza irá dirigida en la dirección vertical al suelo y se podrá calcular de la siguiente manera:

$$F_{res} = masa \cdot aceleración = 50 (kg) \cdot 9.81 (N/kg) = 490.5 N$$

Por tanto, esta fuerza se posiciona en la potencia y además se añade la fuerza de la gravedad. Además, ya se pueden establecer las sujeciones e interacciones entre componentes. Se define como sujeción tipo bisagra fija el eje de la rueda delantera y como geometría fija el suelo, los contactos entre componentes son los siguientes:

Base con perfiles en U: sin penetración.

Base con pieza de plegado: sin penetración.

Pieza de plegado con cuadro: sin penetración.

Horquilla con rodamientos: sin penetración

Cuadro con rodamientos: sin penetración.

Cuadro con horquilla: sin penetración.

Parte ancha de la dirección con parte estrecha (cabezal con columna): sin penetración

Rueda con suelo: sin penetración.

Rueda con eje: sin penetración.

En cuanto al mallado, inicialmente tiene las mismas características que en el primer ensayo.

Una vez definidas todas las condiciones de contorno se puede ejecutar la simulación. En esta ocasión la duración ha sido de 25 minutos (modelo simplificado).

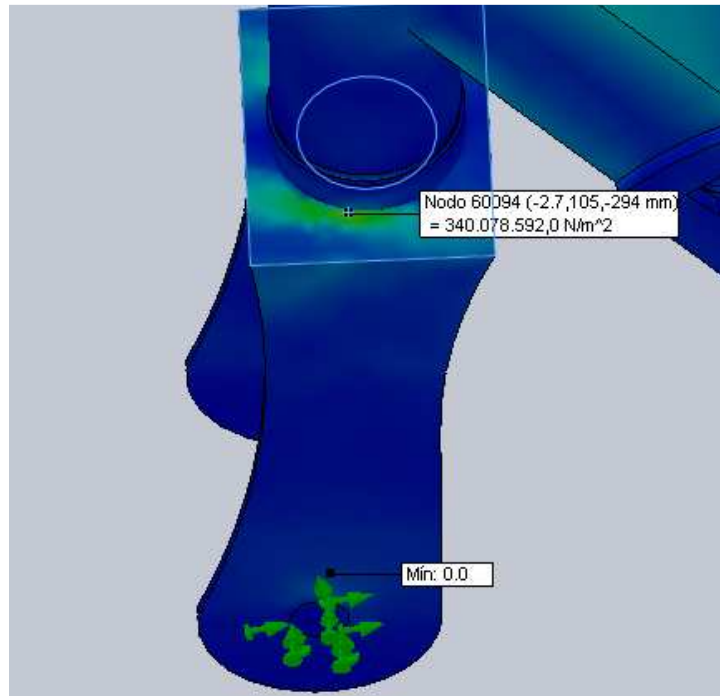


Ilustración 14: "tensión en horquilla superior al valor de rotura"

Tras realizar la simulación, se puede observar en la horquilla una tensión de 340 N/mm^2 , que es superior a la carga de rotura para la aleación 6061-T6, motivo por el cual se ha aumentado el espesor de esta chapa hasta 4 mm y se ha repetido la simulación. Inicialmente se pensó en optimizar esta dimensión estableciendo un factor de seguridad, pero debido a que la pieza se debe ajustar a las dimensiones comerciales se descartó.

Tras corregir el espesor de esta pieza se solucionó el problema, pero, después de comprobar en qué zonas el factor de seguridad es inferior a la unidad, se observó que en el cuadro seguía habiendo tensiones que superaban el límite de fluencia, por lo que implicarían deformaciones permanentes, y en los agujeros para cambiar la posición del manillar se superaba el límite de rotura.

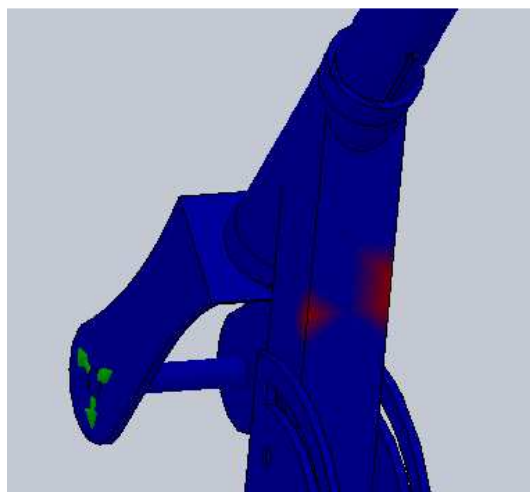


Ilustración 15: "factor de seguridad inferior a la unidad en el cuadro"

Por tanto, en el cuadro se selecciono el otro modelo de tubo cuadrado comercial, que en lugar de tener un espesor de 1.5 mm tiene un espesor de 2 mm. En cuanto al alcance de la carga de rotura en los agujeros del manillar, se podría tener en cuenta que el programa al seleccionar un estudio estático no tiene en cuenta el endurecimiento que se produce cuando un material supera el límite de fluencia por lo que probablemente no se produciría la rotura. También se pensó que quizá sería un error del programa al realizar el mallado en las zonas conflictivas por lo que se repitió la simulación disminuyendo el tamaño de los elementos de la malla. La malla aplicada fue la siguiente:

Tipo de malla: malla sólida basada en curvatura.

Calidad de malla: elementos cuadráticos de alto orden.

Mallador utilizado: malla estándar

Puntos jacobianos: 4 puntos

Tamaño máximo de elemento: 9.5158 mm

Tamaño mínimo de elemento: 0.47579 mm

Número de elementos en un círculo: 8

Cociente de crecimiento del tamaño del elemento: 1.6

Tras 34 minutos de simulación, se obtuvieron los siguientes resultados para las tensiones de Von Mises.

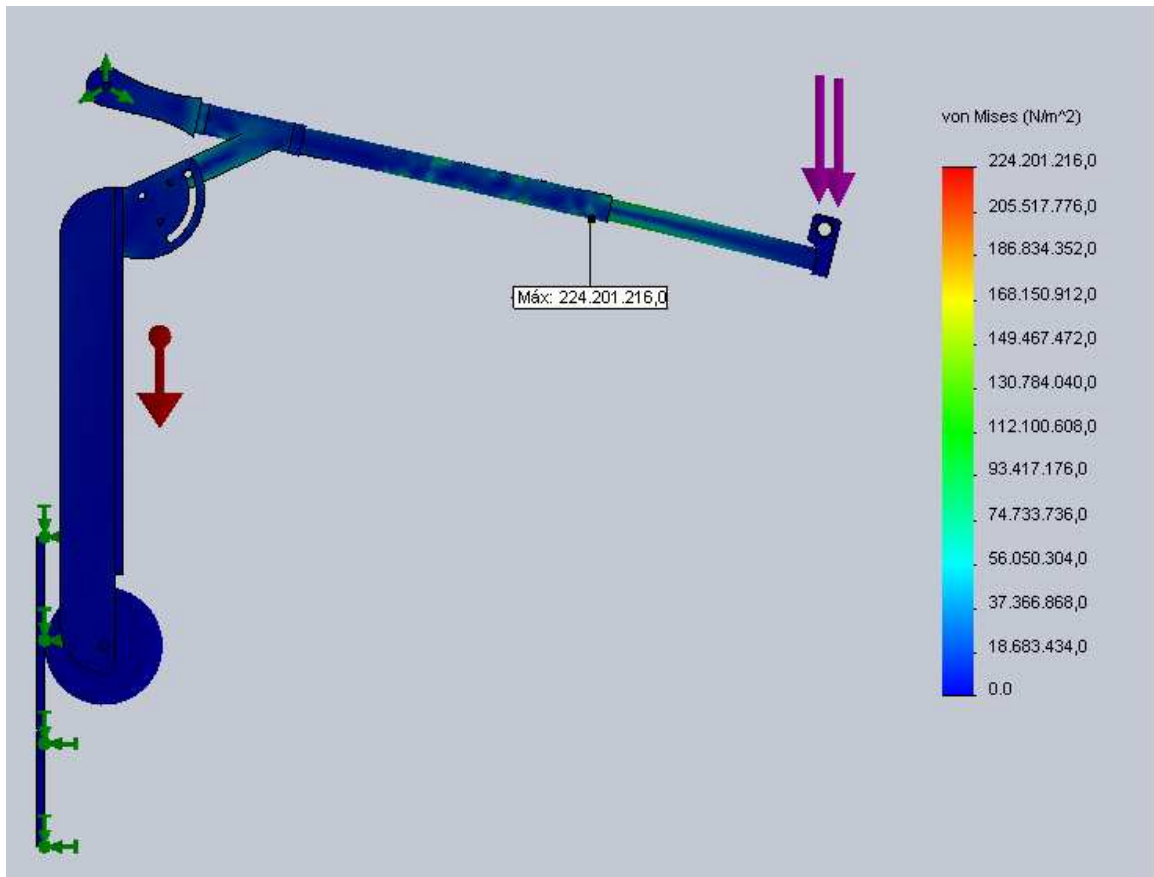


Ilustración 16: "tensiones de Von Mises obtenidas con dirección 34 mm de aluminio 6060-T5"

Se puede observar que la tensión máxima en el ensayo es de 224 N/mm^2 , y el límite de rotura del aluminio 6060-T6 es de 220 N/mm^2 por lo que se produciría la rotura. Para observar en concreto en qué puntos se producirá se ha creado una comprobación del factor de seguridad en el sólido, estableciendo el factor de seguridad en 1.3, se pueden observar en rojo las zonas que superan el límite de rotura o muy próximas (factor de seguridad de 1.3).

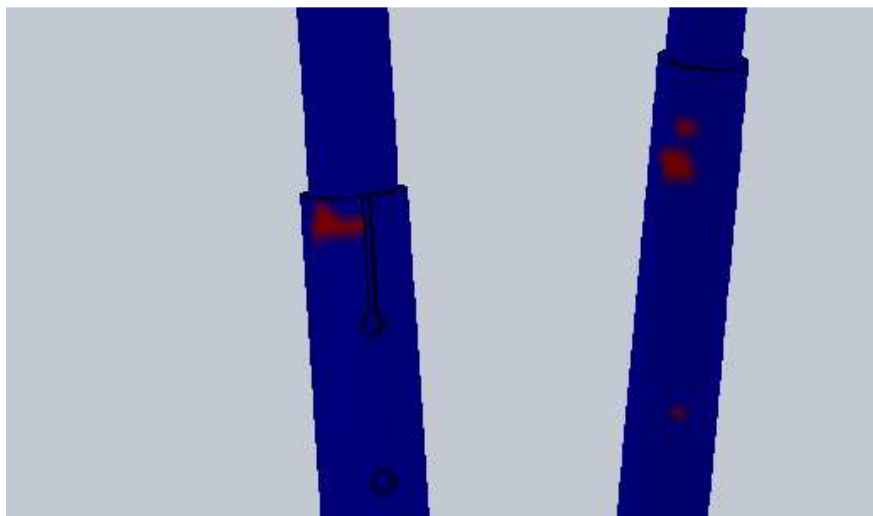


Ilustración 17: "zonas que superan el límite de rotura en el manillar"

En este punto, es evidente que se ha de modificar algo en el cabezal (parte exterior de la dirección), planteándose aumentar el espesor o usar la aleación 7072 de aluminio que se puede encontrar en este diámetro. Pero, debido a que inicialmente se planteo usar aleaciones de la serie 7000 se decidió modificar el material del cabezal. En este caso no se había usado inicialmente debido a que en los demás tubos no se vendía y a su incremento de precio, aunque, el incremento de precio no es muy grande al ser el tubo de sólo 0,4 m, y que el tubo use un material distinto a los demás en principio no genera ningún problema al no usarse soldadura, además, cuanto mayor sea el espesor mayor será el peso del patinete.

Luego, se modifica el material y se repite el ensayo, siendo las características del mallado las mismas que se describieron anteriormente. Se obtuvieron los siguientes resultados para las tensiones de Von Mises:



Ilustración 18: "resultados obtenidos para las tensiones de Von Mises tras modificar el material del cabezal"

Como era de esperar, las tensiones prácticamente no se han modificado, pero, al ser mayor la carga de rotura en la aleación seleccionada, se puede observar que si se establece de nuevo el factor de seguridad en 1.3 respecto a la carga de rotura, ninguna zona se encuentra en rojo, por lo que ahora no se produciría la rotura. Además, en la columna (parte estrecha dirección) la tensión máxima alcanzada es de alrededor de 160 N/mm^2 siendo su límite de fluencia de 185 N/mm^2 por lo que no se producirían deformaciones permanentes, al igual que en el cabezal, donde la tensión máxima es de 225 N/mm^2 y el límite de fluencia es de 290 N/mm^2 .

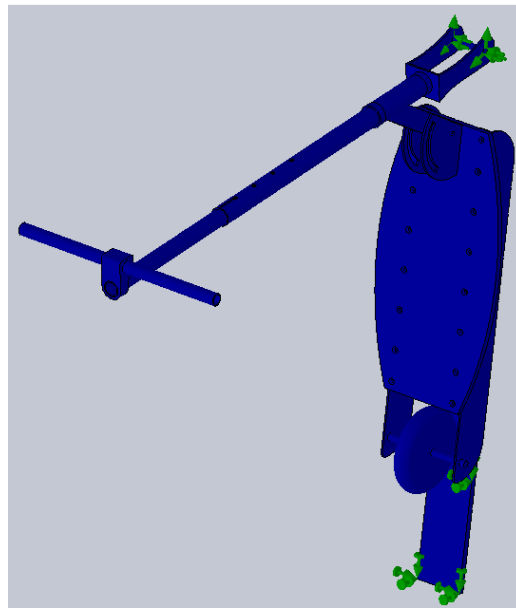


Ilustración 19: "comprobación de la no rotura mediante el factor de seguridad"

Pasando ahora a la comprobación de los desplazamientos, se puede ver que no provocan ningún problema en el uso ni el ninguno de los mecanismos del patinete o en el sistema eléctrico. Para comprobar más fácilmente los desplazamientos se observa la animación del ensayo.

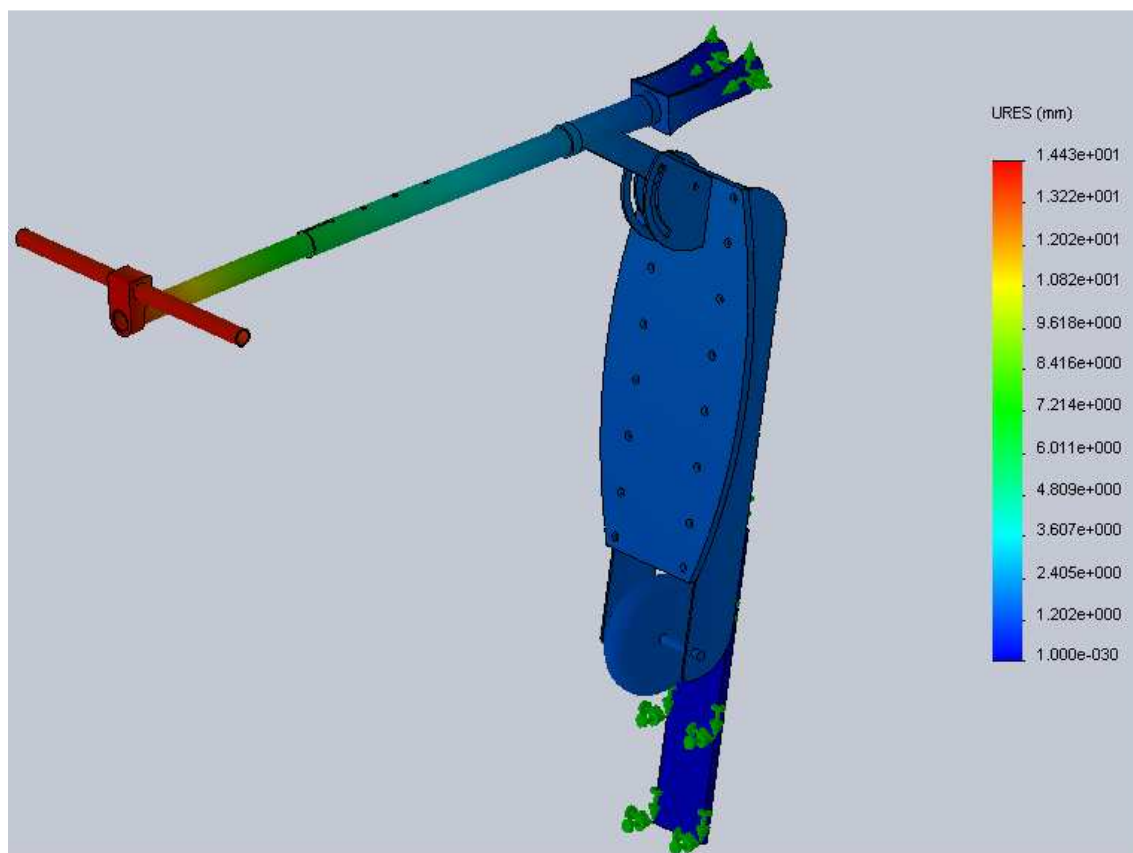


Ilustración 20: "Desplazamientos producidos en el ensayo de carga estática en la dirección A"

Lógicamente el desplazamiento máximo se produce en el manillar, siendo este de 14.4 mm. Este desplazamiento no es problemático debido a que es provocado por la suma de pequeños desplazamientos a lo largo de toda la dirección y como se ha dicho anteriormente no se produce ninguna deformación permanente. Además, los desplazamientos que no se producen en la dirección prácticamente no superan el milímetro.

Ensayo de carga estática en la dirección B

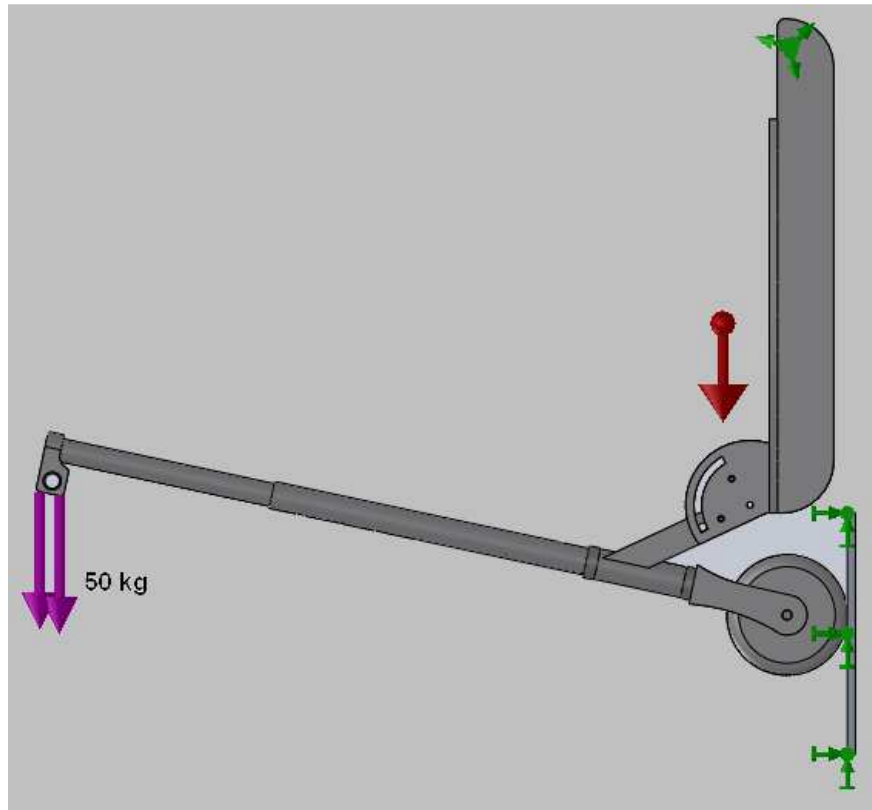


Ilustración 21: "representación del ensayo de carga estática en la dirección B del manillar"

Este ensayo es similar al anterior, con la única diferencia de que la carga se aplica en la dirección contraria y la rueda que se fija es la posterior.

Luego, se posiciona la fuerza de 50 kg en la potencia (490.5 N) y se añade la gravedad. Se establecen las sujeciones e interacciones entre componentes. Se define como sujeción tipo bisagra fija el eje de la rueda trasera y como geometría fija el suelo, los tornillos se definen del mismo modo que se ha hecho hasta ahora. Los contactos entre componentes son los siguientes:

Base con perfiles en U: sin penetración.

Base con pieza de plegado: sin penetración.

Pieza de plegado con cuadro: sin penetración.

Horquilla con rodamientos: sin penetración

Número total de nodos: 85935

A continuación se ejecuta el análisis, obteniéndose la siguiente distribución de tensiones para las tensiones de Von Mises:



Ilustración 23: "distribución de tensiones de Von Mises en ensayo de carga estática en la dirección B"

Al igual que en el anterior ensayo, la tensión máxima se produce en el cabezal, siendo esta de 288 N/mm^2 , tensión que tras el cambio en el material del manillar no supera el límite de fluencia. Además se ha realizado una comprobación mediante el factor de seguridad de si en algún punto se supera el límite de fluencia para comprobar que esto no se produce, aunque, fijándose en las tensiones y conociendo los límites elásticos de cada material se puede ver que esto no sucede.

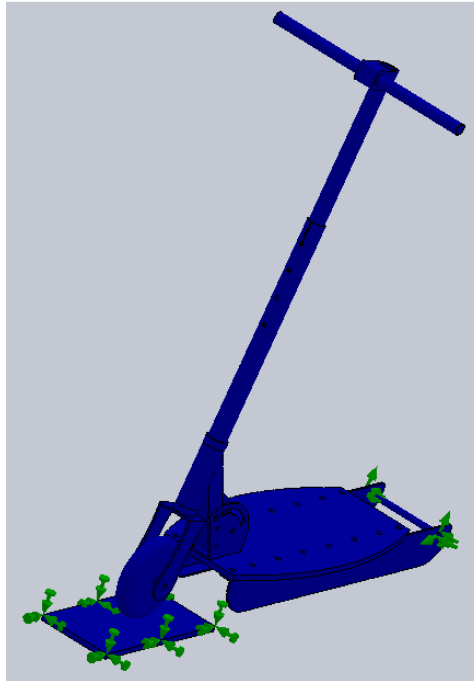


Ilustración 24: "comprobación mediante el factor de seguridad de la inferioridad de las tensiones respecto al límite de fluencia"

Tras haber comprobado que en ningún caso se producen deformaciones permanentes se comprueba también que los desplazamientos que se producen durante el ensayo no producen ningún impedimento al uso del patinete ni provocarían problemas en ningún sistema de apriete.

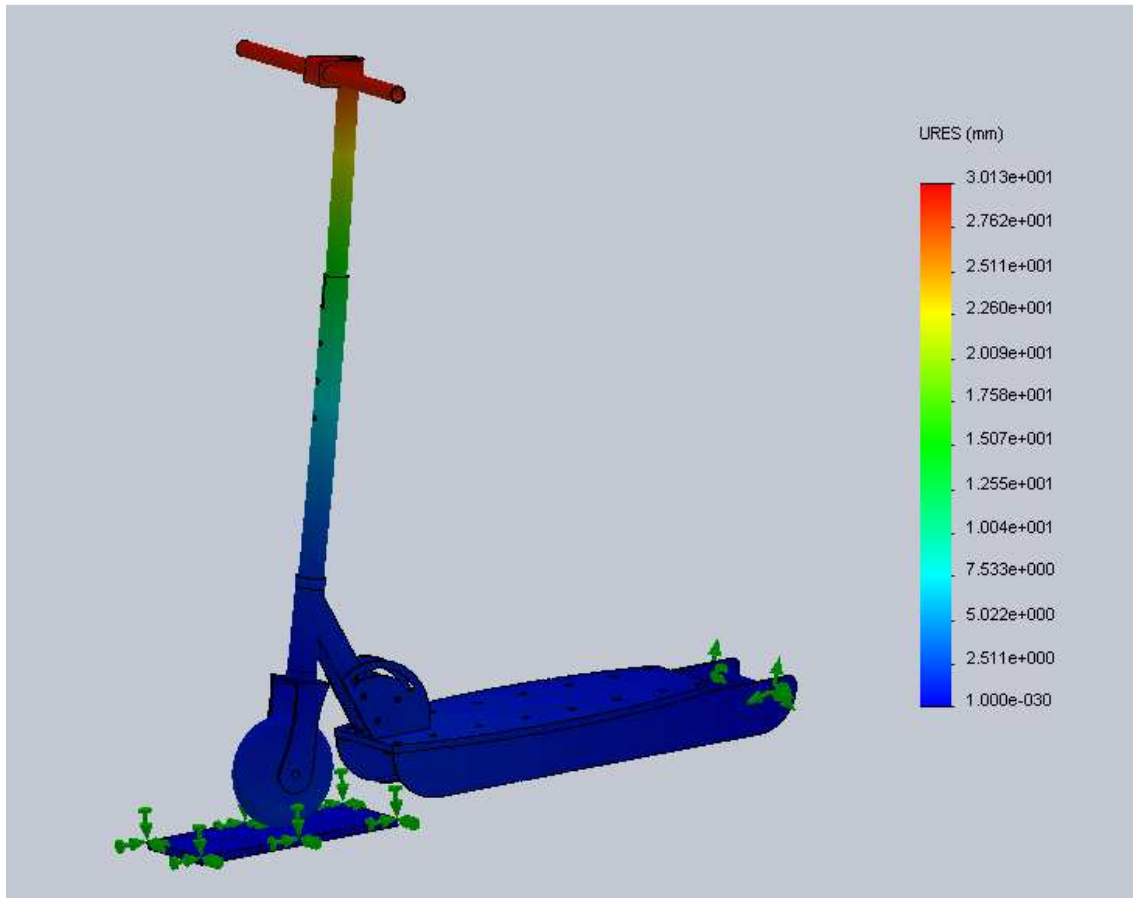


Ilustración 25: "Desplazamientos producidos en ensayo de carga estatica en la dirección B"

Como se puede ver en la Ilustración 25, la máxima deformación se produce en el manillar y es de unos 30 mm. Pero, estos 3 cm se consideran un valor normal sabiendo que este desplazamiento no se debe a la deformación del manillar sino a la suma de todos los desplazamientos que se producen en la dirección. En el resto del patinete las deformaciones rondan el milímetro, siendo por tanto despreciables, sobre todo porque no generan cargas en baterías ni motor, ni provocarían problemas en el uso del vehículo.

Ensayo de impacto sobre la rueda delantera

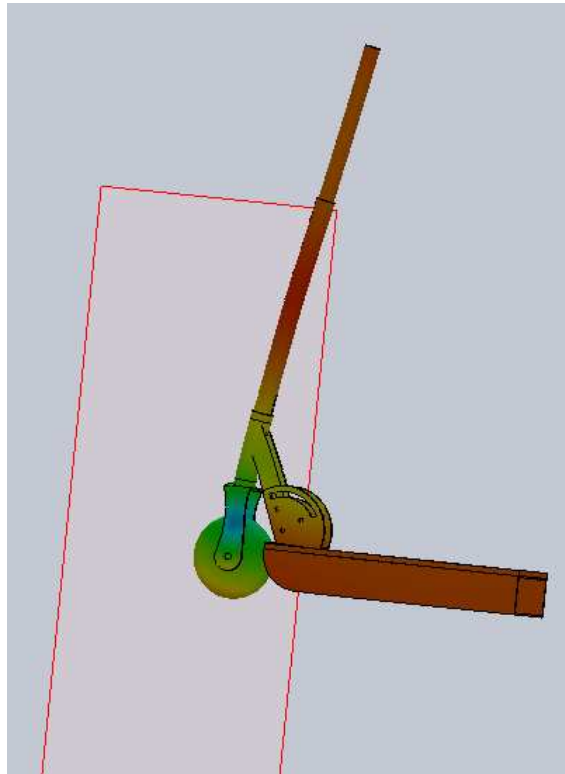


Ilustración 26: "ensayo de impacto sobre rueda delantera"

Este ensayo consiste en someter el patinete a impacto sobre la rueda delantera a una velocidad de 4.5 m/s. Para poder simular esto en Solidworks se usará el ensayo de caída, aunque este ensayo tiene algunas limitaciones, ya que no permite definir las sujeciones e interacciones de la misma manera en la que se hizo en los anteriores ensayos. Para poder definir los contactos, estos se deben definir a partir de superficies en lugar de poder seleccionar todo el sólido, esto en principio no es ningún problema, pero los pernos (tornillos) no se pueden representar mediante los conectores como se hizo anteriormente.

Inicialmente se pensó en usar un análisis estático, calculándose previamente la fuerza que se producía en la rueda, pero, tras realizar una prueba mediante el ensayo de caída se observó que, como era lógico pensar, las mayores tensiones se encuentran en el eje delantero y la horquilla, motivo por el cual se decidió usar el ensayo de caída suponiendo la unión entre la base y los perfiles en U como unión rígida. Todos los demás contactos sí se podían representar por lo que la única zona en la que los resultados no serían reales sería en la base y los perfiles en U, pero, estos quedan bien dimensionados gracias a las demás simulaciones.

En cuanto a la rueda, para simplificar el modelo no se usó la rueda real, sino que se usó una rueda simplificada. Inicialmente se pensó en usar los materiales reales para simular la amortiguación producida por la rueda, pero, ya que el objetivo de este ensayo no es

dimensionar la rueda, se prefirió quedar del lado de la seguridad estableciendo la rueda como rígida (las tensiones son mayores de esta forma).

Por otra parte, el manillar se ha quitado, ya que no es lo que se busca dimensionar con este ensayo, además, en las primeras pruebas que se realizaron se observó que la carga era mínima. La parte trasera (a partir del freno) también se ha eliminado ya que obviamente no es lo que se busca dimensionar y aumenta mucho el tiempo de cálculo (el tiempo aproximado de estas simulaciones es de 10 horas una vez hechas todas las simplificaciones).

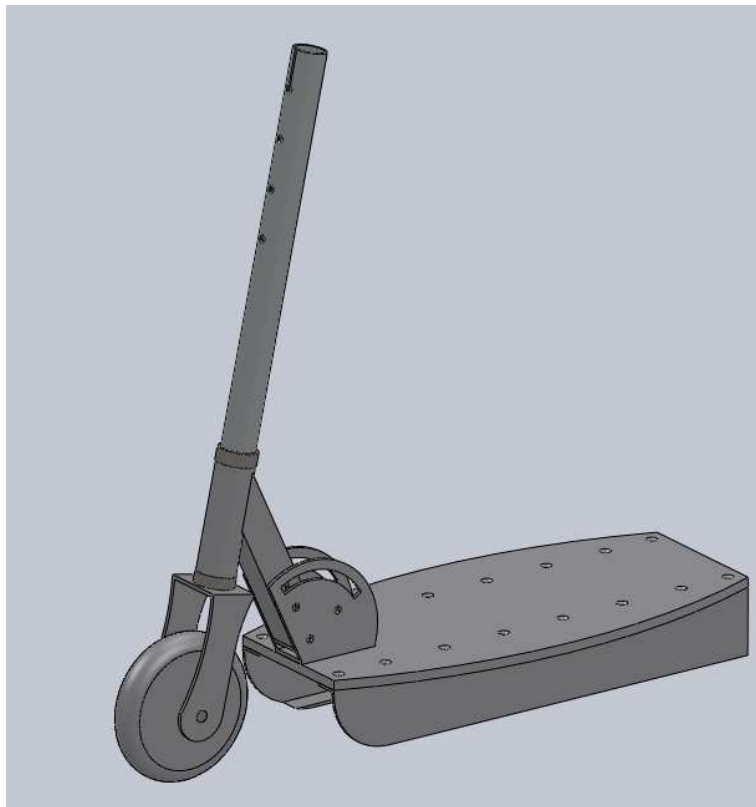


Ilustración 27: "modelo simplificado del patinete para el ensayo de impacto sobre la rueda delantera"

Los parámetros a definir para establecer la configuración en este tipo de ensayo son la velocidad de impacto, la dirección y magnitud de la gravedad y el plano de impacto. Se ha establecido la velocidad de impacto en 4.5 m/s, la gravedad perpendicular a la base con un valor de 9.81 m/s^2 , y el plano de impacto paralelo al plano de alzado (perpendicular a la base). En cuanto a las opciones de resultados, para este primer ensayo se establecen las siguientes:

Tiempo de solución después del impacto: 800 microsegundos

Guardar resultados a partir de: 0 segundos (momento del impacto)

Número de trazados: 25

En cuanto a los contactos entre superficies se definen los siguientes:

Rodamiento superior con dirección: sin penetración

Rodamiento superior con cuadro: sin penetración

Rodamiento superior con horquilla (tubo): sin penetración

Rodamiento inferior con horquilla (parte inferior): sin penetración

Rodamiento inferior con cuadro: sin penetración

Rodamiento inferior con horquilla (tubo): sin penetración

Parte inferior de la horquilla con horquilla: unión rígida (son piezas soldadas)

A continuación se ejecuta el mallado que tiene las siguientes características:

Tipo de malla: malla sólida basada en curvatura.

Calidad de malla: elementos cuadráticos de alto orden.

Mallador utilizado: malla estándar

Puntos jacobianos: 4 puntos

Tamaño máximo de elemento: 29.8413 mm

Tamaño mínimo de elemento: 5.9682 mm

Número de elementos en un círculo: 8

Cociente de crecimiento del tamaño del elemento: 1.6

Número total de nodos: 39336

Una vez realizado el mallado se ejecuta el solver, obteniéndose tras 9 horas de simulación los siguientes resultados para las Tensiones de Von Mises:

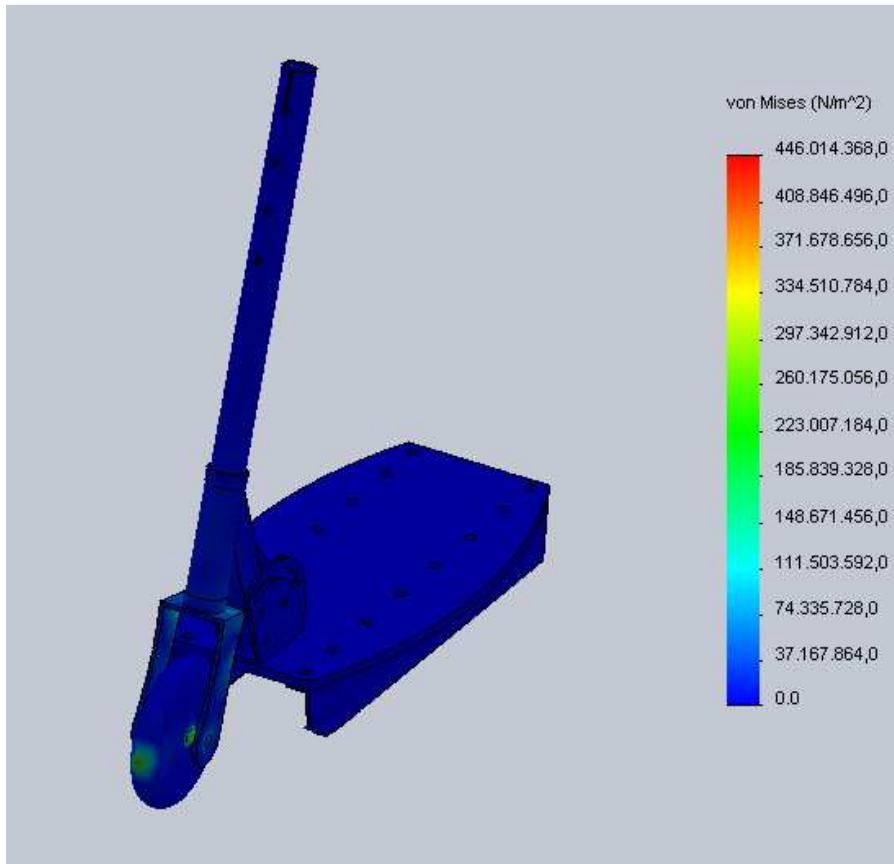


Ilustración 28:”tensiones de Von Mises en ensayo de impacto sobre la rueda delantera”

Como se puede observar en la Ilustración 28 y en la Ilustración 29 las máximas tensiones se producen en el eje y en la horquilla, aunque ninguna supera el límite de fluencia. El eje al ser de acero aleado, tiene un límite de fluencia o elástico es de 620 N/mm^2 y la tensión máxima es de 446 N/mm^2 .

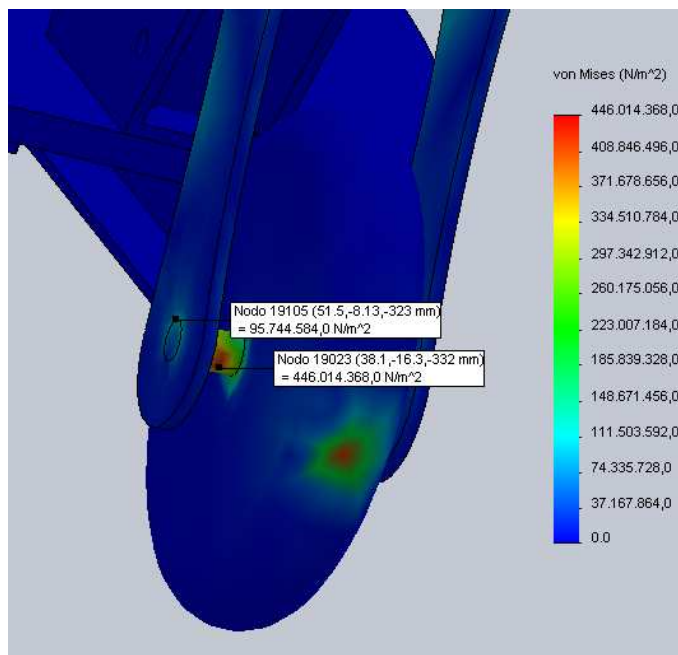


Ilustración 29:” tensiones máximas provocadas en el eje en el ensayo de impacto sobre la rueda delantera”

En la horquilla el límite de fluencia es de 185 N/mm^2 y la tensión máxima es de 194 N/mm^2 por lo que se produciría una pequeña deformación permanente sin llegar a la rotura. Por una parte hay que tener en cuenta que la norma no dice que en el patinete no se deba de producir ninguna deformación permanente en este ensayo, ya que sólo dice que no se produzca esta deformación permanente en los ejes, además, al ser un ensayo estático no se han tenido en cuenta fenómenos como la plastificación localizada, por lo que probablemente no se produciría ninguna deformación permanente. Se podría realizar un análisis no lineal para comprobar esto, pero, como se está cumpliendo la norma y el punto es aislado, no se realizará.

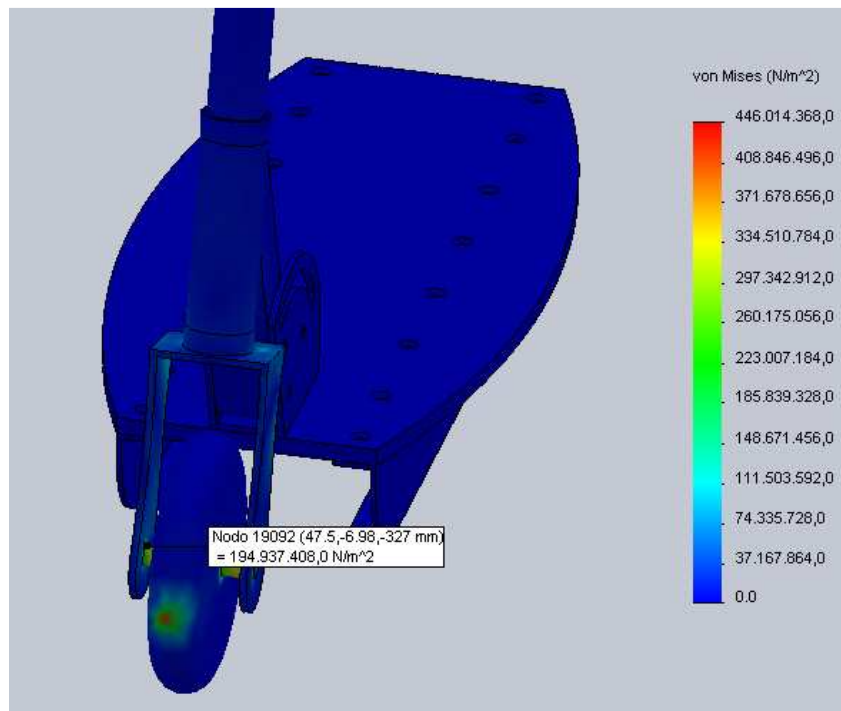


Ilustración 30: "Tensión máxima en horquilla"

Los desplazamientos producidos en este ensayo no son muy relevantes ya que un impacto contra un muro no es algo que se produzca en el uso normal del patinete, aunque, se puede comprobar que ninguna pieza llega a chocar con otra, ni se desmontaría ninguna pieza. Además, el desplazamiento máximo es de 1.09 mm aproximadamente ($0.79+0.3$) por lo que es muy pequeño para el ensayo realizado.

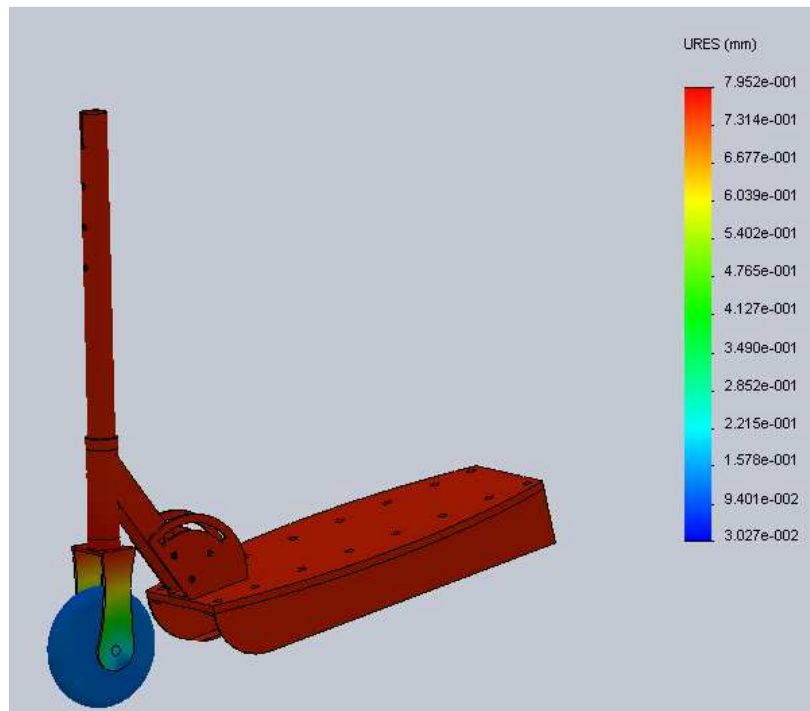


Ilustración 31:” desplazamientos en ensayo de impacto sobre la rueda delantera”

Ensayo de caída

Este ensayo está mal definido en la norma UNE ya que se dice que se deje caer una masa de 20 kg sobre la base del patinete, pero, no se indica la altura desde la que se debe dejar caer, algo clave en este ensayo. Por este motivo, este ensayo se ha sustituido por la simulación de una persona de 100 kg (peso máximo permitido por la norma UNE para los usuarios del patinete) cayendo desde 30 cm de altura, algo bastante apropiado ya que este patinete será usado como medio de transporte, no para el ocio.

Como ya se comentó anteriormente los ensayos de caída en Solidworks están bastante restringidos ya que no dejan establecer conectores como por ejemplo los pernos. En la anterior simulación se usó el módulo de caída suponiendo que la base y los perfiles en U estaban unidos mediante una unión rígida, pero, es obvio que en este caso la zona crítica será la base, motivo por el cual no se va a usar el módulo de caída de Solidworks.

Por tanto, se va a realizar un ensayo estático, calculando previamente la fuerza que ejerce el usuario de 100 kg cuando cae desde una altura de 30 cm. Para este cálculo se recurrirá a un concepto muy ligado a los impactos, las percusiones. Una fuerza percusiva o impulsiva es aquella que actúa durante un tiempo infinitamente pequeño, pero que alcanza un valor absoluto infinitamente grande. Estas fuerzas producen un incremento muy brusco en la cantidad de movimiento del sólido rígido y generan un impulso que se conoce como percusión. Las percusiones se miden en N·s, por lo que para conocer la fuerza máxima que se produce en el impacto habría que conocer el tiempo exacto de duración del fenómeno, y aun así tampoco se obtendría un valor exacto. Lo idóneo sería que se pudiese introducir el valor de la percusión en Solidworks y que el programa a partir de las reacciones percusivas obtuviese las tensiones máximas, pero, como no es posible, se va a suponer un tiempo de duración del impacto, obteniéndose una aproximación del valor de la fuerza.

Luego, lo primero que se debe de calcular es la velocidad con la que llegará el usuario en el momento en el que entre en contacto con la base. Esto se calcula mediante un simple balance energético como se muestra a continuación:

$$E_{\text{potencial gravitatoria}} = E_{\text{cinética}} \rightarrow m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 9.81 \left(\frac{m}{s^2}\right) \cdot 0.3 (m)} = 2.43 (m/s)$$

Una vez conocida la velocidad, se sabe que el incremento sufrido por la cantidad de movimiento del sistema es igual a la suma geométrica de las percusiones que lo solicitan, por tanto:

$$m \cdot v_i + \sum P = m \cdot v_f \rightarrow \sum P = m \cdot (v_f - v_i) = 100 (kg) \cdot (0 - 2.43(m/s))$$

$$P = - 243 N \cdot s$$

El valor negativo se debe a que al considerar como sistema el usuario se obtiene la percusión que genera la base sobre el usuario, la que genera el usuario sobre la base será la misma pero en sentido contrario.

Ahora, se va a suponer un tiempo de duración del impacto de 5 centésimas de segundo, por lo que la fuerza máxima aproximada que se alcanza durante el fenómeno es de:

$$F_{max} = \frac{-243 \text{ N} \cdot \text{s}}{0.05 \text{ s}} = 4860 \text{ N}$$

Para seguir lo dicho en la norma se aplica esta carga sobre una zona circular de 100 mm de diámetro en el centro de la base.

Por otra parte, debido a que el último ensayo no se simulará, ya que por su complejidad no se ha conseguido llegar a un modelo que represente fielmente la realidad, se añadirá una carga que se indica en dicho ensayo que debe ir sobre el manillar, 10 kg. Pero, debido a que esta carga se ha considerado demasiado liviana se triplicará su valor hasta los 30 kg.

En cuanto a los contactos entre componentes y conexiones se han establecido los mismos que se han usado en anteriores ensayos. Respecto a las sujeciones se han establecido como bisagras fijas los ejes de las ruedas delantera y trasera.

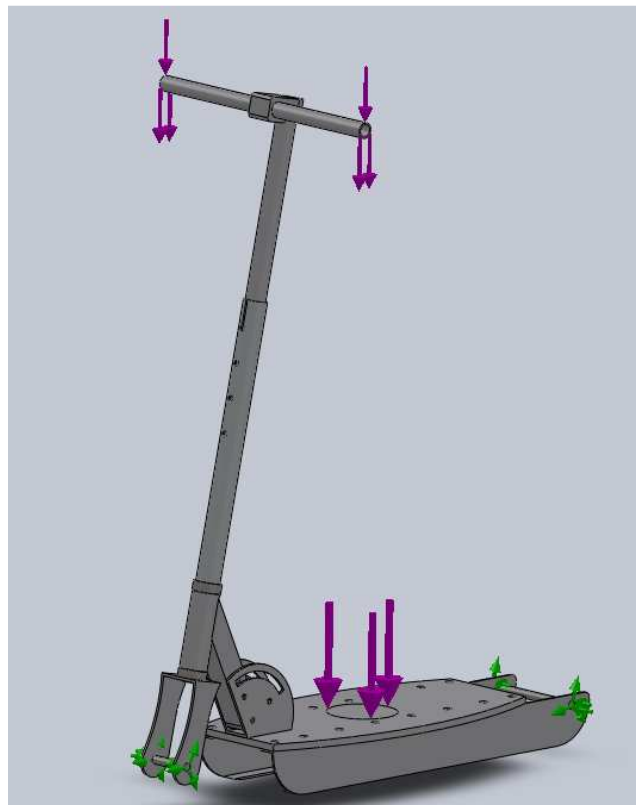


Ilustración 32: "Fuerzas y sujeciones en ensayo de caída"

Después se realiza un mallado con las siguientes características:

Tipo de malla: malla sólida basada en curvatura.

Calidad de malla: elementos cuadráticos de alto orden.

Mallador utilizado: malla estándar

Puntos jacobianos: 4 puntos

Tamaño máximo de elemento: 9.5158 mm

Tamaño mínimo de elemento: 0.47579 mm

Número de elementos en un círculo: 8

Cociente de crecimiento del tamaño del elemento: 1.6

Número total de nodos: 72819

A continuación se ejecuta la simulación, obteniéndose un valor de tensión muy alto en uno de los pernos de unión entre la base y la pieza de plegado.

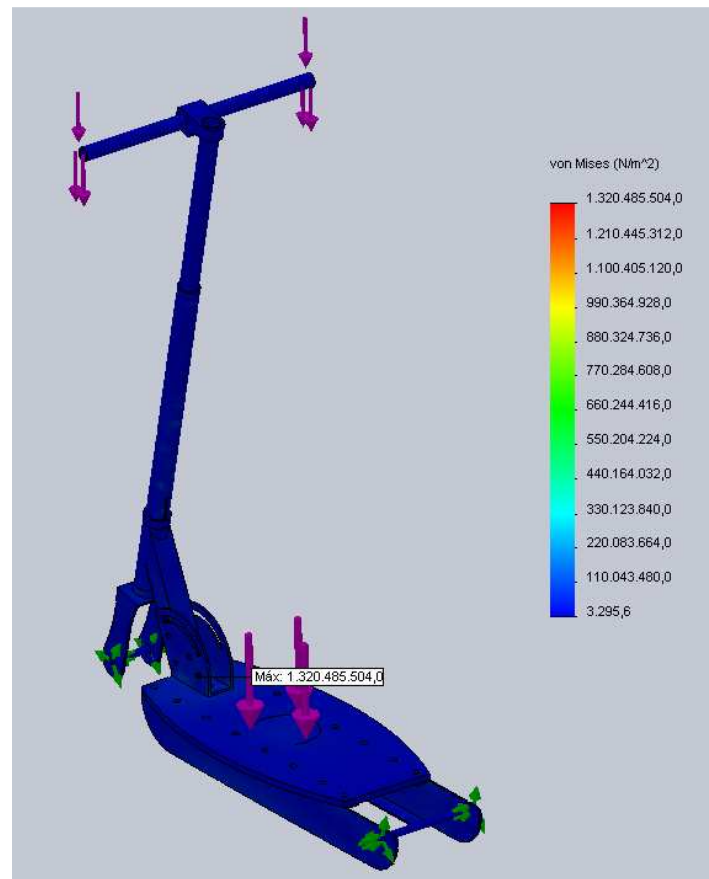


Ilustración 33: "tensiones de Von Mises en el primer ensayo de caída"

Además, se puede comprobar mediante el factor de seguridad que este es el único punto donde se supera el límite de fluencia.

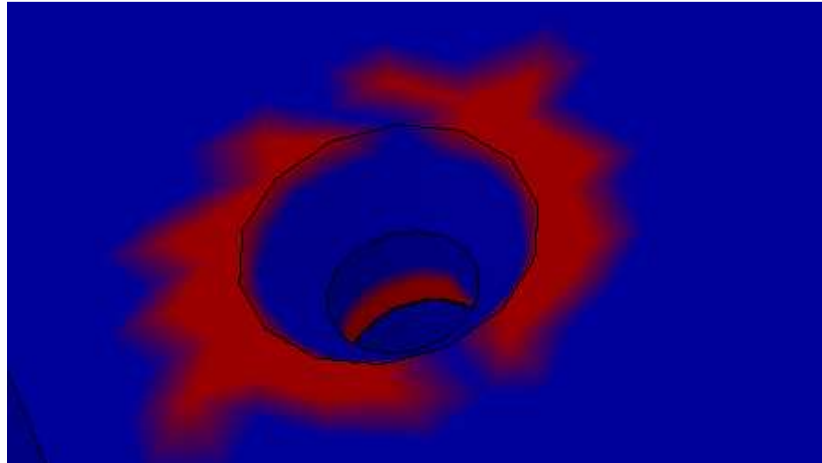


Ilustración 34: "comprobación de puntos que superan el límite de fluencia"

Se ha intentado reducir el tamaño de malla en esta zona mediante un control de mallado, ya que a veces cuando en un punto se obtienen tensiones muy diferentes a las obtenidas en el resto del modelo es porque el programa ha cometido un error de cálculo. Estos errores ocurren debido a que el programa en el ensayo estático no tiene en cuenta fenómenos como la plastificación localizada, algo que se podría comprobar mediante un ensayo no lineal. Pero, al ocurrir el problema en un taladro para perno, no se puede comprobar mediante un ensayo no lineal ya que en este tipo de simulaciones el programa no nos permite este tipo de conexión.

Tras reducir el tamaño de malla en esta zona y repetir el ensayo se comprueba cómo la zona por encima del límite de rotura se reduce prácticamente a un punto, por lo que se ignora este punto ya que si redujésemos más aun el tamaño de malla (no se puede reducir más debido a falta de memoria) disminuiría aun más el valor.

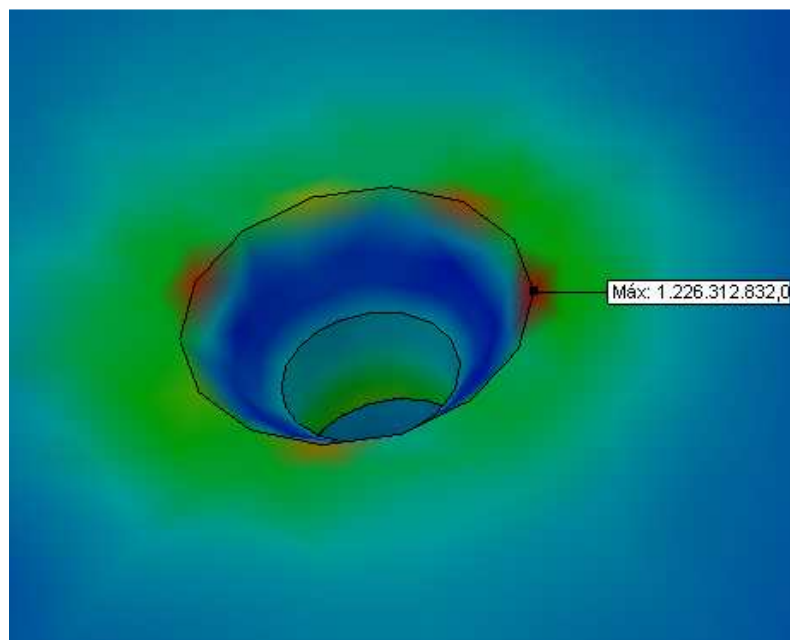


Ilustración 35: "tensiones en taladro tras reducir tamaño de malla"

Las tensiones obtenidas en el conjunto completo y la comprobación del factor de seguridad para la tensión de fluencia se muestran a continuación:



Ilustración 36: "tensiones de Von Mises en ensayo de caída"

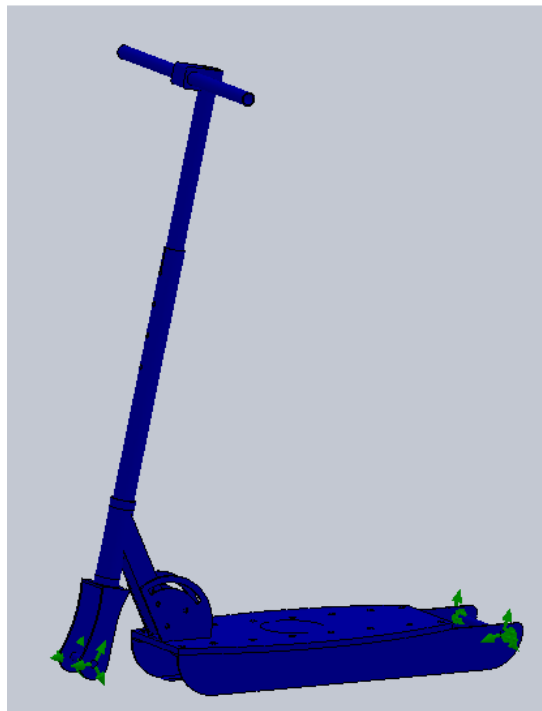


Ilustración 37: "comprobación del factor de seguridad respecto al límite elástico en ensayo de caída"

Para poder ver mejor la distribución de tensiones (Ilustración 36) se ha establecido como valor máximo de tensión en la escala 250 N/mm^2 , ya que las tensiones superiores las produce el error puntual en el perno. Mediante la comprobación del factor de seguridad se puede ver que ningún punto supera el límite elástico por lo que se supera el ensayo.

En cuanto a los desplazamientos, también son despreciables ya que como se muestra en la Ilustración 38, el desplazamiento máximo es de sólo 14 mm y ninguno de los desplazamientos provocaría problemas en el uso del vehículo.

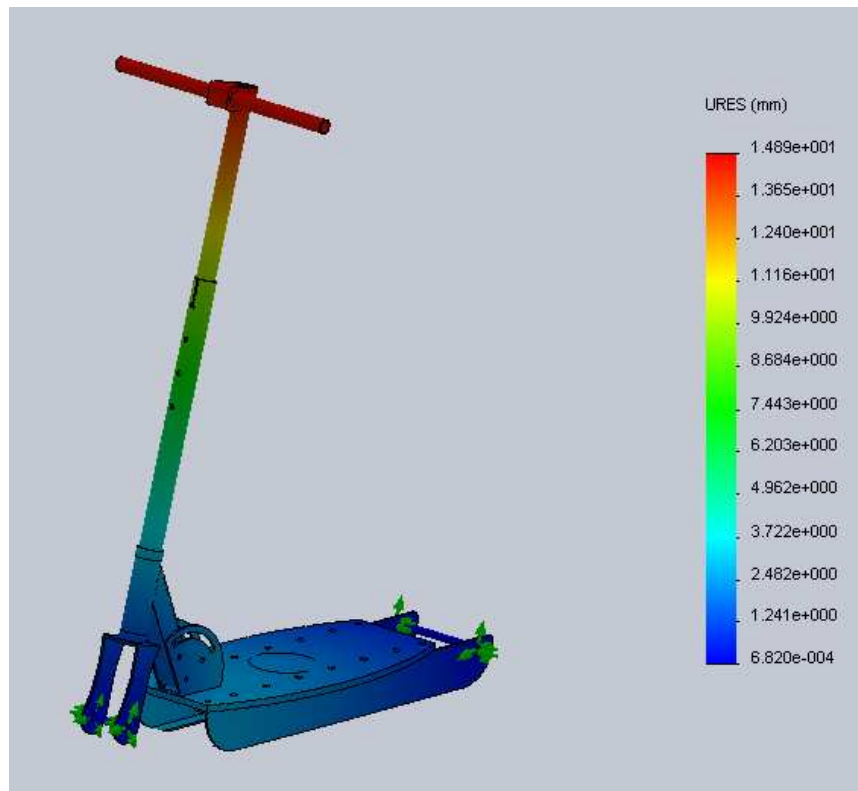


Ilustración 38:desplazamientos producidos en ensayo de caída”

Repetición del ensayo de carga sobre la base con el modelo final

Aunque los cambios que se han realizado en el modelo son para aumentar espesores, se ha repetido el primer ensayo (hubo modificaciones posteriores y no se repitió el ensayo), para hacer una comprobación de que ningún cambio hace que ya no se cumpla la normativa.

Los mallados y conexiones realizados son los mismos que se hicieron anteriormente. Debido a lo obtenido en el primer ensayo se ha simplificado el modelo eliminando la parte superior de la dirección y el manillar. Como se observa a continuación este ensayo es superado perfectamente, ya que las tensiones no superan los límites de fluencia ni se produce ningún desplazamiento anormal.

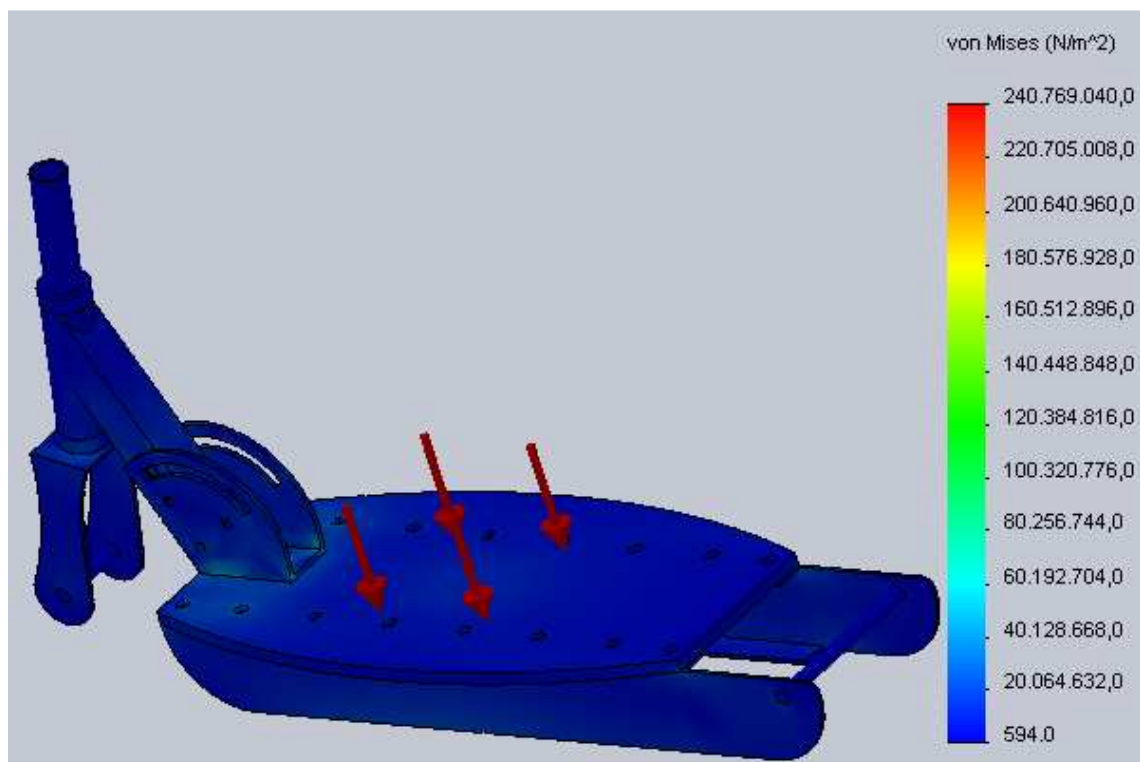


Ilustración 39: "tensiones obtenidas en ensayo de carga sobre la base con modelo final"

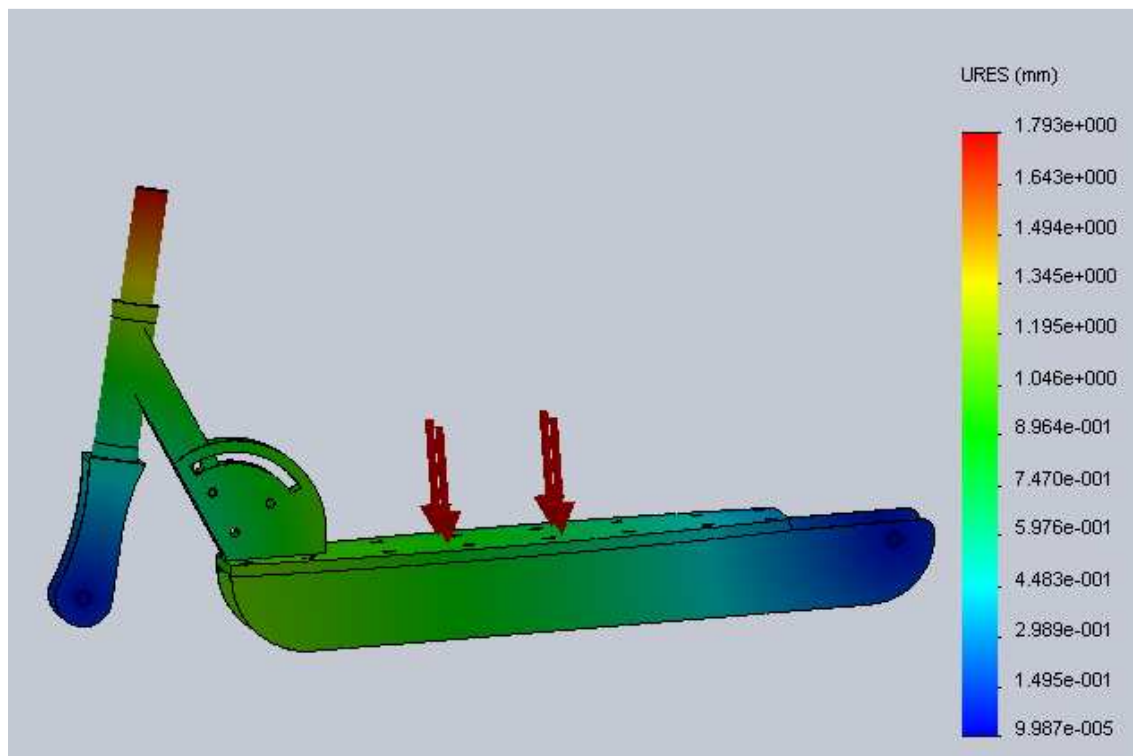


Ilustración 40: "desplazamientos obtenidos en ensayo de carga sobre la base con modelo final"

Luego, una vez realizada este último ensayo se comprueba que el patinete supera todos los ensayos de la norma, (a excepción del último ensayo que no se muestra en el documento, ya que debido a su complejidad no se ha logrado crear un modelo que represente fielmente la realidad).

ANEXO 10: PRESUPUESTO DEL PATINETE ELÉCTRICO

Índice

1. Introducción	página 201
2. Coste de las piezas.....	página 201
Componentes de aluminio	página 201
Componentes de los sistemas de agarre, plegado y frenado.....	página 202
Ruedas, rodamientos y casquillos.....	página 203
Tornillería, tuercas, ejes y arandelas.....	página 204
Componentes del sistema eléctrico.....	página 207
Otros componentes	página 208
3. Coste del mecanizado.....	página 209

1. Introducción

Durante todas las fases de diseño se ha intentado minimizar el coste del prototipo, por lo que el presupuesto final obtenido será una de las comprobaciones de si se han cumplido los objetivos inicialmente planteados.

Se ha realizado una gran comparación entre muchos modelos antes de elegir cada pieza, pidiendo presupuestos a distintas empresas para conseguir encontrar lo más barato del mercado sin perder calidad en el producto final.

A continuación se muestra el presupuesto detallado del patinete eléctrico dividido en dos partes: el coste de las piezas y el coste del mecanizado posterior de estas.

2. Coste de las piezas

Componentes de aluminio

Pieza	Componente a comprar	Precio unitario	Cantidad	Importe (€)
Manillar	Tubo 23x18 mm de aluminio 6063-T5	2.99 €/m	0.40 m	1.20
Base	Chapa de aluminio 245x510 mm, 10 mm espesor	36.4 €	1 unidad	36.4
Perfiles en U en base y freno	Perfil en U de 70x25mm, 3 mm espesor	3.67 €/m	1.70 m	6.24
Tubo exterior dirección (cabezal)	Tubo 35x28 mm aluminio 6060-T5	13.96 €/m	0.40 m	5.58
Tubo interior dirección (columna)	Tubo 30x25 mm aluminio 6060-T5	3.90 €/m	0.36 m	1.40
Horquilla (pieza soldada)	Tubo 30x25 mm aluminio 6060-T5	3.90 €/m	0.40 m	1.56
	Chapa 130x253 , 4 mm espesor de aluminio 6061-T6	5 €	1 unidad	5

Cuadro (pieza soldada)	Tubo 40x34 mm Aluminio 6063-T5	3.20 €/m	0.11 m	0,35
	Tubo cuadrado 35x35 mm con 2 mm espesor Aluminio 6063-T5	2.99 €/m	0.212 m	0.63
Pieza de plegado	Chapa 362x63 mm, 4 mm espesor, aluminio 7075-T6	13 €	1 unidad	13
Potencia	Promax Potencia BMX	9.16 €	1 unidad	9.16
Pieza de agarre del motor a la base	Chapa de 48x15 mm aluminio 6061-T6, 2 mm de espesor	2.15	1 unidad	2.15

Subtotal	82.68 €
-----------------	----------------

Componentes de los sistemas de agarre, plegado y frenado

Pieza	Componente a comprar	Precio unitario	Cantidad	Importe (€)
Abrazadera de cambio de altura en manillar	Abrazadera cierre para sillín de bicicleta de 34 mm	2.70 €	1 unidad	2.70
Botón+ resorte de cambio de posición	Repuesto muelle de cambio de altura del manillar	3.45 €	2 unidades	6.90
Abrazadera en pieza de plegado	Abrazadera sillín de	3.50 €	1 unidad	3.50

	bicicleta de 43 cm de longitud			
Resorte del freno	Resorte para acelerador de karts	1.75 €	1 unidad	1.75
Abrazadera de agarre cabezal y horquilla	Abrazadera Allen sillín de bicicleta de 34 mm	3.00 €	1 unidad	3.00

Subtotal 24.75 €

Ruedas, rodamientos y casquillos

Pieza	Componente a comprar	Precio unitario	Cantidad	Importe (€)
Rodamientos de la dirección	Rodamiento simple <i>District</i> 1-1/8" (incluye ambos rodamientos)	9.99 €	1 unidad	9.99
Rueda	Rueda goma dura <i>Blickle</i> modelo VPP 150 20R	6.76 €	2 unidades	13.52
Casquillo rueda	Casquillo de acero <i>Blickle</i>	1.41 €	2 unidades	2.83
Casquillo eje trasero	Tubo aluminio 6060-T5 14x12 <i>lumetalplastic</i>	2.69 €/m	0.08 m	0.22

Subtotal 26.56 €

Tornillería, tuercas, ejes y arandelas

Pieza	Componente a comprar	Precio unitario	Cantidad	Importe (€)
Eje delantero	Tornillo 4.8 de M12 de medida 12X80 mm(incluye tuerca)	1.42 €	1 unidad	1.42
Eje trasero	Tornillo din-931 M12x180 de cabeza hexagonal, parcialmente roscado, de acero (8.8) cincado y rosca métrica.	0.91 €	1 unidad	0.91
Eje del freno	Tornillo hexagonal M5 x 95 mm longitud, DIN 964	0.12 €	1 unidad	0.12
Tuerca eje delantero	Tuerca M12 incluida con el tornillo M12	0.00 €	1 unidad	0.00
Tuerca eje trasero	Tuerca M12 DIN-934 hexagonal, de acero (8.8) y rosca métrica	0.07 €	1 unidad	0.07
Tuerca eje del freno	Tuerca M5 DIN-934 hexagonal, de acero (8.8) y rosca métrica	0.08 €	1 unidad	0.08
Tuerca unión base y perfiles en U	Tuerca M5 DIN-934 hexagonal, de acero (8.8) y rosca métrica	0.08 €	16 unidades	1.28

Tuerca unión pieza de plegado y base	Tuerca M3 DIN-934 hexagonal, de acero (8.8) y rosca métrica	0.02 €	2 unidades	0.04
Tuerca agarre motor a la base	Tuerca M3 DIN-934 hexagonal, de acero (8.8) y rosca métrica	0.02 €	2 unidades	0.04
Tornillo unión base y perfiles en U	Tornillo 16 mm longitud M5 DIN-7991 de cabeza avellanada con hueco hexagonal, de acero(8.8) y rosca métrica	0.02 €	16 unidades	0.32
Tornillo unión pieza de plegado y base	Tornillo 16 mm longitud, M3 DIN-7991 de cabeza avellanada con hueco hexagonal, de acero(8.8) y rosca métrica	0.02 €	2 unidades	0.04
Tornillo unión acoples eje del freno a la base	Tornillo 20 mm longitud, M3 DIN-7991 de cabeza avellanada con hueco hexagonal, de acero(8.8) y rosca métrica	0.03	2 unidades	0.06
Tornillo agarre motor a la base	Tornillo 16 mm longitud M3 DIN-7991 de cabeza	0.02	4 unidades	0.12

	avellanada con hueco hexagonal, de acero(8.8) y rosca métrica			
Tornillo unión rueda libre con pieza agarre rueda libre con rueda	Tornillo DIN en ISO 7046-1, cabeza avellanada plana	0.01 €	4 unidades	0.04
Arandela eje delantero y trasero	Arandela M12, DIN-125 plana biselada, de acero 8.8	0.015 €	2 unidades	0.03
Arandela unión base y pieza de plegado, y unión motor con base	Arandela M3,DIN-125 plana biselada, de acero 8.8	0.01 €	6 unidades	0.06
Arandela unión base y perfiles en U	Arandela M5,DIN-125 plana biselada, de acero 8.8	0.0022 €	16 unidades	0.04

Subtotal	4.68 €
-----------------	---------------

Componentes del sistema eléctrico

Pieza	Componente a comprar	Precio unitario	Cantidad	Importe (€)
Controlador	Centralita Eléctrica Patinete Mini <i>Raycool</i>	36.00 €	1 unidad	36.00
Motor	Motor 150 w 24V <i>Aliexpress</i>	31.20 €	1 unidad	31.20
Batería	Batería LiFePO4 (incluye cargador)	53.3 €	1 unidad	53.3
Correa	Correa 450 - 5M-15	5.85 €	1 unidad	5.85
Polea en rueda trasera	Tubo de 70x50 mm aluminio 6060-T5	11€/m	0.04 m	0.44
Rueda libre	Rueda libre para patinete eléctrico modelo G044-029	6.50 €	1 unidad	6.50
Agarre entre rueda libre y rueda	Tubo de 75x50 mm aluminio 6060-T5	12.99 €/m	0.05	0.65
Mango acelerador	Puño acelerador <i>Raycool 24V</i>	7.40 €	1 unidad	7.40

Subtotal	141.34 €
-----------------	-----------------

Otros componentes

Pieza	Componente a comprar	Precio unitario	Cantidad	Importe (€)
Pegatina antideslizante en la base	Pegatina antideslizante 2x1 metros	10€/lámina	1 unidad	10
Pegatina cerramiento zona inferior base	Se usa la misma pegatina que encima de la base	-	0	0
Mango manillar	Pack 2 mangos <i>Decathlon</i>	2.50 €	1 unidad	2.50

Subtotal	12.50 €
-----------------	----------------

COSTE TOTAL DE LAS PIEZAS	292,51 €
----------------------------------	-----------------

3. Coste del mecanizado

Operación	Coste operario (€/h)	Tiempo (h)	Importe (€)
Soldadura	24	0.25	6
Corte con sierra automática	12	1	12
Mecanizado con fresadora	20	1.5	30

Subtotal	48 €
-----------------	-------------

COSTE TOTAL DEL MECANIZADO	48 €
-----------------------------------	-------------

PRECIO TOTAL	#340.51 €
---------------------	------------------

“Trescientos cuarenta euros con cincuenta y un céntimos”

Fdo: Rubén Aparicio de las Llanderas



ANEXO 11: PRESUPUESTO DEL PATINETE AUTOPROPULSADO

Índice

1. Introducción	página 212
2. Coste de las piezas.....	página 212
Componentes de aluminio	página 212
Componentes de los sistemas de agarre, plegado y frenado.....	página 213
Ruedas, rodamientos y casquillos.....	página 214
Tornillería, tuercas, ejes y arandelas.....	página 215
Otros componentes	página 217
3. Coste del mecanizado.....	página 218

1. Introducción

Debido a que inicialmente se plantearon dos alternativas de diseño (una con motor y otra sin motor) se han realizado dos presupuestos diferentes. El presente presupuesto es el del patinete autopropulsado, es decir, el patinete que no posee motor.

Al igual que el anterior presupuesto queda dividido en dos partes: el coste de las piezas y el coste del mecanizado posterior de éstas.

2. Coste de las piezas

Componentes de aluminio

Pieza	Componente a comprar	Precio unitario	Cantidad	Importe (€)
Manillar	Tubo 23x18 mm de aluminio 6063-T5	2.99 €/m	0.40 m	1.20
Base	Chapa de aluminio 245x510 mm, 10 mm espesor	36.4 €	1 unidad	36.4
Perfiles en U en base y freno	Perfil en U de 70x25mm, 3 mm espesor	3.67 €/m	1.70 m	6.24
Tubo exterior dirección (cabezal)	Tubo 35x28 mm aluminio 6060-T5	13.96 €/m	0.40 m	5.58
Tubo interior dirección (columna)	Tubo 30x25 mm aluminio 6060-T5	3.90 €/m	0.36 m	1.40
Horquilla (pieza soldada)	Tubo 30x25 mm aluminio 6060-T5	3.90 €/m	0.40 m	1.56
	Chapa 130x253 , 4 mm espesor de aluminio 6061-T6	5 €	1 unidad	5
Cuadro (pieza)	Tubo 40x34 mm Aluminio 6063-	3.20 €/m	0.11 m	0,35

soldada)	T5			
	Tubo cuadrado 35x35 mm con 2 mm espesor Aluminio 6063-T5	2.99 €/m	0.212 m	0.63
Pieza de plegado	Chapa 362x63 mm, 4 mm espesor, aluminio 7075-T6	13 €	1 unidad	13
Potencia	Promax Potencia BMX	9.16 €	1 unidad	9.16

Subtotal	80.53 €
-----------------	----------------

Componentes de los sistemas de agarre, plegado y frenado

Pieza	Componente a comprar	Precio unitario	Cantidad	Importe (€)
Abrazadera de cambio de altura en manillar	Abrazadera cierre para sillín de bicicleta de 34 mm	2.70 €	1 unidad	2.70
Botón+ resorte de cambio de posición	Repuesto muelle de cambio de altura del manillar	3.45 €	2 unidades	6.90
Abrazadera en pieza de plegado	Abrazadera sillín de bicicleta de 43 cm de longitud	3.50 €	1 unidad	3.50
Resorte del freno	Resorte para acelerador de karts	1.75 €	1 unidad	1.75

Abrazadera de agarre cabezal y horquilla	Abrazadera Allen sillín de bicicleta de 34 mm	3.00 €	1 unidad	3.00
---	---	--------	----------	------

Subtotal	24.75 €
-----------------	----------------

Ruedas, rodamientos y casquillos

Pieza	Componente a comprar	Precio unitario	Cantidad	Importe (€)
Rodamientos de la dirección	Rodamiento simple <i>District</i> 1-1/8" (incluye ambos rodamientos)	9.99 €	1 unidad	9.99
Rueda	Rueda goma dura <i>Blickle</i> modelo VPP 150 20R	6.76 €	2 unidades	13.52
Casquillo rueda	Casquillo de acero <i>Blickle</i>	1.41 €	2 unidades	2.83
Casquillo eje trasero	Tubo aluminio 6060-T5 14x12 <i>lumetalplastic</i>	2.69 €/m	0.08 m	0.22

Subtotal	26.56 €
-----------------	----------------

Tornillería, tuercas, ejes y arandelas

Pieza	Componente a comprar	Precio unitario	Cantidad	Importe (€)
Eje delantero	Tornillo 4.8 de M12 de medida 12X80 mm(incluye tuerca)	1.42 €	1 unidad	1.42
Eje trasero	Tornillo din-931 M12x180 de cabeza hexagonal, parcialmente roscado, de acero (8.8) cincado y rosca métrica.	0.91 €	1 unidad	0.91
Eje del freno	Tornillo hexagonal M5 x 95 mm longitud, DIN 964	0.12 €	1 unidad	0.12
Tuerca eje delantero	Tuerca M12 incluida con el tornillo M12	0.00 €	1 unidad	0.00
Tuerca eje trasero	Tuerca M12 DIN-934 hexagonal, de acero (8.8) y rosca métrica	0.07 €	1 unidad	0.07
Tuerca eje del freno	Tuerca M5 DIN-934 hexagonal, de acero (8.8) y rosca métrica	0.08 €	1 unidad	0.08
Tuerca unión base y perfiles en U	Tuerca M5 DIN-934 hexagonal, de acero (8.8) y rosca métrica	0.08 €	16 unidades	1.28

Tuerca unión pieza de plegado y base	Tuerca M3 DIN-934 hexagonal, de acero (8.8) y rosca métrica	0.02 €	2 unidades	0.04
Tornillo unión base y perfiles en U	Tornillo 16 mm longitud M5 DIN-7991 de cabeza avellanada con hueco hexagonal, de acero(8.8) y rosca métrica	0.02 €	16 unidades	0.32
Tornillo unión pieza de plegado y base	Tornillo 16 mm longitud, M3 DIN-7991 de cabeza avellanada con hueco hexagonal, de acero(8.8) y rosca métrica	0.02 €	2 unidades	0.04
Tornillo unión acoples eje del freno a la base	Tornillo 20 mm longitud, M3 DIN-7991 de cabeza avellanada con hueco hexagonal, de acero(8.8) y rosca métrica	0.03	2 unidades	0.06
Arandela eje delantero y trasero	Arandela M12, DIN-125 plana biselada, de acero 8.8	0.015 €	2 unidades	0.03
Arandela unión base y pieza de plegado, y unión	Arandela M3, DIN-125 plana biselada,	0.01 €	6 unidades	0.06

motor con base	de acero 8.8			
Arandela unión base y perfiles en U	Arandela M5,DIN-125 plana biselada, de acero 8.8	0.0022 €	16 unidades	0.04

Subtotal 4.48 €

Otros componentes

Pieza	Componente a comprar	Precio unitario	Cantidad	Importe (€)
Pegatina antideslizante en la base	Pegatina antideslizante 2x1 metros	10€/lámina	1 unidad	10
Mango manillar	Pack 2 mangos <i>Decathlon</i>	2.50 €	1 unidad	2.50

Subtotal 12.50 €

COSTE TOTAL DE LAS PIEZAS 148.82 €

3. Coste del mecanizado

Operación	Coste operario (€/h)	Tiempo (h)	Importe (€)
Soldadura	24	0.25	6
Corte con sierra automática	12	0.75	9
Mecanizado con fresadora	20	1	20

Subtotal	35 €
-----------------	-------------

COSTE TOTAL DEL MECANIZADO	35 €
-----------------------------------	-------------

PRECIO TOTAL	#183.82 €
---------------------	------------------

“Ciento ochenta y tres euros con ochenta y dos céntimos”

Fdo: Rubén Aparicio de las Llanderas



ANEXO 12: CÁLCULO DEL PESO DEL PATINETE



Índice

1. Introducciónpágina 221
2. Cálculo del peso del patinete eléctricopágina 221
3. Cálculo del peso del patinete autopulsadopágina 223

1. Introducción

El peso final del prototipo ha sido uno de los objetivos más importantes del proyecto, ya que el principal defecto de los patinetes eléctricos comerciales es que en la mayoría de los casos su peso supera los 20 kg. Por este motivo, se va a calcular con exactitud el peso final del patinete.

Debido a que inicialmente se plantearon dos alternativas de diseño, se ha calculado el peso tanto del patinete eléctrico como del modelo autopulsado.

Para calcular el peso se ha usado el programa *Solidworks*, ya que posee una aplicación que permite calcular propiedades físicas como el peso, volumen o momentos de inercia principales.

2. Cálculo del peso del patinete eléctrico

Una vez creado el modelo CAD en *Solidworks* y seleccionados todos los materiales, se puede conocer el peso de todos los componentes, a excepción de algunos de los cuales sólo se ha representado un modelo simplificado con las dimensiones del modelo real (motor, baterías...). En estos componentes se ha modificado la masa en el programa, introduciendo el valor dado por el fabricante, tal y como se muestra en la Ilustración 1

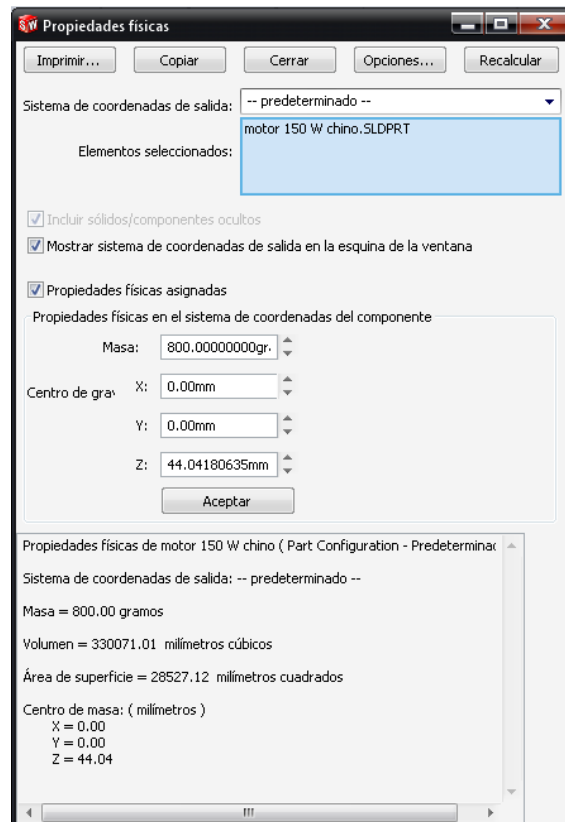


Ilustración 1: "modificar propiedades físicas en Solidworks"

Los componentes que se han modificado y sus masas se muestran a continuación:

<i><u>Pieza</u></i>	<i><u>Masa</u></i>
<i>Motor</i>	<i>0.8 kg</i>
<i>Batería</i>	<i>1.2 kg</i>
<i>Controlador</i>	<i>0.2 kg</i>
<i>Ruedas</i>	<i>0.79 kg (cada una)</i>
<i>Rueda libre</i>	<i>0.15 kg</i>

Una vez modificadas las masas necesarias se puede calcular la masa total en el ensamblaje del conjunto, obteniéndose una masa total de 10.6 kg.

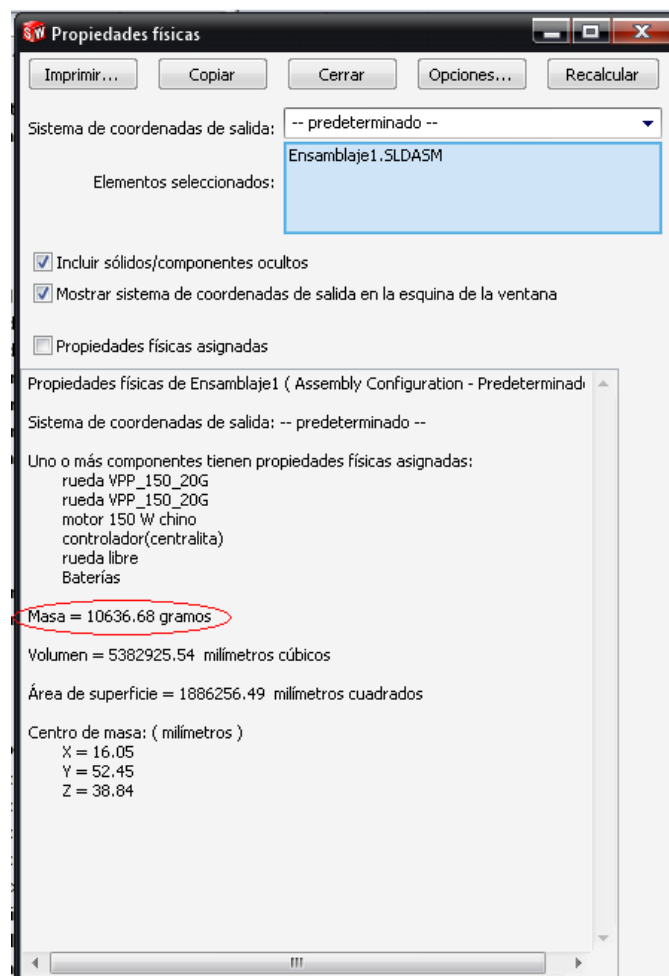


Ilustración 2: "peso final del prototipo"

Por tanto, se considera que se ha cumplido el objetivo de reducir al máximo el peso del patinete, ya que la mayoría de patinetes eléctricos comerciales pesan más del doble. Además este patinete tiene un tamaño bastante superior a los modelos corrientes al ser usado por adultos, por lo que no se puede encontrar ningún modelo comercial con características similares.

3. Cálculo del peso del patinete autopropulsado

Para el cálculo del peso en el modelo autopropulsado se ha partido del mismo modelo en Solidworks del patinete. Se han eliminado todas las piezas del sistema eléctrico y se ha vuelto a observar el peso en las propiedades físicas.

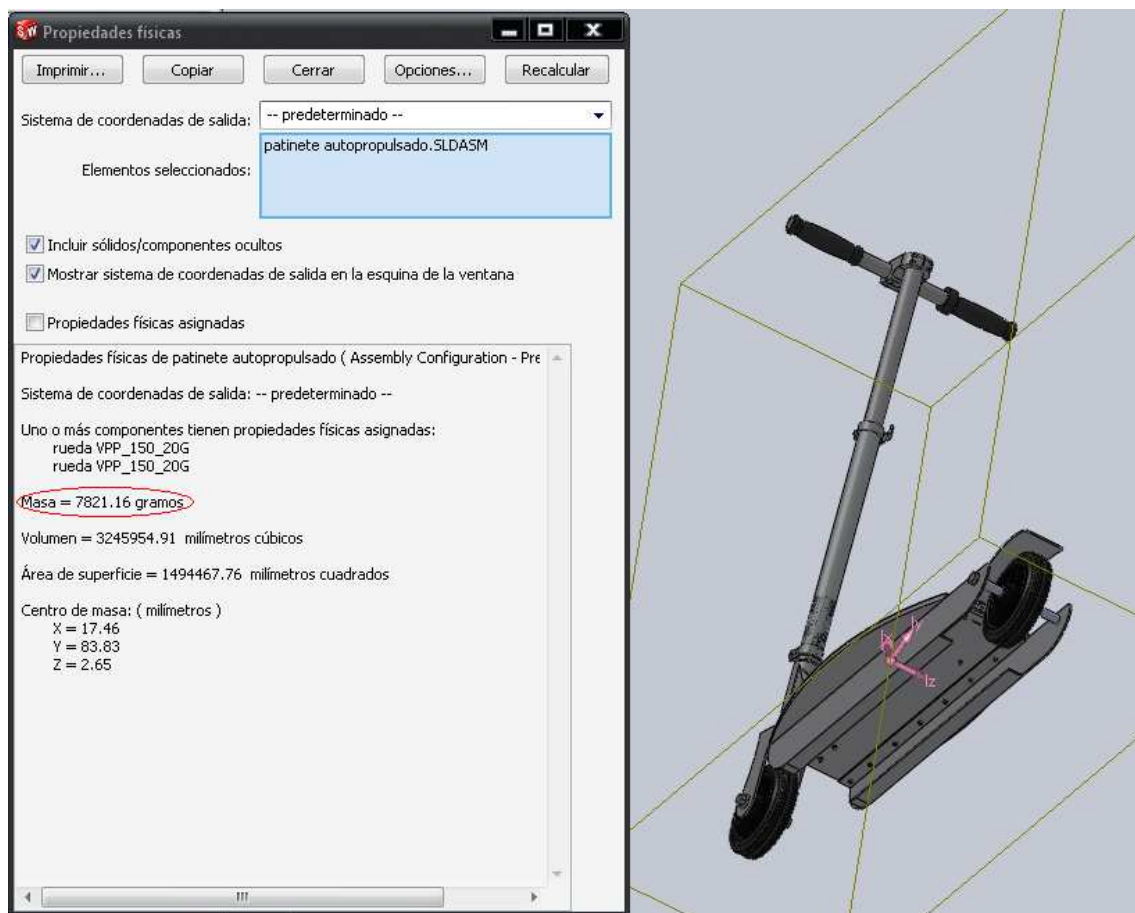


Ilustración 3: "cálculo del peso del patinete autopropulsado"

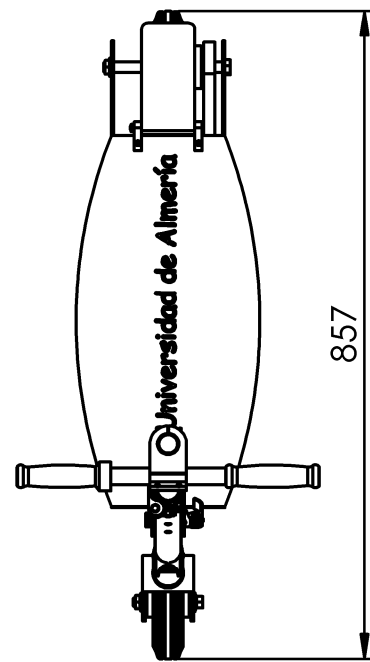
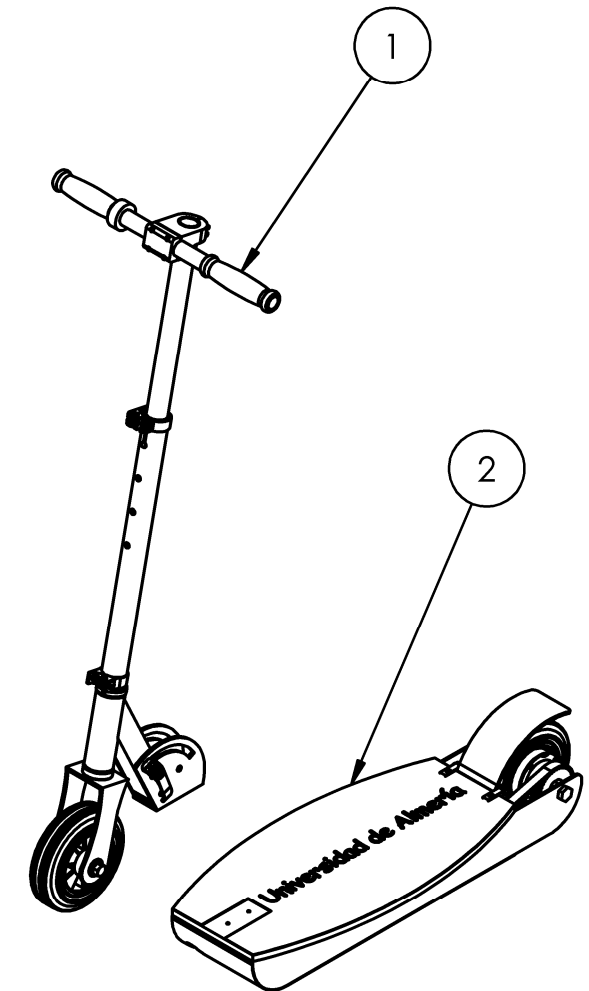
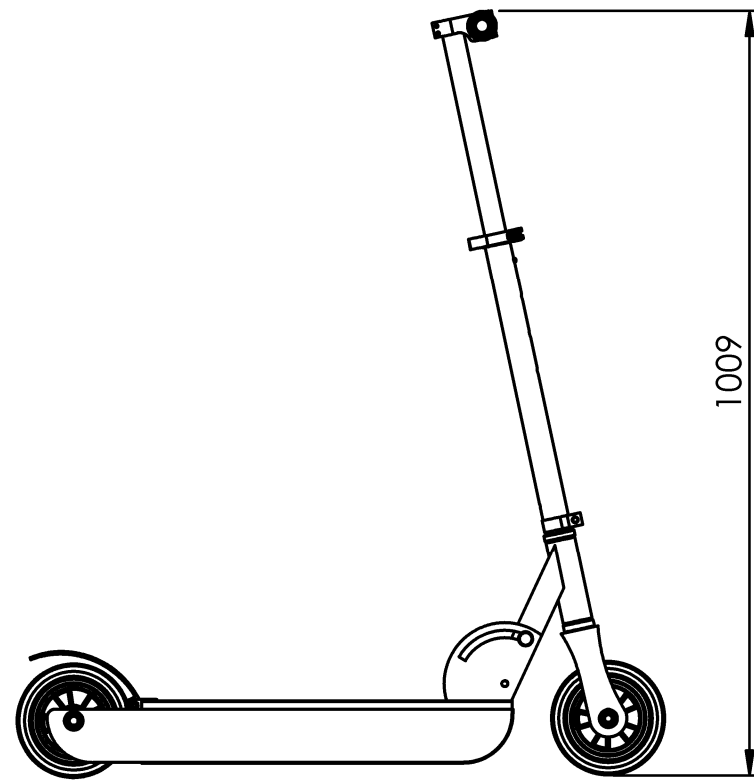
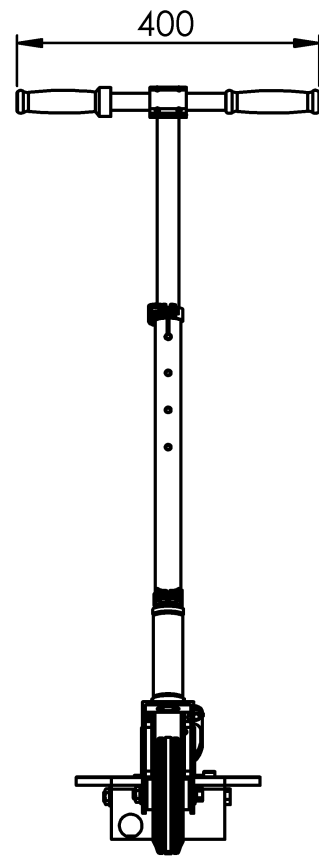
Se obtiene un peso de 7.8 kg, un peso 2.8 kg inferior al del patinete eléctrico. Por lo tanto, al igual que en el caso anterior se considera que el peso final del prototipo es bastante adecuado.

PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

<i>Plano de conjunto general</i>	<i>Plano 1</i>
<i>Patinete plegado</i>	<i>Plano 2</i>
<i>Explosión conjunto patinete</i>	<i>Plano 3</i>
<i>Conjunto 1: Dirección patinete</i>	<i>Plano 4</i>
<i>Potencia</i>	<i>Plano 5</i>
<i>Mango común</i>	<i>Plano 6</i>
<i>Columna dirección</i>	<i>Plano 7</i>
<i>Tope fijación abrazadera manillar</i>	<i>Plano 8</i>
<i>Cabezal dirección</i>	<i>Plano 9</i>
<i>Resorte de plegado</i>	<i>Plano 10</i>
<i>Botón tope resorte</i>	<i>Plano 11</i>
<i>Pieza de plegado</i>	<i>Plano 12</i>
<i>Tornillo en abrazadera plegado</i>	<i>Plano 13</i>
<i>Tope fijación abrazadera plegado</i>	<i>Plano 14</i>
<i>Maneta fijación abrazadera</i>	<i>Plano 15</i>
<i>Agarre maneta fijación abrazadera</i>	<i>Plano 16</i>
<i>Cuadro</i>	<i>Plano 17</i>
<i>Horquilla</i>	<i>Plano 18</i>
<i>Casquillo rueda</i>	<i>Plano 19</i>
<i>Rueda VPP 150 20R</i>	<i>Plano 20</i>
<i>Rodamiento simple 1-1/8" inferior District</i>	<i>Plano 21</i>
<i>Rodamiento simple 1-1/8" superior District</i>	<i>Plano 22</i>
<i>Abrazadera unión cabezal y horquilla</i>	<i>Plano 23</i>
<i>Resorte cambio posición manillar</i>	<i>Plano 24</i>
<i>Abrazadera cambio posición manillar</i>	<i>Plano 25</i>
<i>Tubo del manillar</i>	<i>Plano 26</i>

<i>Mango acelerador</i>	<i>Plano 27</i>
<i>Conjunto 2: Base patinete</i>	<i>Plano 28</i>
<i>Pegatina de la base</i>	<i>Plano 29</i>
<i>Casquillo eje trasero</i>	<i>Plano 30</i>
<i>Agarre entre rueda libre y rueda</i>	<i>Plano 31</i>
<i>Rueda libre</i>	<i>Plano 32</i>
<i>Polea</i>	<i>Plano 33</i>
<i>Correa</i>	<i>Plano 34</i>
<i>Perfil en U izquierda</i>	<i>Plano 35</i>
<i>Pegatina cerramiento inferior</i>	<i>Plano 36</i>
<i>Batería</i>	<i>Plano 37</i>
<i>Controlador</i>	<i>Plano 38</i>
<i>Agarre motor a la base</i>	<i>Plano 39</i>
<i>Motor</i>	<i>Plano 40</i>
<i>Piñon motor</i>	<i>Plano 41</i>
<i>Agarre freno y base</i>	<i>Plano 42</i>
<i>Freno</i>	<i>Plano 43</i>
<i>Resorte freno</i>	<i>Plano 44</i>
<i>Perfil en U derecha</i>	<i>Plano 45</i>



Nº	Ref	Descripción	Cant
2	1.2	Conjunto 2: Base patinete	1
1	1.1	Conjunto 1: Dirección patinete	1

DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas Fecha: 14/09/2011 Unidad: mm. DIN A3

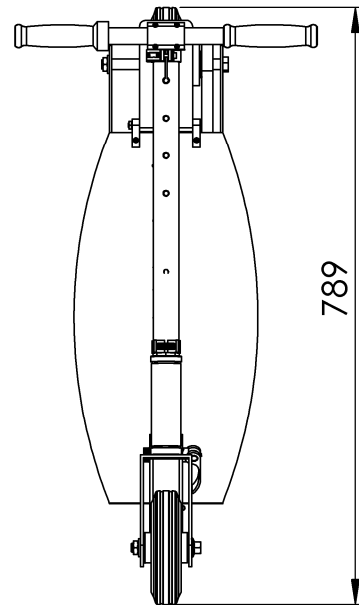
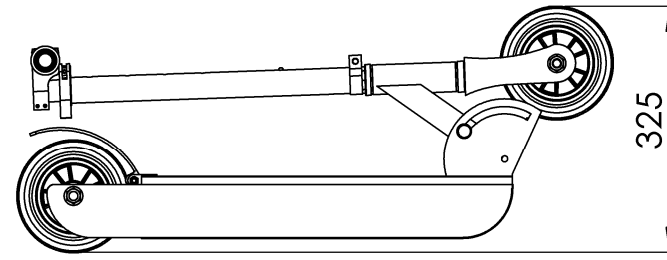
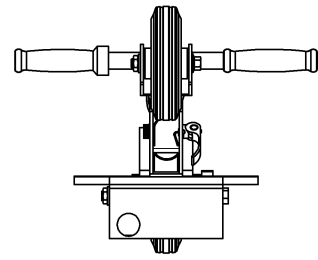


Ref. 1

Plano de conjunto general

Escala
1:10

Plano
1/45



Escala 1:5

DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas | Fecha: 14/09/2011 | Unidad: mm. | DIN A3

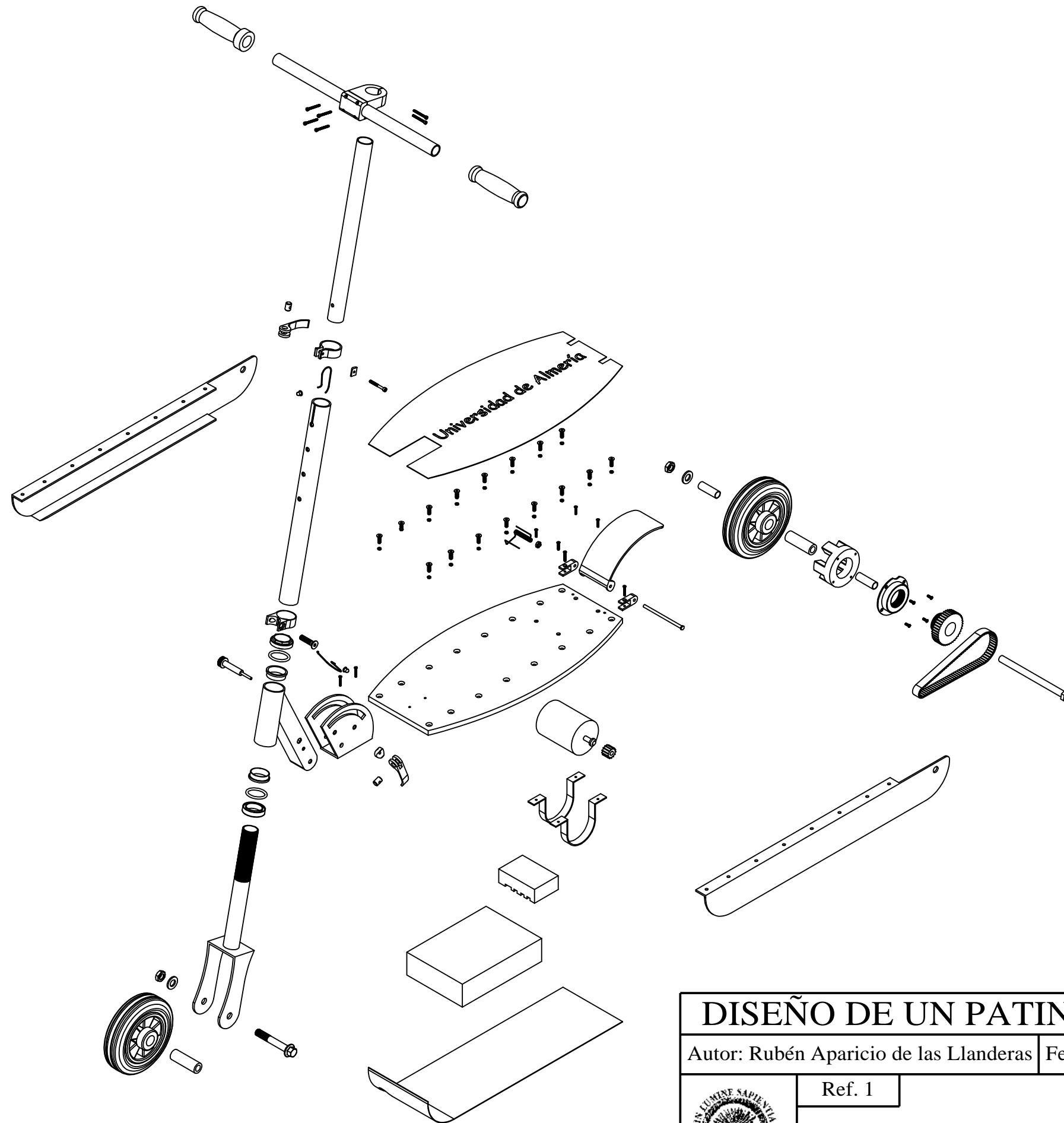


Ref. 1

Patinete eléctrico plegado

Escala
1:10

Plano
2/45



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas | Fecha: 14/09/2011 | Unidad: mm. | DIN A3



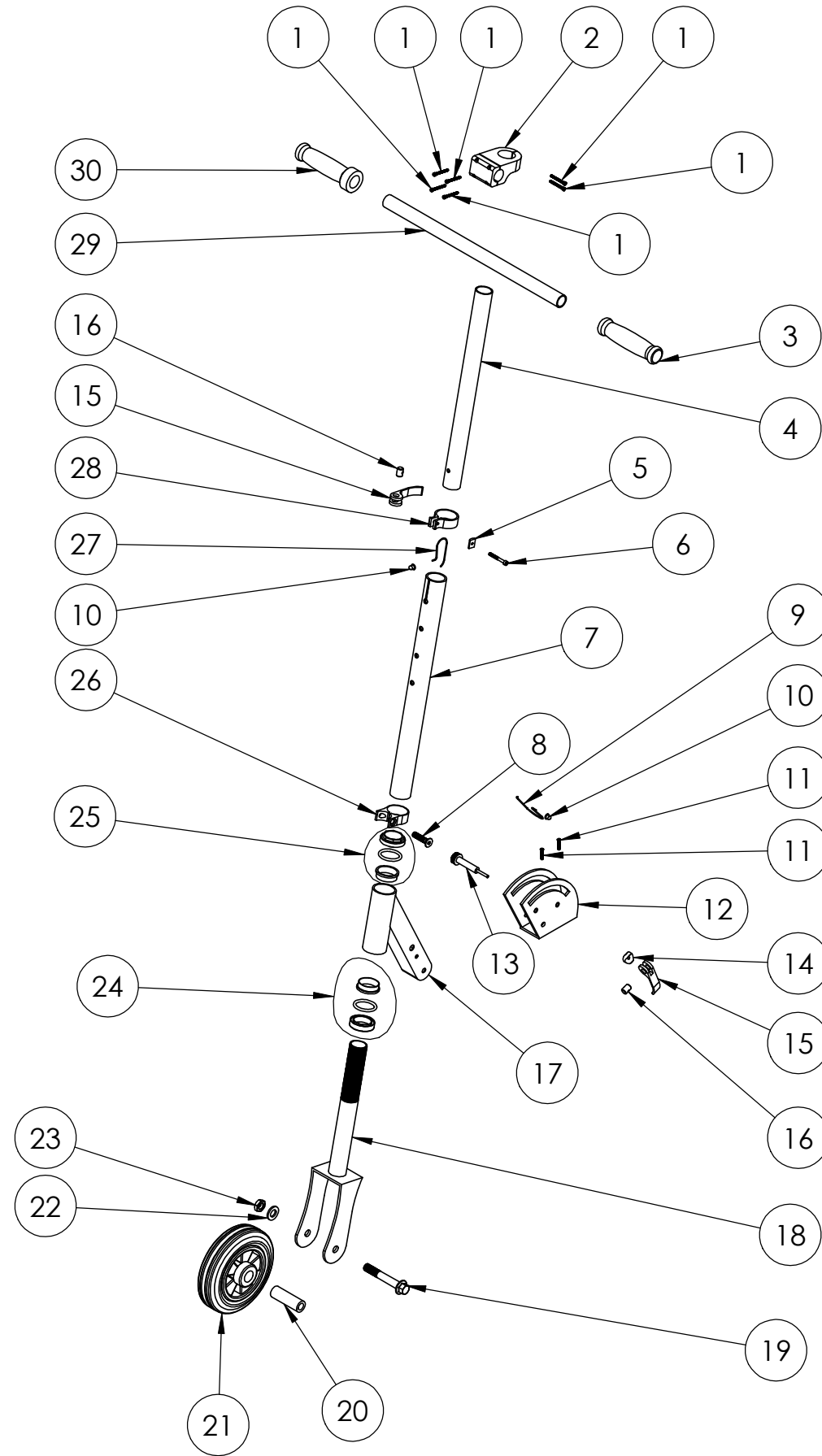
Universidad de Almería

Ref. 1

Explosión conjunto patinete

Escala
1:8

Plano
3/55



Nº	Ref.	Descripción	Cant.
30	1.1.30	Mango acelerador	1
29	1.1.29	Tubo de manillar	1
28	1.1.28	Abrazadera cambio posición manillar	1
27	1.1.27	Resorte de cambio posición manillar	1
26	1.1.26	Abrazadera unión cabezal y horquilla	1
25	1.1.25	Rodamiento Simple 1-1/8" Superior DISTRICT	1
24	1.1.24	Rodamiento Simple 1-1/8" Inferior DISTRICT	1
23	1.1.23	Tuerca DIN934 hexagonal M12 (acero 8.8)	1
22	1.1.22	Arandela DIN125 plana M12 (acero 8.8)	1
21	1.1.21	Rueda VPP15020R	1
20	1.1.20	Casquillo rueda	1
19	1.1.19	Eje rueda delantera ISO4162 M12x80x30-S	1
18	1.1.18	Horquilla	1
17	1.1.17	Cuadro	1
16	1.1.16	Agarre maneta fijación abrazadera	2
15	1.1.15	Maneta fijación abrazadera	2
14	1.1.14	Tope fijación abrazadera plegado	1
13	1.1.13	Tornillo en abrazadera de plegado	1
12	1.1.12	Pieza de plegado	1
11	1.1.11	Tornillo DIN 7991 M3x16	2
10	1.1.10	Botón tope resorte	2
9	1.1.09	Resorte plegado	1
8	1.1.08	Tornillo ISO 10642 M8x35	1
7	1.1.07	Cabezal dirección	1
6	1.1.06	Tornillo ISO 4762 M4x35	1
5	1.1.05	Tope fijación abrazadera manillar	1
4	1.1.04	Columna Dirección	1
3	1.1.03	Mango común	1
2	1.1.02	Potencia	1
1	1.1.01	Tornillo ISO 4762 M3x30	6

DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas | Fecha: 14/09/2011 | Unidad: mm. | DIN A3



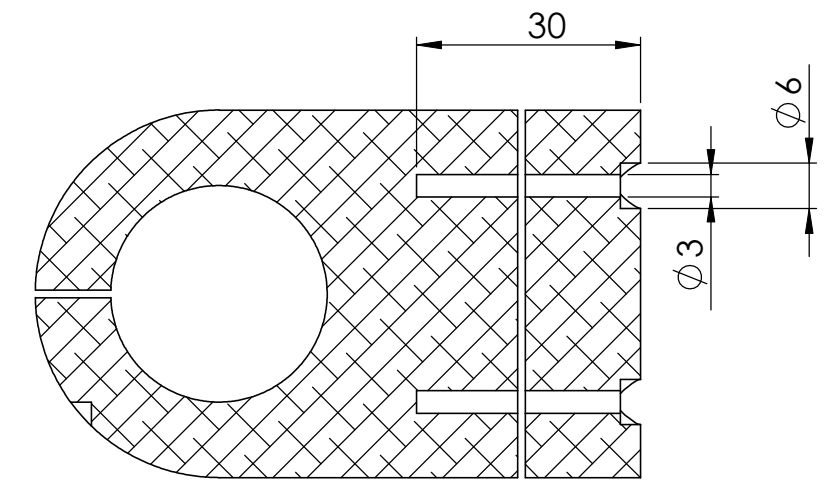
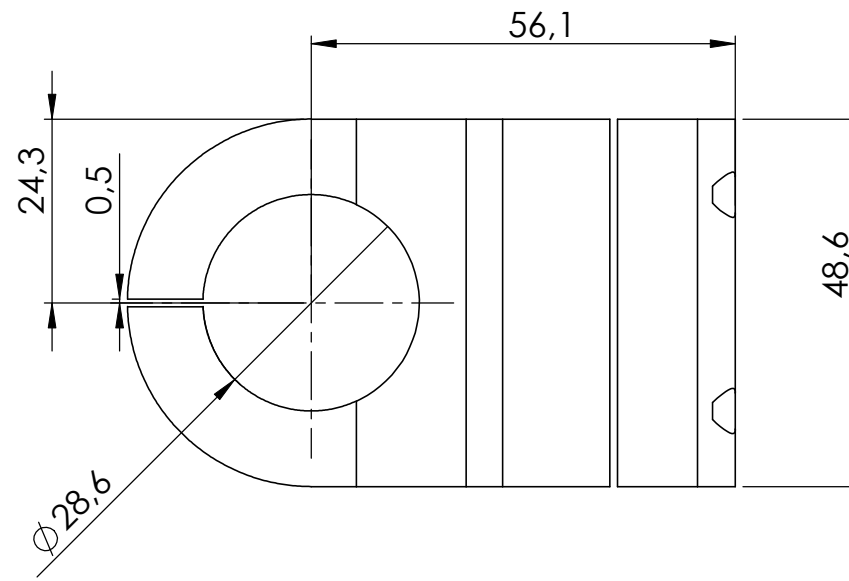
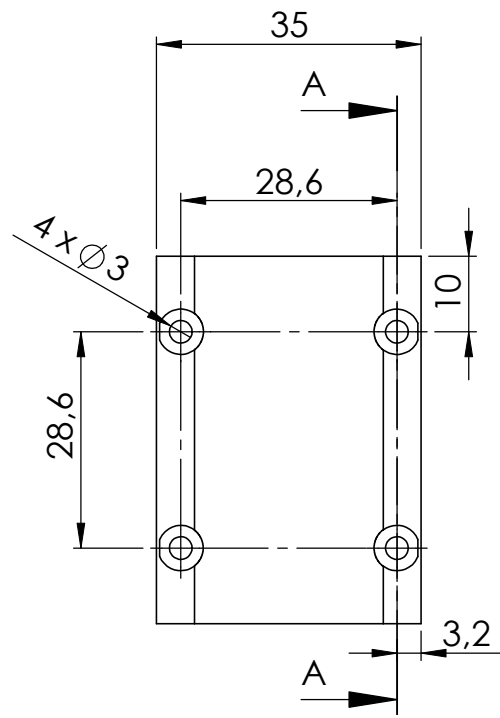
Universidad de Almería

Ref. 1.1

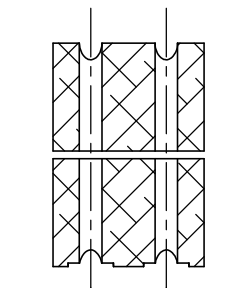
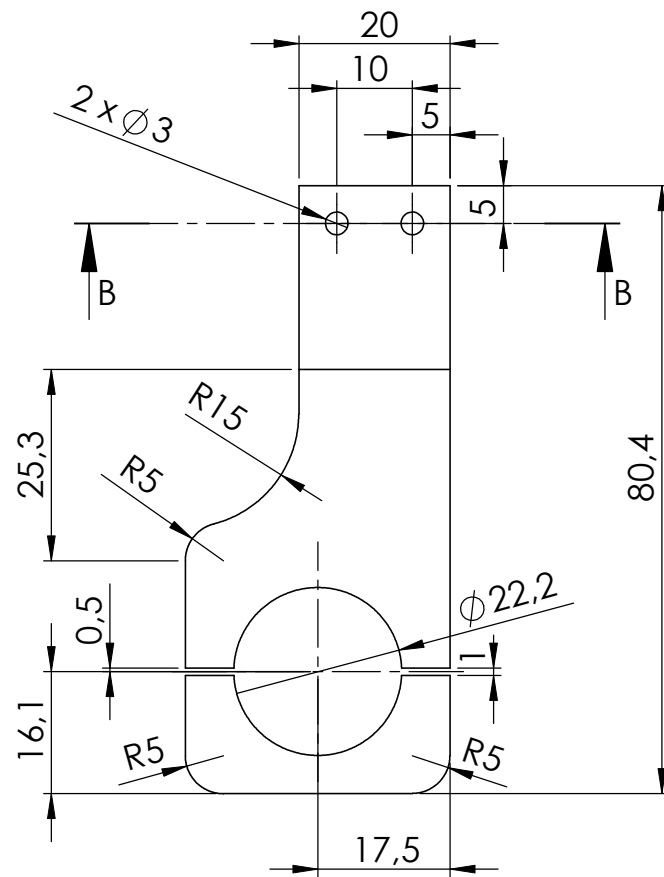
Conjunto 1: Dirección patinete

Escala 1:10

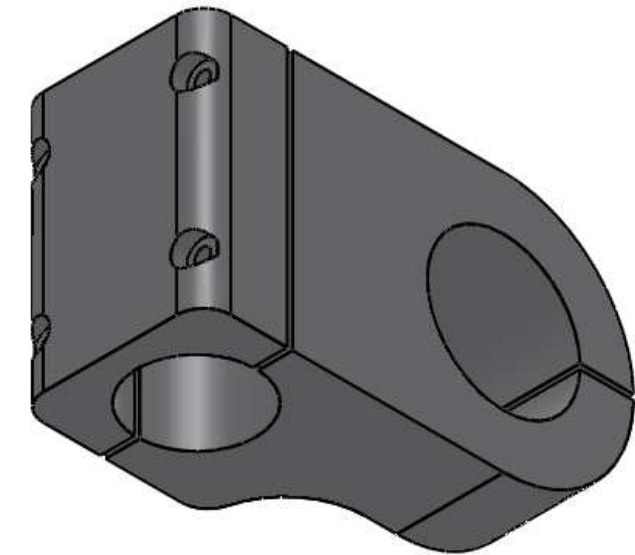
Hoja 4/45



SECCIÓN A-A




SECCIÓN B-B

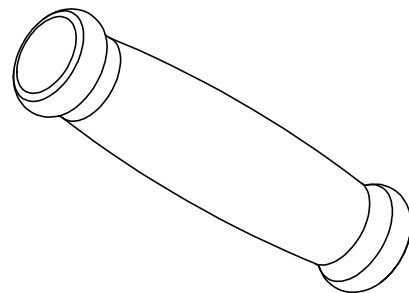
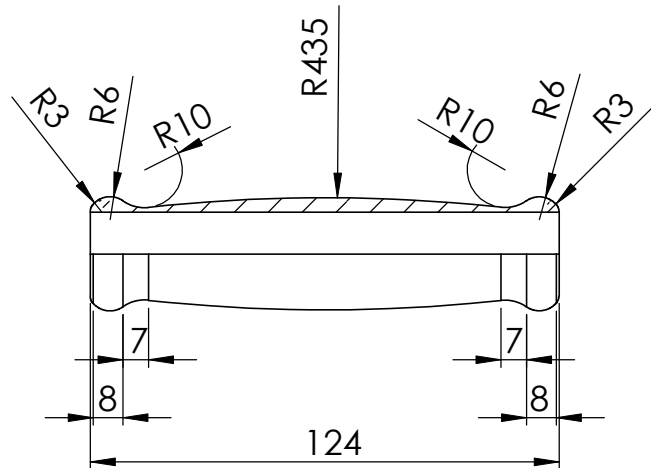
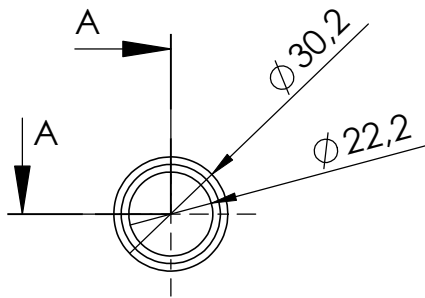


DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas | Fecha: 14/09/2011 | Unidad: mm. | DIN A3

 Universidad de Almería	Ref. 1.1.02	Material: Aluminio 6061-T6	Escala 1:1
	Potencia		Plano 5/45

SECCIÓN A-A



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

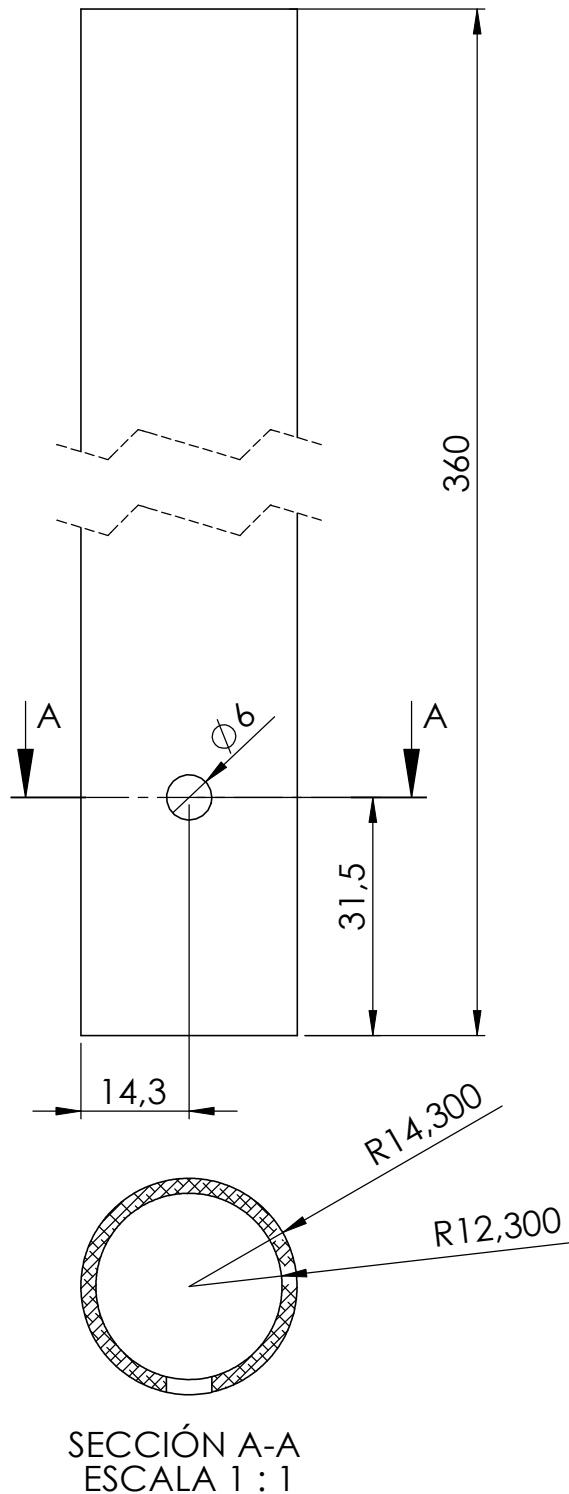
Ref. 1.1.03

Mango Común

Material:
Espuma NBR

Escala
1:2

Plano
6/45



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

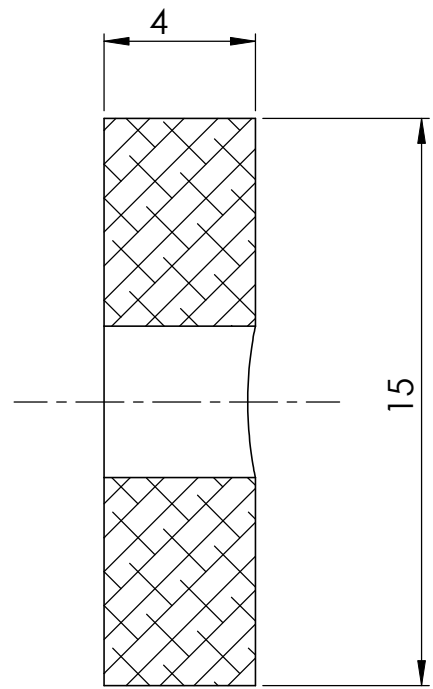
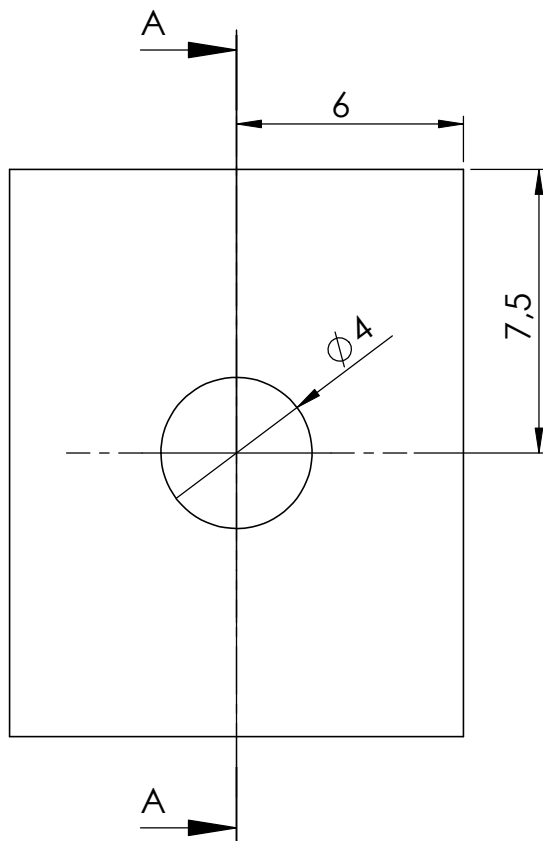
Ref. 1.1.04

Columna Dirección

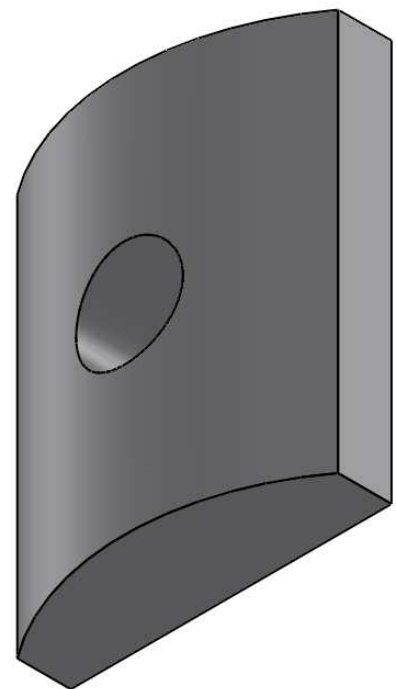
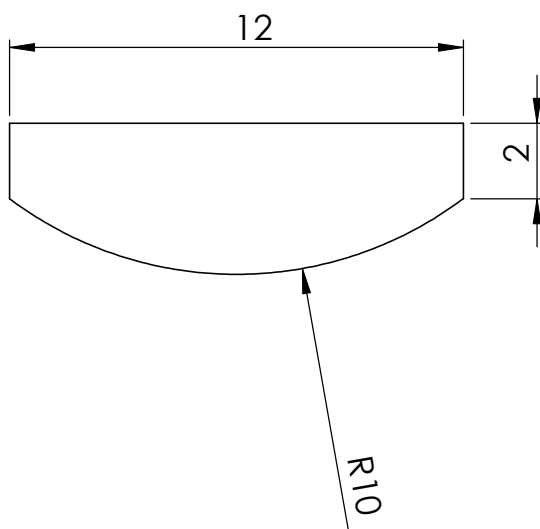
Material:
Aluminio
SIMAGALTOK
6060-T5

Escala
1:1

Plano
7/45



SECCIÓN A-A



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

Ref. 1.1.05

Tope fijación
abrazadera manillar

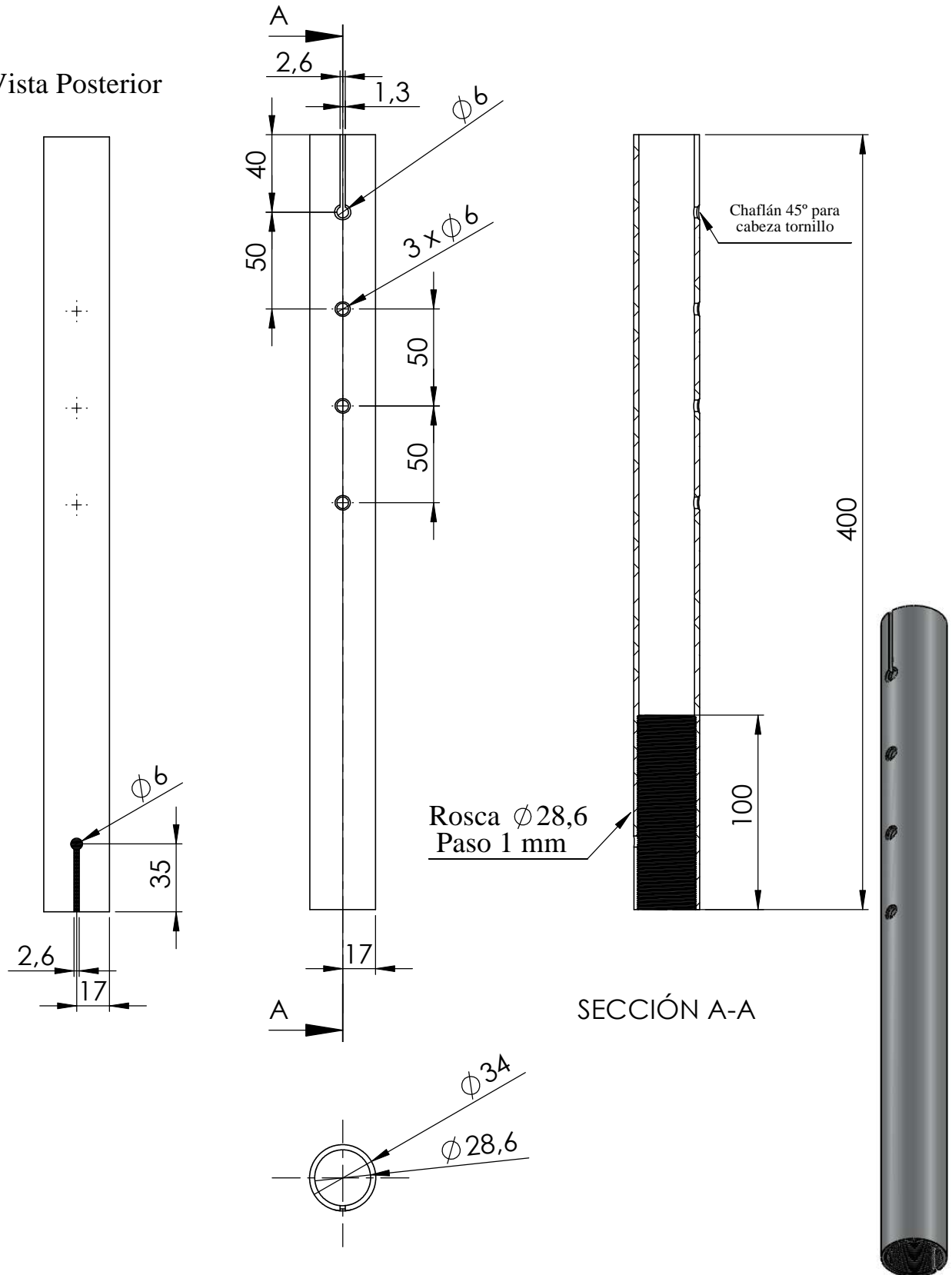
Material:

Aluminio
6061 T6

Escala
5:1

Plano
8/45

Vista Posterior



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

Ref. 1.1.07

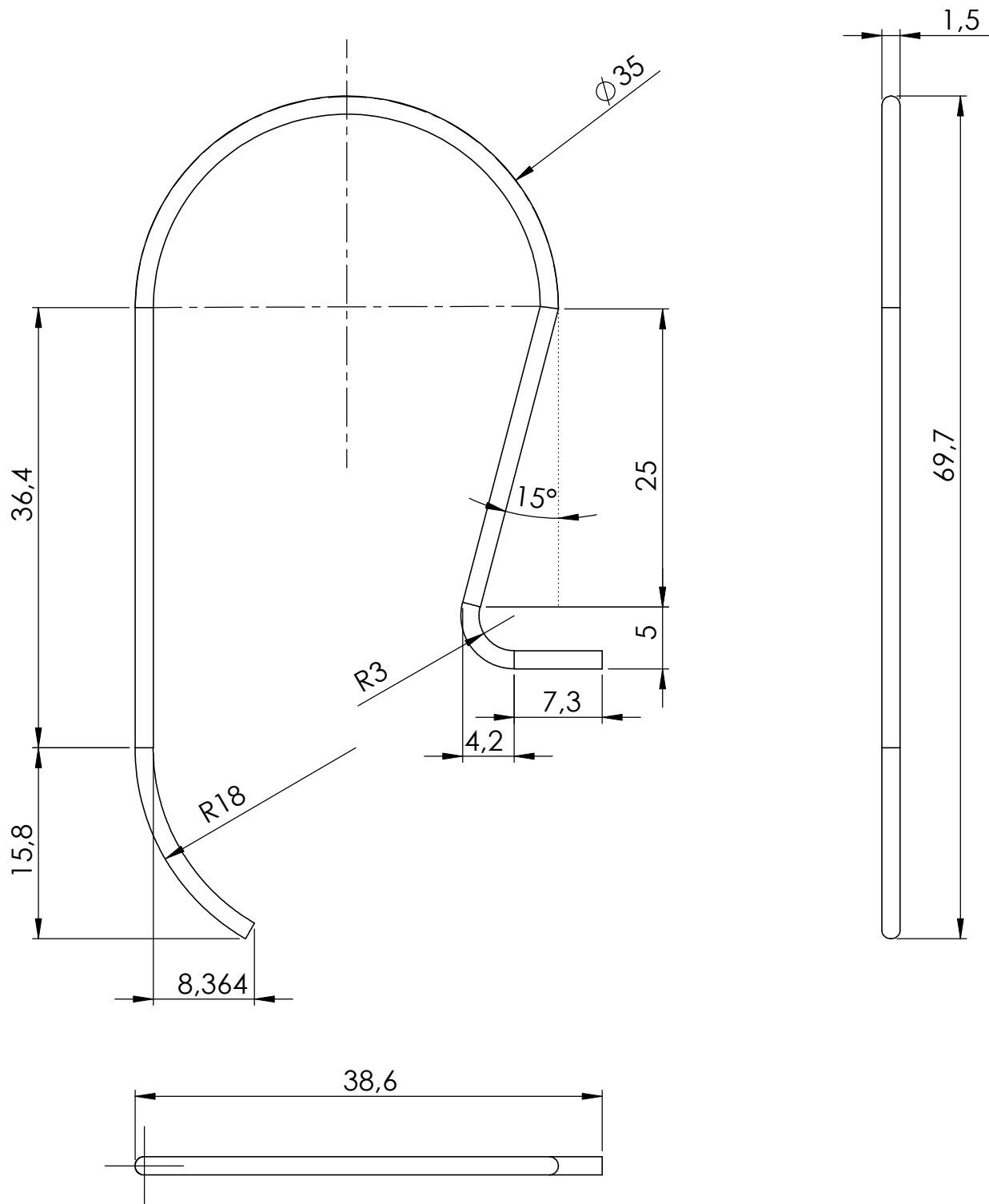
Cabezal dirección

Material:

Aluminio
6060 T5

Escala
1:3

Plano
9/45



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

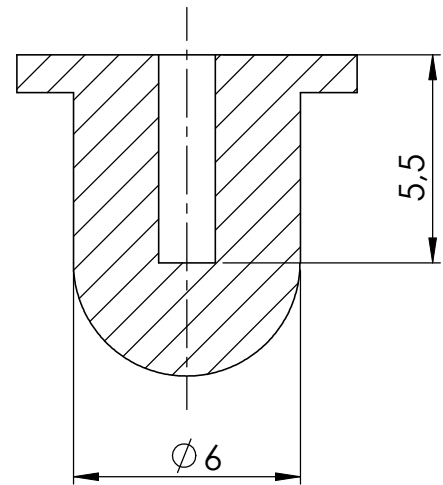
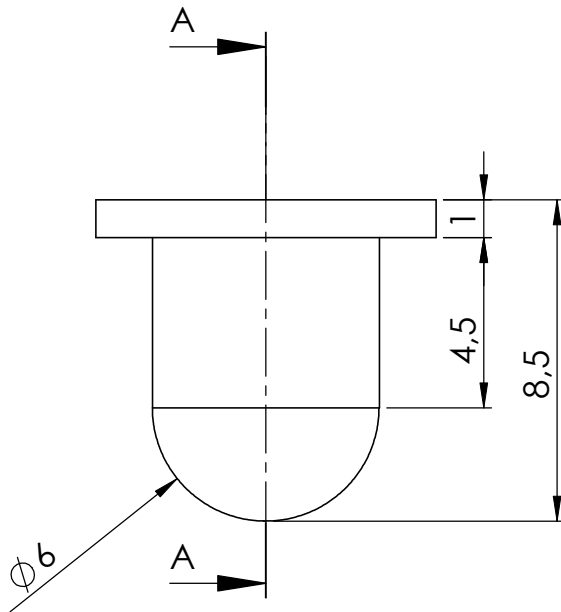
Ref. 1.1.09

Resorte de plegado

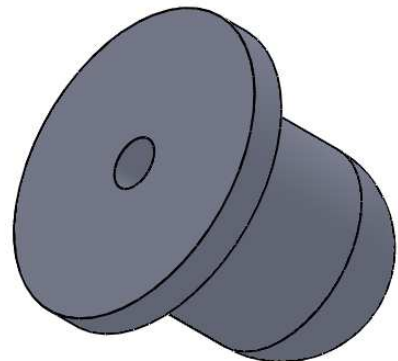
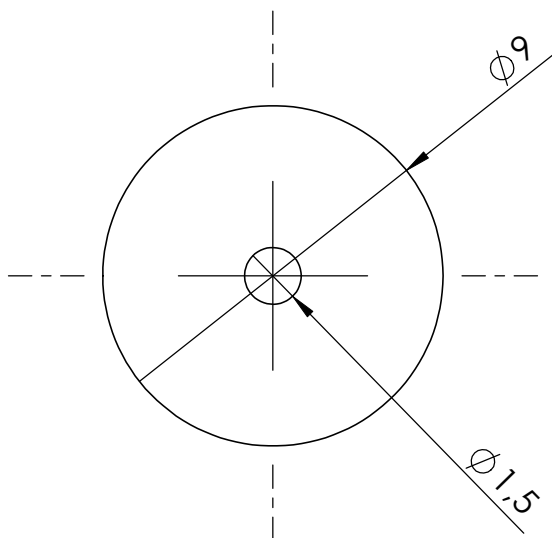
Material:
Acero
al Carbono

Escala
2:1

Plano
10/45



SECCIÓN A-A



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

Ref. 1.1.10

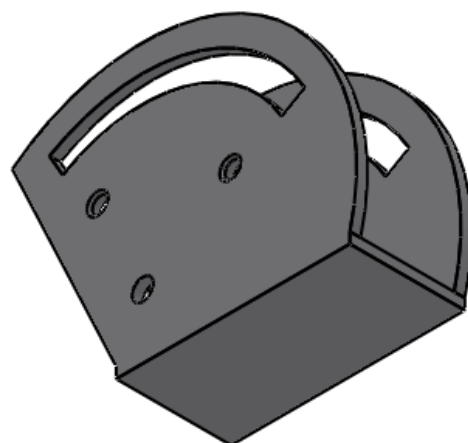
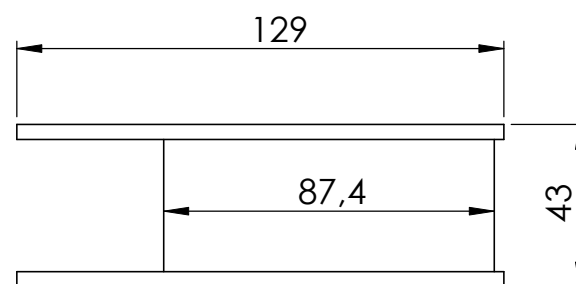
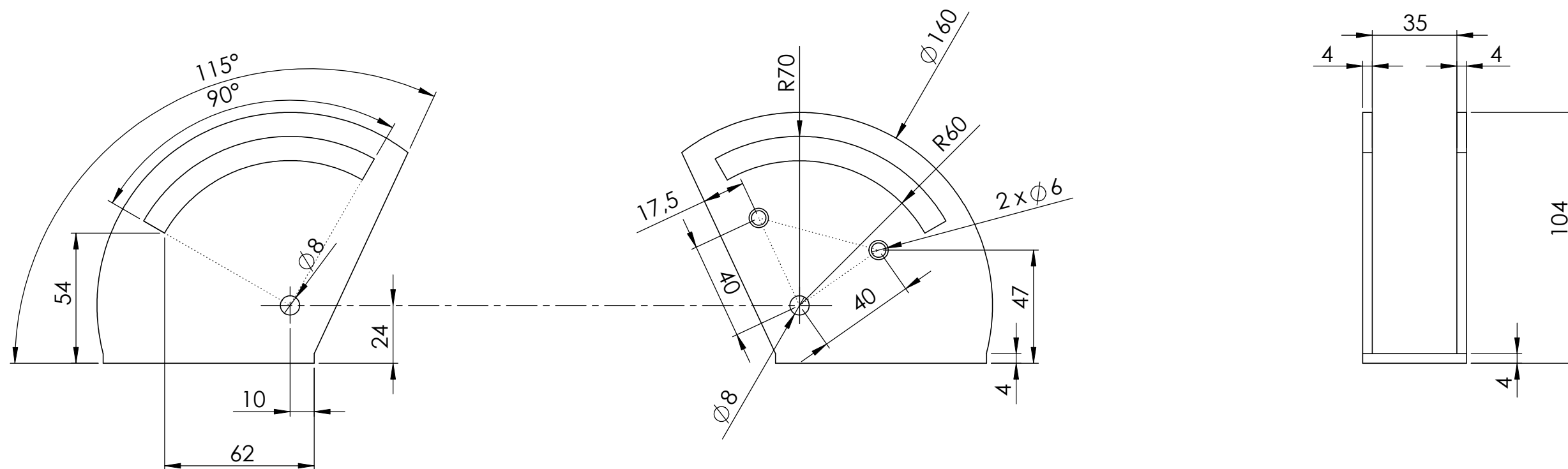
Botón tope Resorte

Material:
Aluminio
6060 T5

Escala
5:1

Plano
11/45

Vista Posterior



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas | Fecha: 14/09/2011 | Unidad: mm. | DIN A3



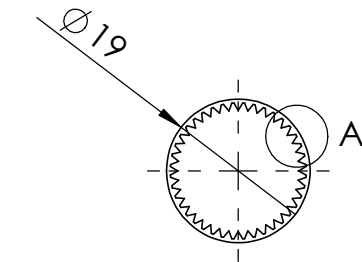
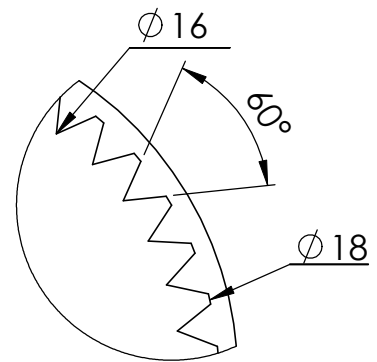
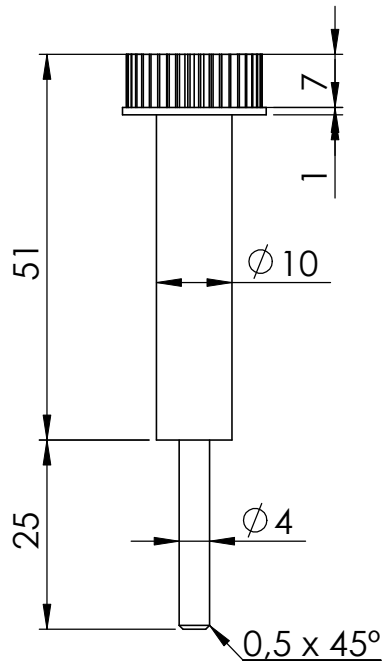
Ref. 1.1.12

Pieza de plegado

Material:
Aluminio
ALZINTOK
7075-T6

Escala
1:2

Plano
12/45



Matriz de
40 muescas

DETALLE A
ESCALA 5 : 1



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

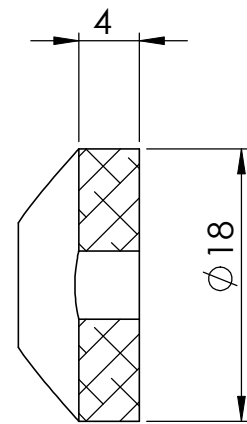
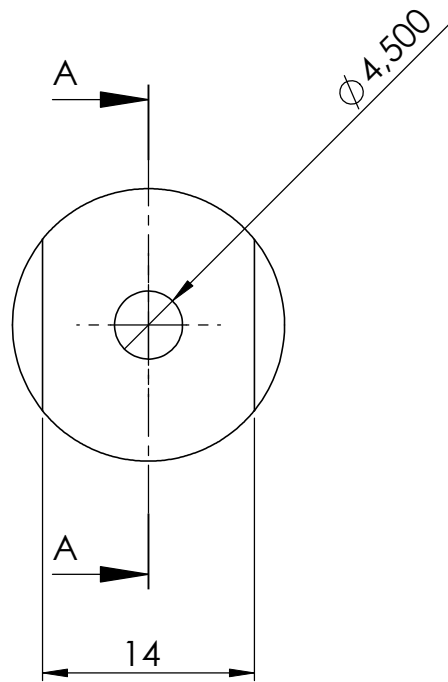
Ref. 1.1.13

Tornillo en abrazadera
de plegado

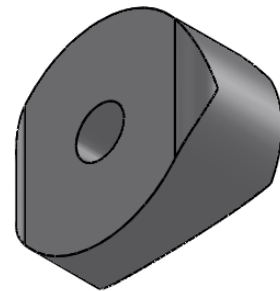
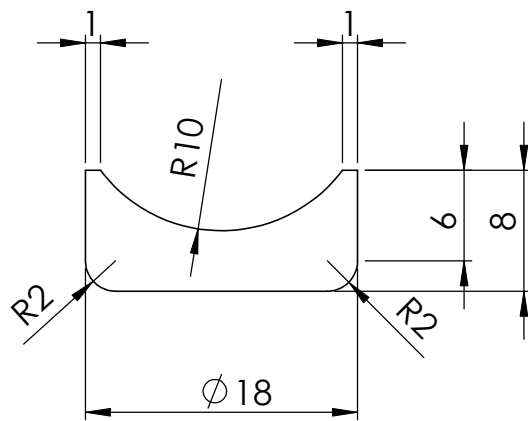
Material:
Acero al
carbono

Escala
1:1

Plano
13/45



SECCIÓN A-A



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

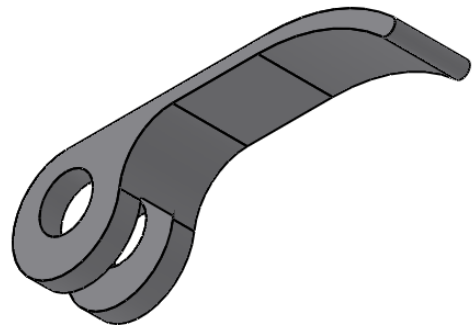
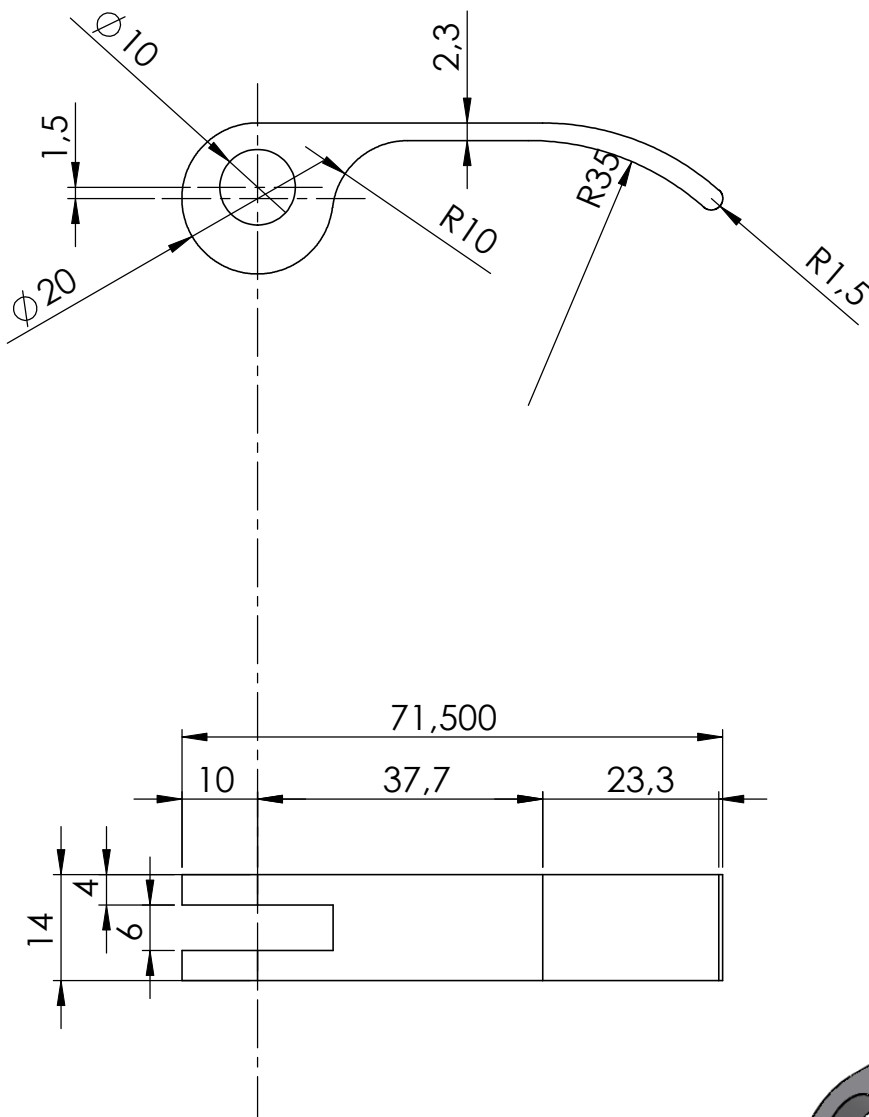
Ref. 1.1.14

Tope Fijación Abrazadera plegado

Material:
Acero
al Carbono

Escala
2:1

Plano
14/45



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

Ref. 1.1.15

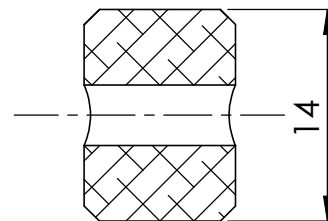
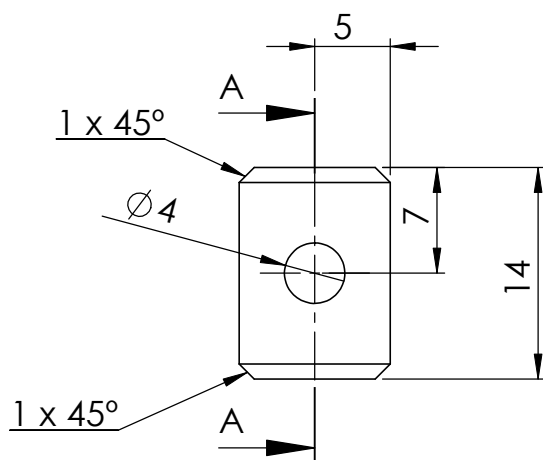
Maneta fijación
Abrazadera

Material:
Aluminio
6060 T6

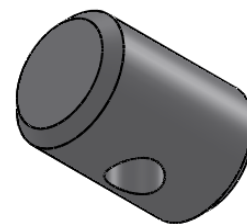
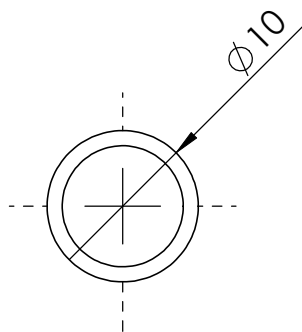
Escala
1:1

Plano
15/45

Licencia educacional de SolidWorks
Sólo para uso académico



SECCIÓN A-A



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

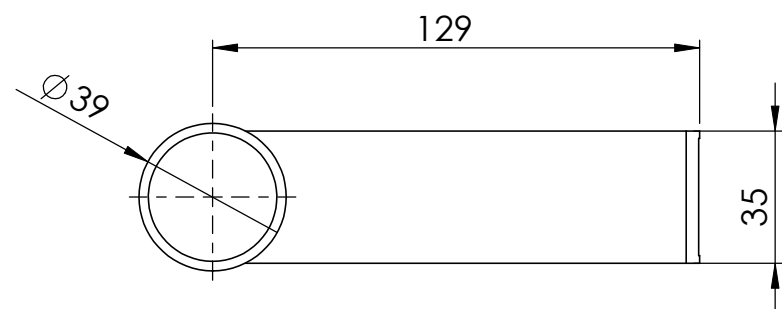
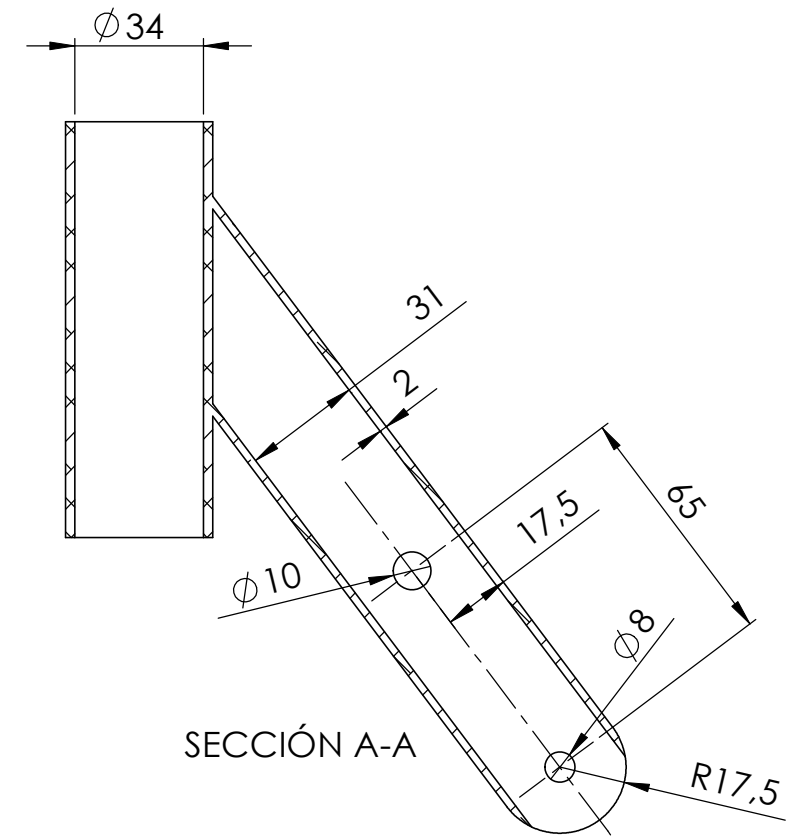
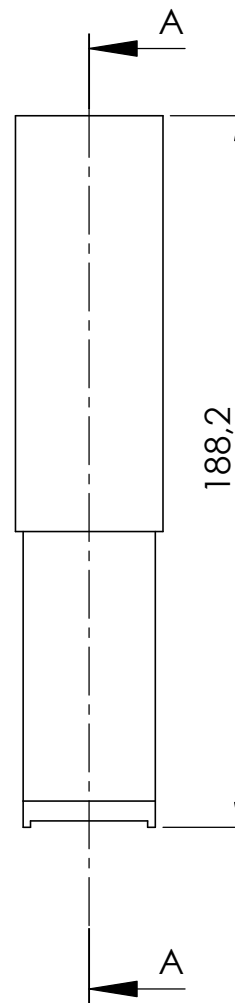
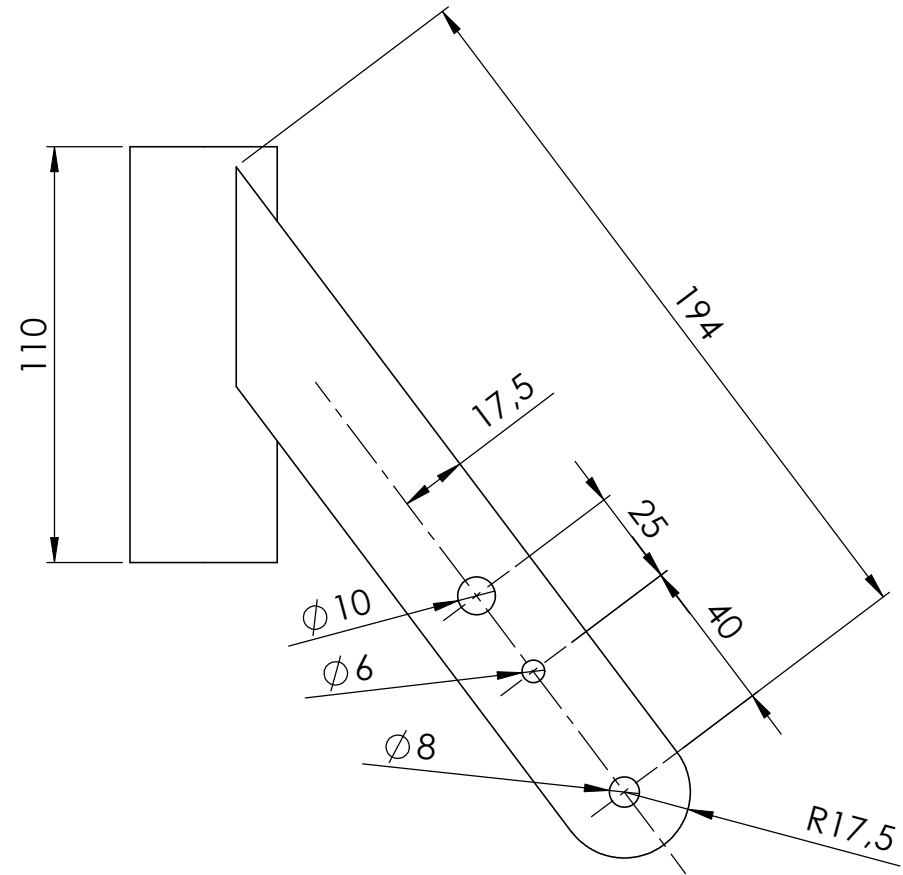
Ref. 1.1.16

Agarre maneta
fijación abrazadera

Material:
Acero
al Carbono

Escala
5:1

Plano
16/45



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas Fecha: 14/09/2011 Unidad: mm. DIN A3



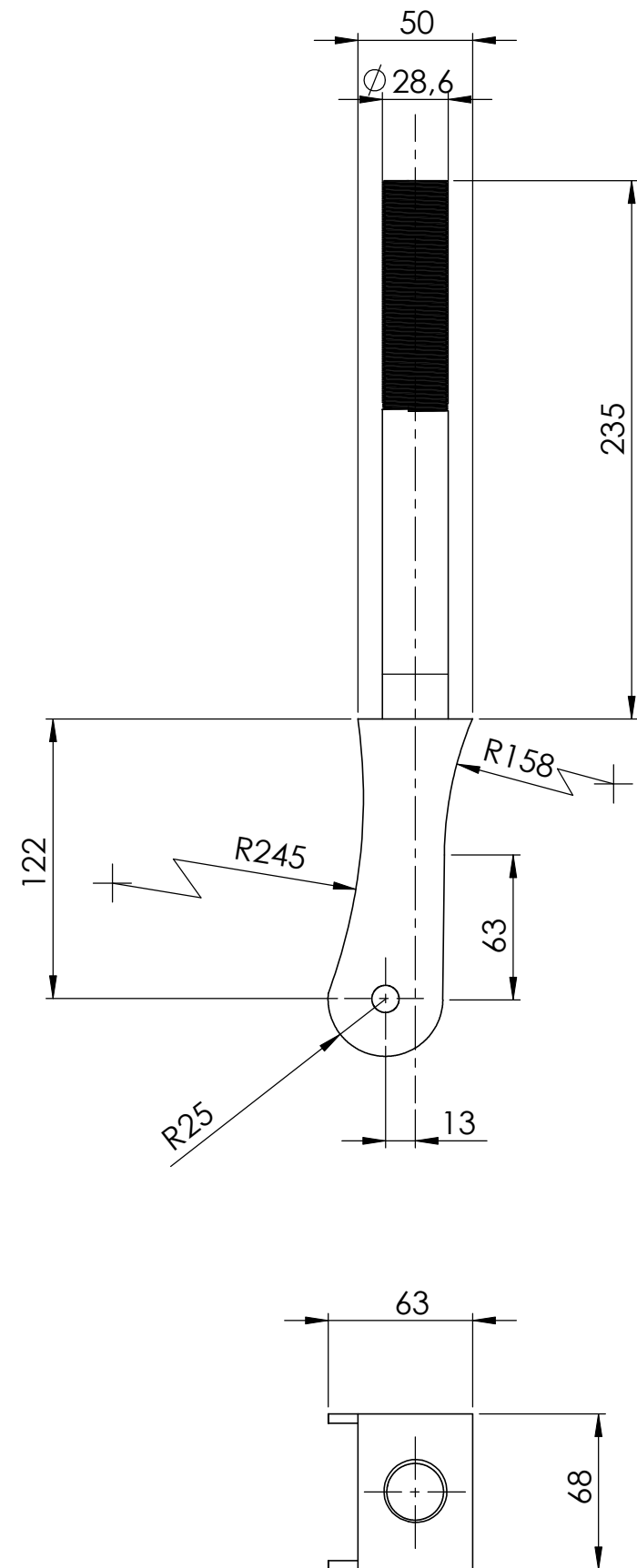
Ref. 1.1.17

Cuadro

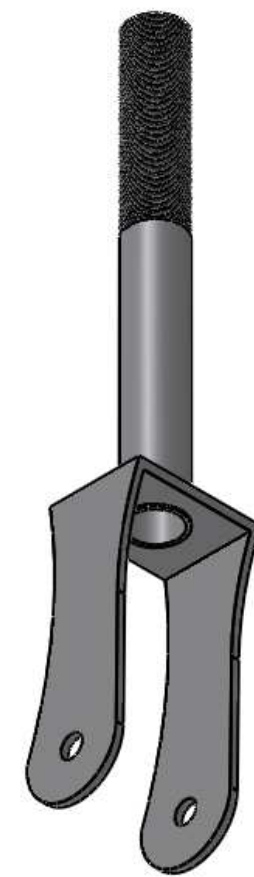
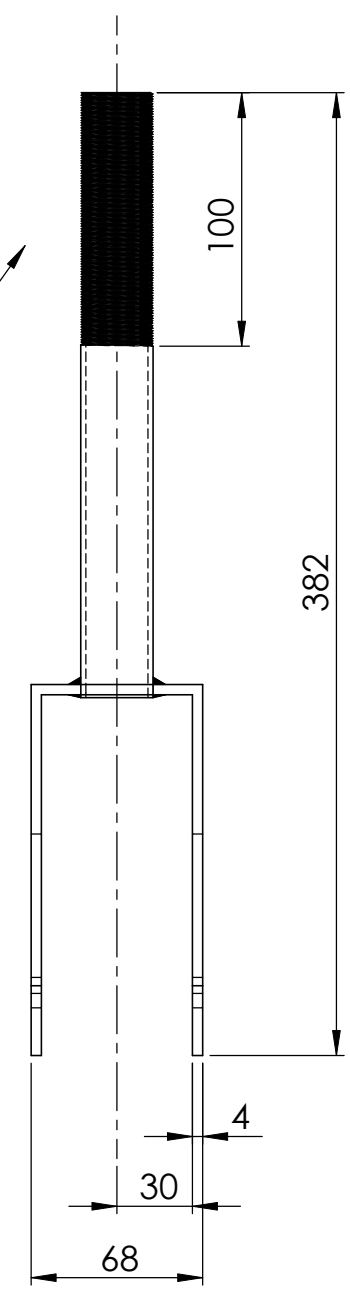
Material:
Aluminio
SIMAGALTOK
6063-T5

Escala
1:2


Plano
17/45

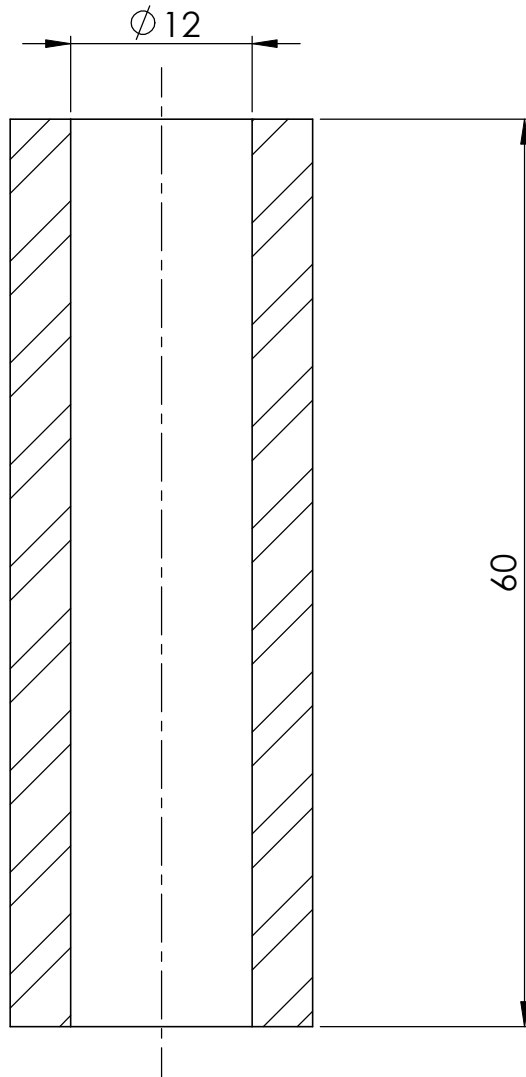


Rosca $\phi 28,6$
paso 1 mm.

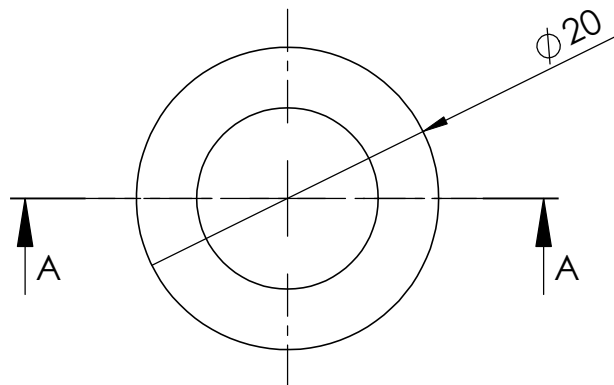


DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas		Fecha: 14/09/2011	Unidad: mm.	DIN A3
 Universidad de Almería	Ref. 1.1.18	<h1>Horquilla</h1>		Material: Aluminio SIMAGALTOK 6061-T6
				Escala 1:3
			Hoja 18/45	



SECCIÓN A-A
ESCALA 2 : 1



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

Ref. 1.1.20

Casquillo Rueda

Material:
Acero
al Carbono

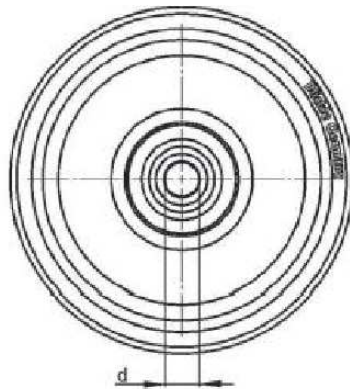
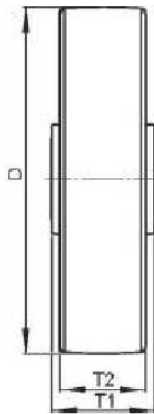
Escala
2:1

Plano
19/45



Cubierta / Banda de rodadura:
Goma sólida estándar, color negro, 80° Shore A.

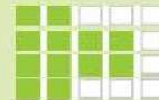
Llanta / centro de rueda:
De polipropileno, color negro.



Datos técnicos:

Ø rueda (D)	150 mm
Ancho rueda (T2)	40 mm
Capacidad de carga	135 kg
Tipo de eje	Coj. de agujas
Ø eje (d)	20 mm
Largo de cubo (T1)	60 mm
Peso por unidad	0.79 kg
Resistente a temperaturas desde	-30 °C
Resistente a temperaturas hasta	80 °C
Dureza del bandaje	80° Shore A

Resistencia a la rodadura
Emisión de ruidos
Protección de suelos
Desgaste



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

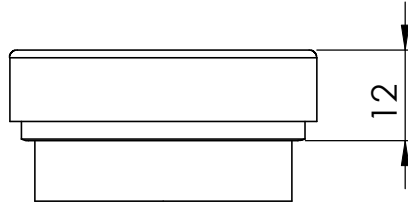
Ref. 1.1.21

Rueda VPP 15020R

Datos
indicados
por el
fabricante

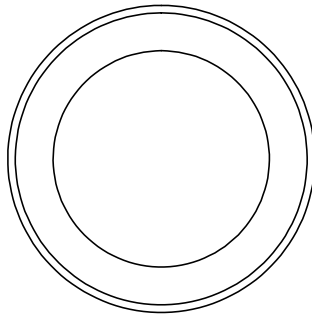
Escala

Plano
20/45



Características:

- 1-1/8"
- 128 gr.
- Tazas de acero
- Rodamientos abiertos



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

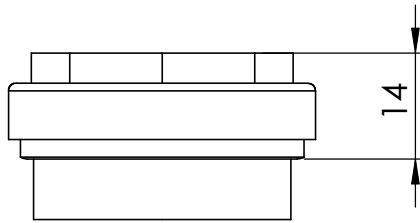
Ref. 1.1.24

**Rodamiento simple 1-1/8"
inferior DISTRICT**

Material:

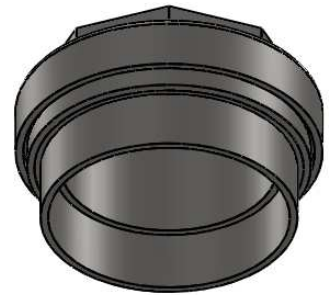
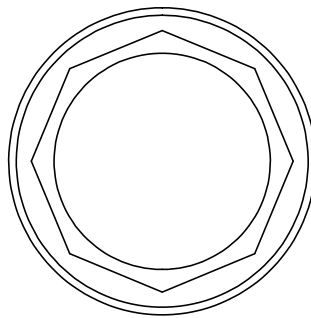
Escala
1:1

Plano
21/45



Características:

- 1-1/8"
- 128 gr.
- Tazas de acero
- Rodamientos abiertos



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

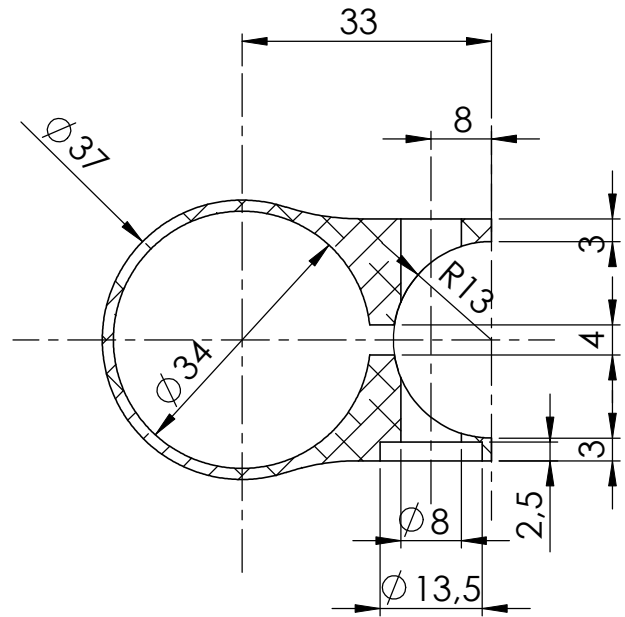
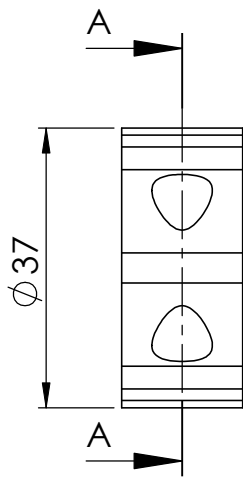
Ref. 1.1.25

Rodamiento simple 1-1/8"
superior DISTRICT

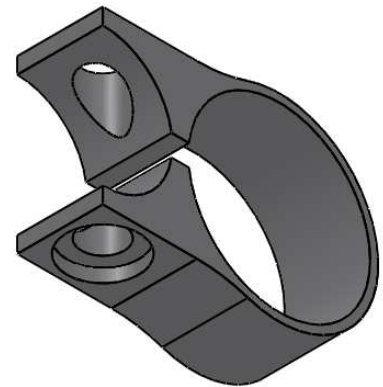
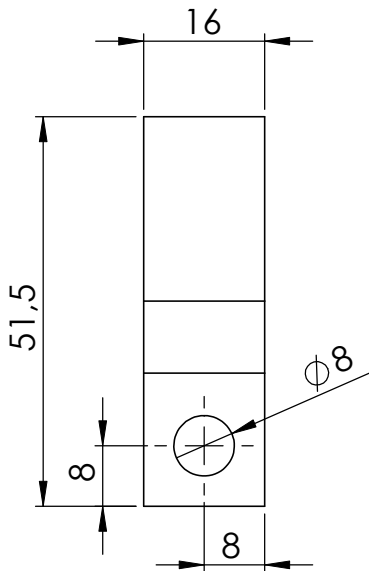
Material:

Escala
1:2

Plano
22/45



SECCIÓN A-A



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

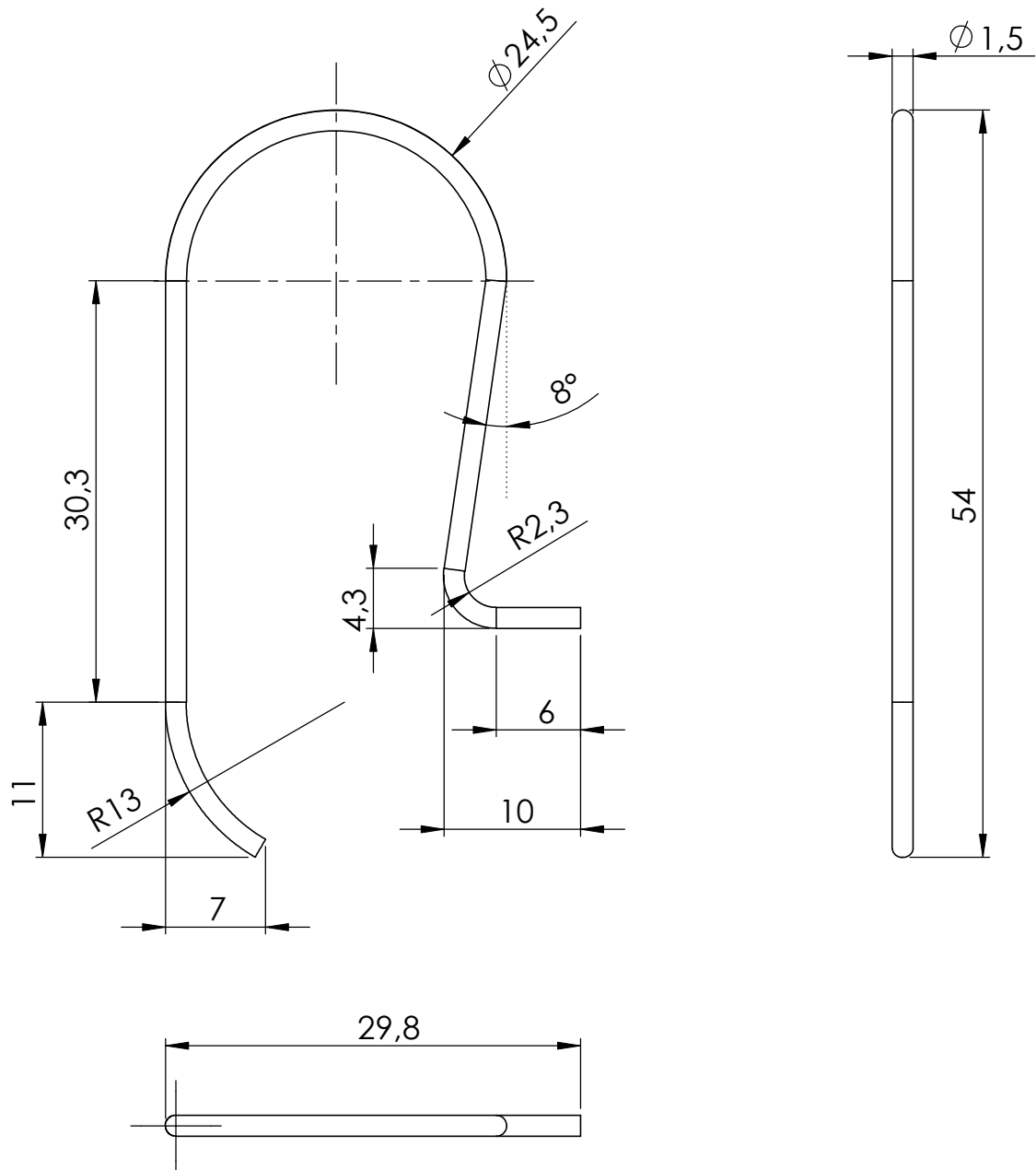
Ref. 1.1.26

Abrazadera unión cabezal y horquilla

Material:
Aluminio
6060 T6

Escala
1:1

Plano
23/45



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

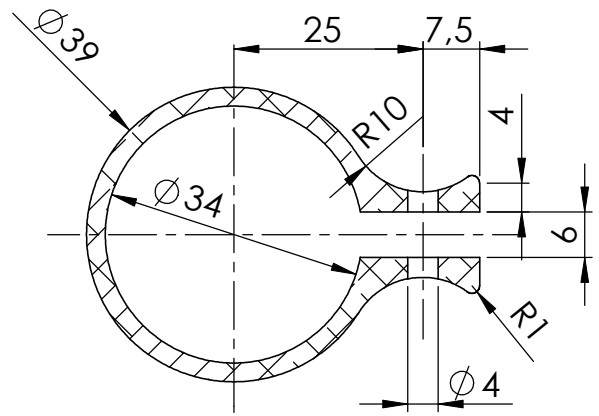
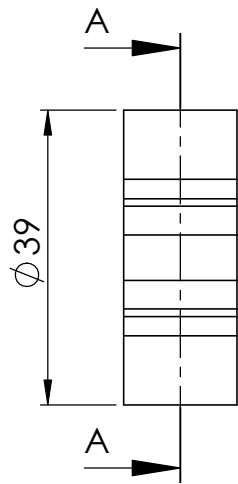
Ref. 1.1.27

Resorte de cambio
posición manillar

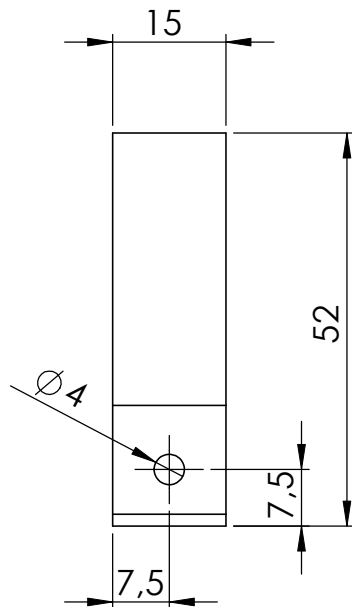
Material:
Acero
al Carbono

Escala
2:1

Plano
24/45



SECCIÓN A-A



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

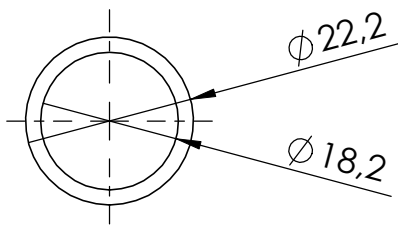
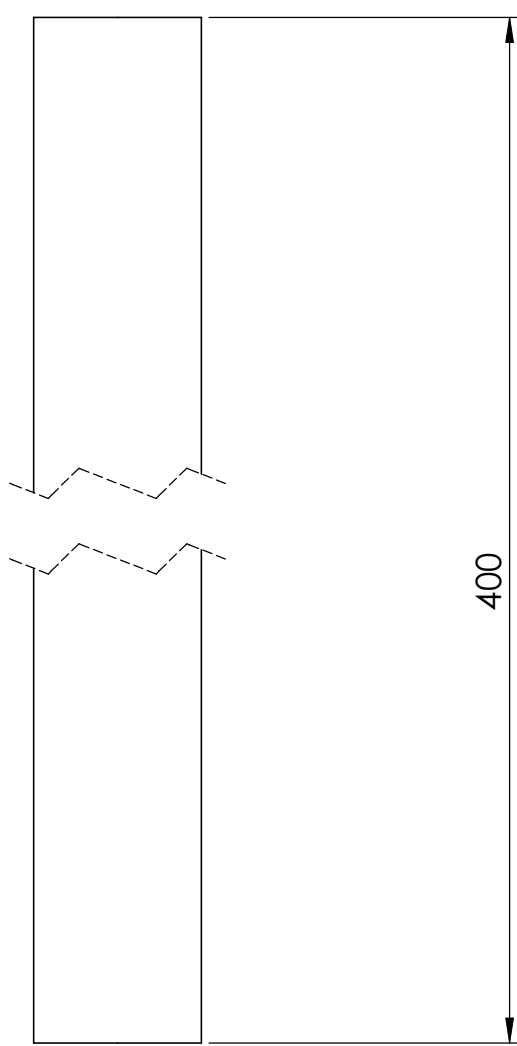
Ref. 1.1.28

Abrazadera cambio
posición manillar

Material:
Aluminio
6060 T6

Escala
1:1

Plano
25/45



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas	Fecha: 14/09/2011	Unidad: mm.	DIN A4
--	-------------------	-------------	--------



Universidad de Almería

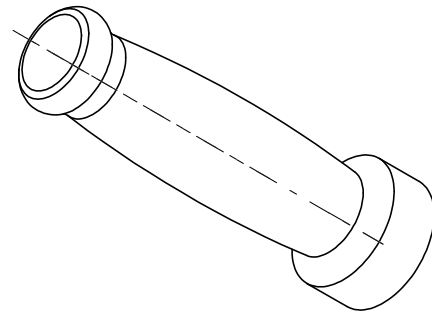
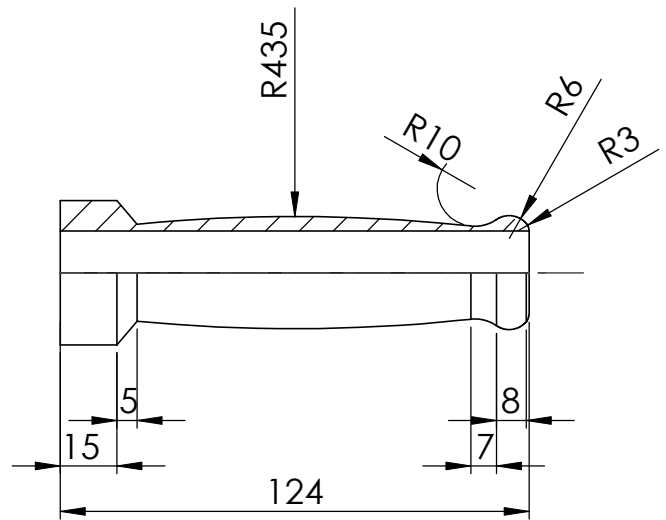
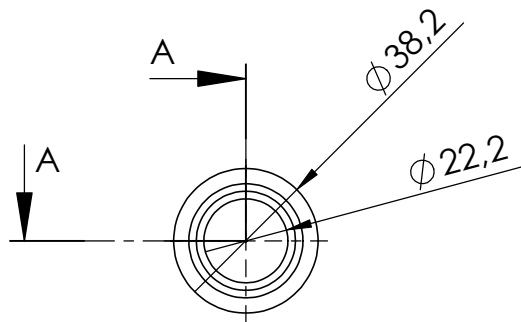
Ref. 1.1.29

Tubo del Manillar

Escala 1:1

Plano 26/45

SECCIÓN A-A



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

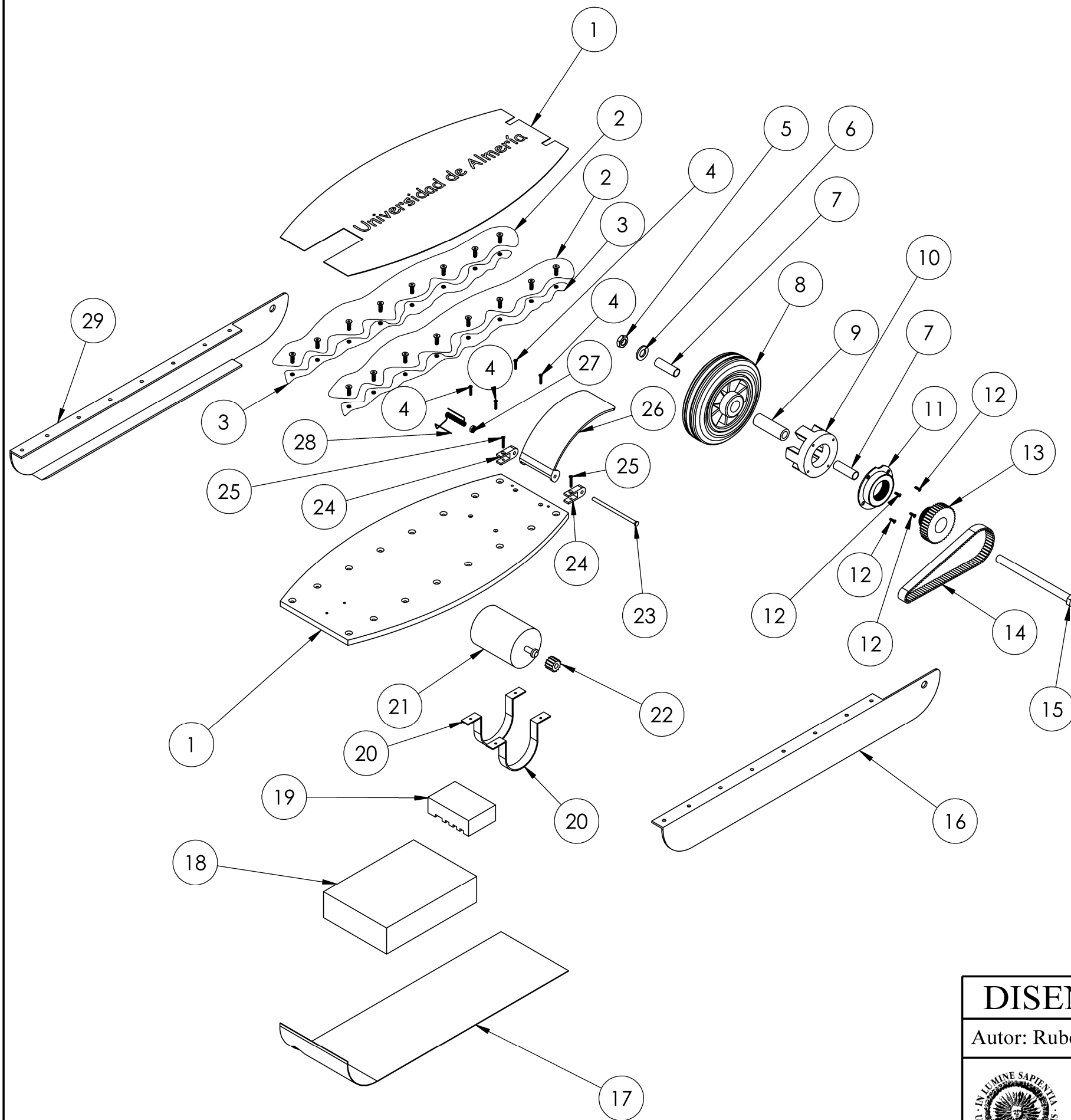
Ref. 1.1.30

Mango Acelerador

Material:
Espuma NBR

Escala
1:2

Plano
27/45



Nº	Ref.	Descripción	Cant.
29	1.2.24	Perfil en U derecha	1
28	1.2.23	Resorte freno	1
27	1.2.22	Tuerca M3 DIN 934 hexagonal	1
26	1.2.21	Freno	1
25	1.2.20	Tornillo DIN 7991 M3x20	2
24	1.2.19	Agarre freno y base	2
23	1.2.18	Tornillo hexagonal DIN 964 M5x95	1
22	1.2.17	Piñon motor	1
21	1.2.16	Motor 150 W 24 V	1
20	1.2.15	Agarre motor a la base	1
19	1.2.14	Controlador	1
18	1.2.13	Batería LiFePO4 5000 mAh	1
17	1.2.12	Pegatina cerramiento inferior	1
16	1.2.11	Perfil en U izquierda	1
15	1.2.10	Tornillo DIN 931 hexagonal M12x160	1
14	1.2.09	Correa 450-5M-15	1
13	1.2.08	Polea	1
12	1.2.07	Tornillo DIN en ISO 7046 M3x10	4
11	1.2.06	Rueda libre	1
10	1.2.05	Agarre entre rueda libre y rueda	1
9	1.1.20	Casquillo rueda	1
8	1.1.21	Rueda VPP 150 20 R	1
7	1.2.04	Casquillo eje trasero	2
6	1.1.22	Arandela DIN 125 plana M12	1
5	1.1.23	Tuerca DIN 934 hexagonal M12	1
4	1.1.11	Tornillo DIN 7991 M3x16	4
3	1.2.03	Tuerca DIN 934 hexagonal M5	16
2	1.2.02	Tornillo DIN-7991 M5x16	16
1	1.2.01	Pegatina de la base	1

DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

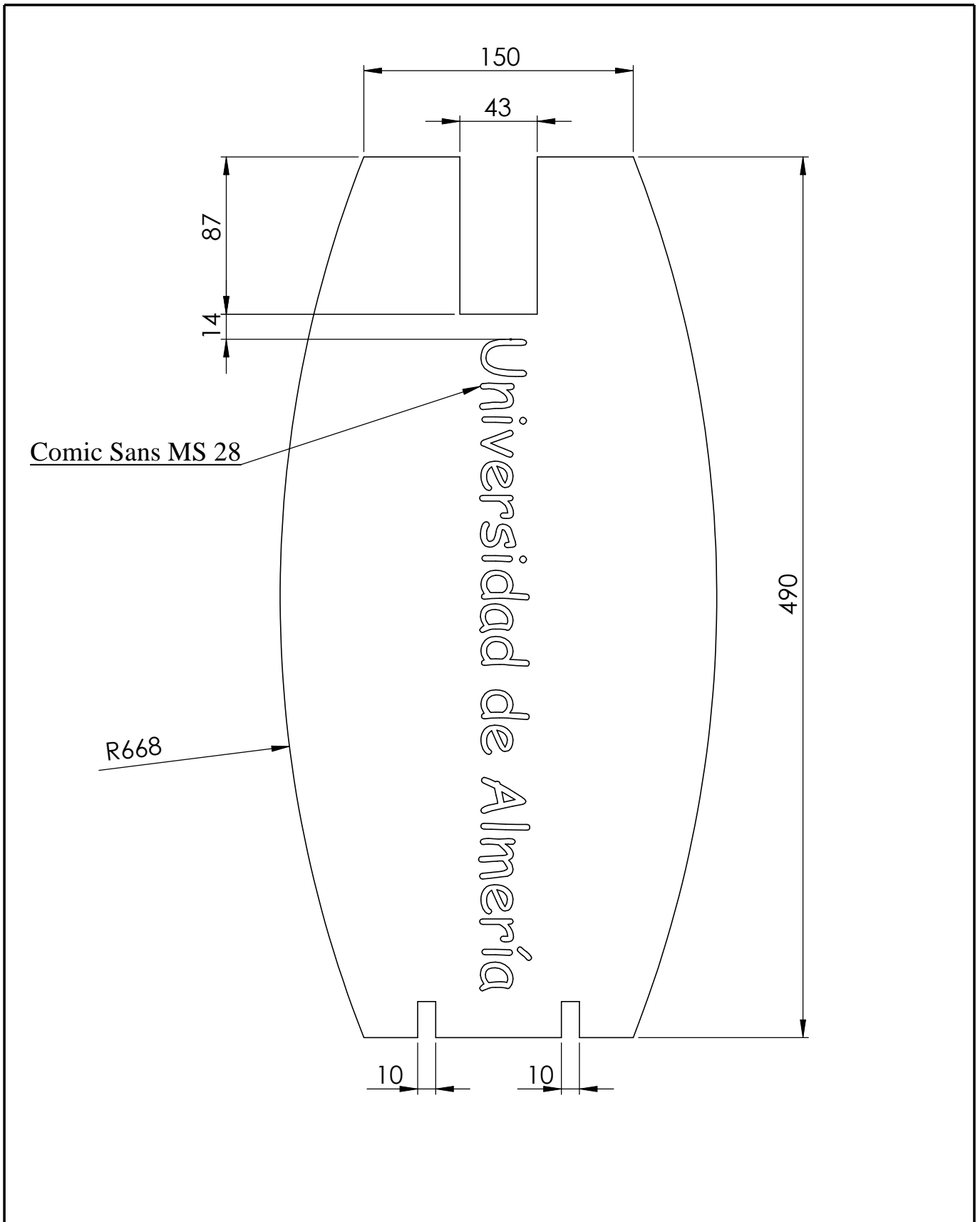
Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas | Fecha: 14/09/2011 | Unidad: mm | DIN A3



Ref. 1.2

Conjunto 2: base patinete

Escala 1:7
Plano 28/50



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

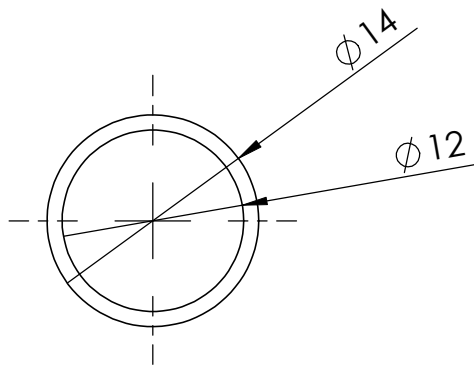
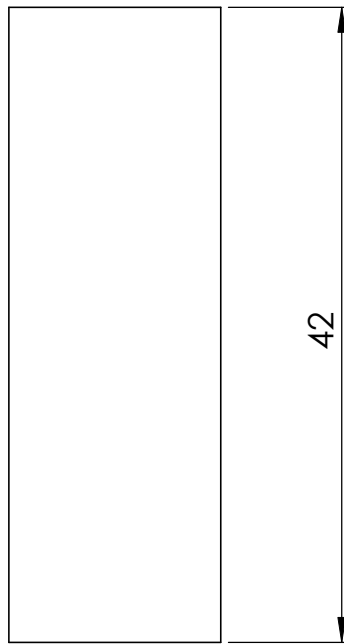
Ref. 1.2.01

Pegatina de la base

Material:
adhesivo
antideslizante

Escala
1:3

Plano
29/50



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

Ref. 1.2.04

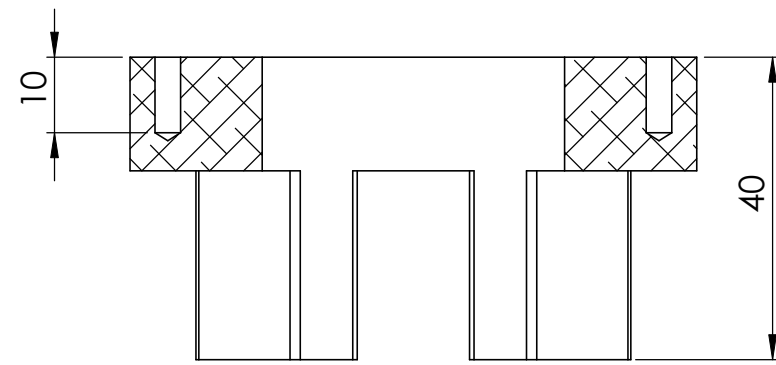
Casquillo eje trasero

Material:

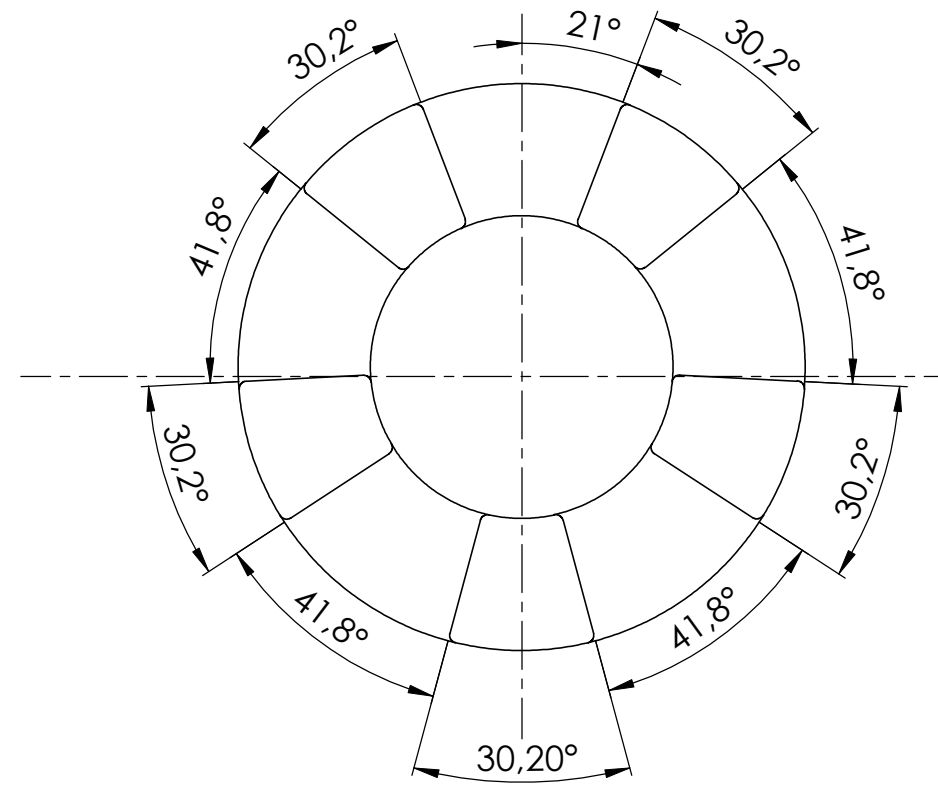
Aluminio
6060-T5

Escala
2:1

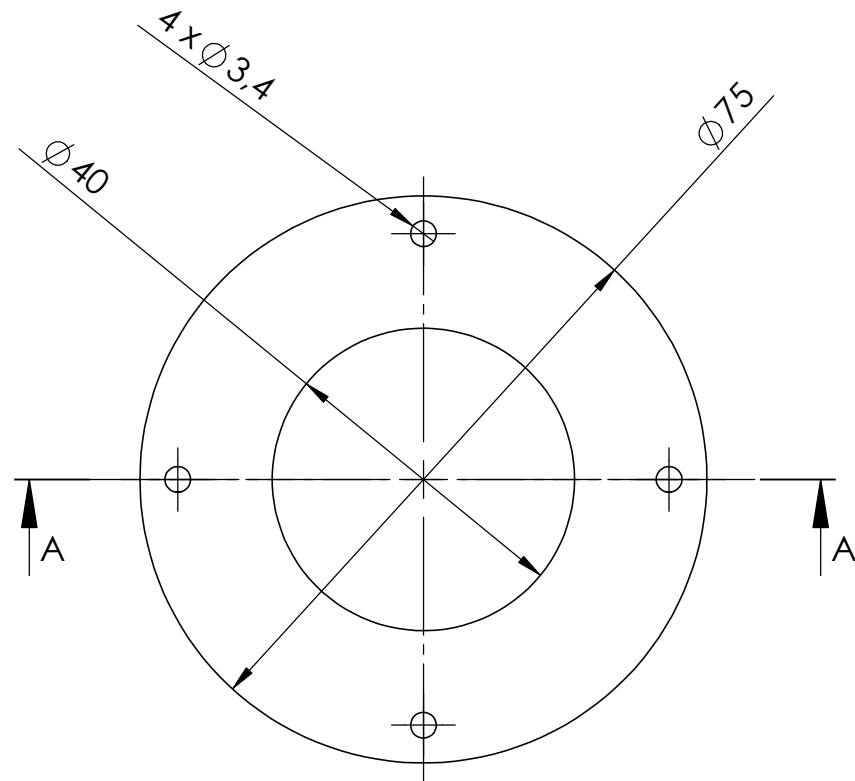
Plano
30/50



SECCIÓN A-A



Vista Posterior



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas Fecha: 14/09/2011 Unidad: mm. DIN A3



Universidad de Almería

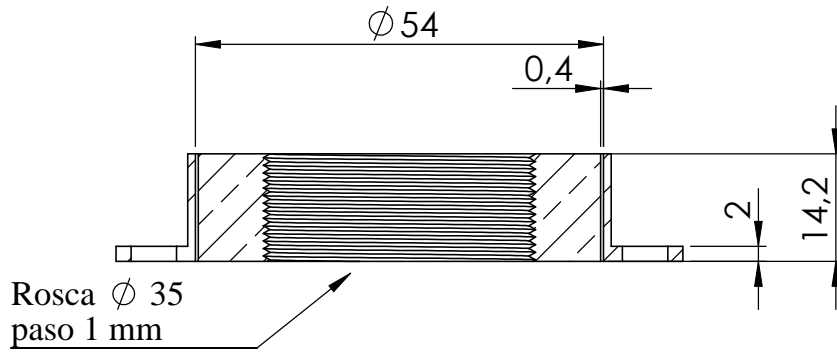
Ref. 1.2.05

Agarre entre
rueda libre y rueda

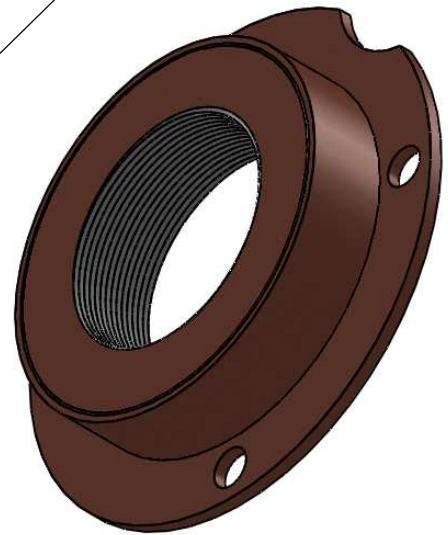
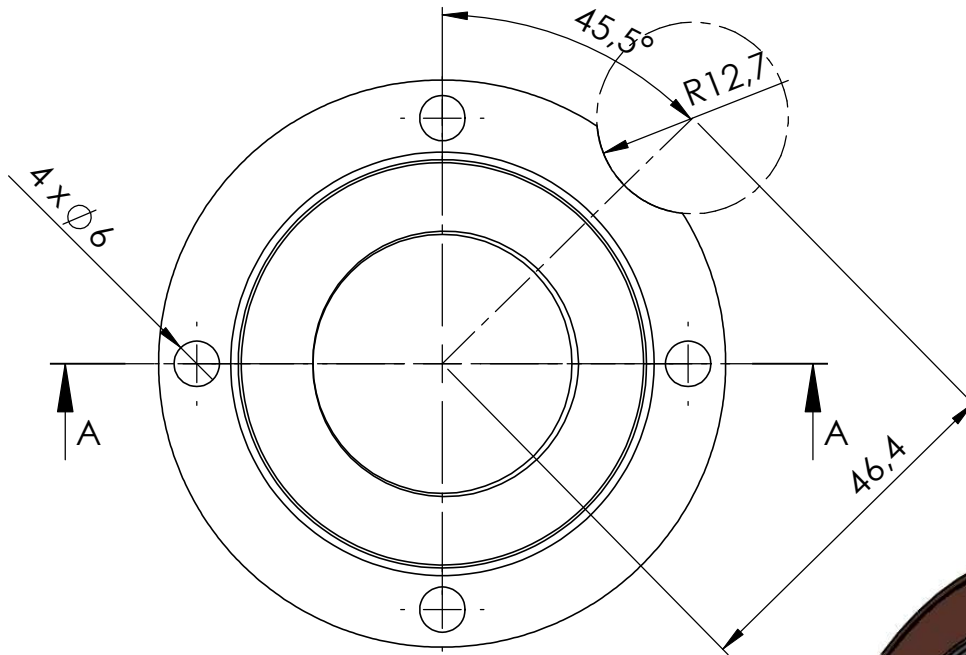
Material:
Aluminio
6061-T6

Escala
1:1

Plano
31/45



SECCIÓN A-A



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

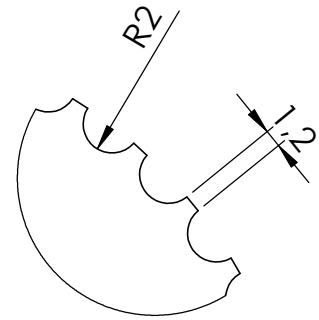
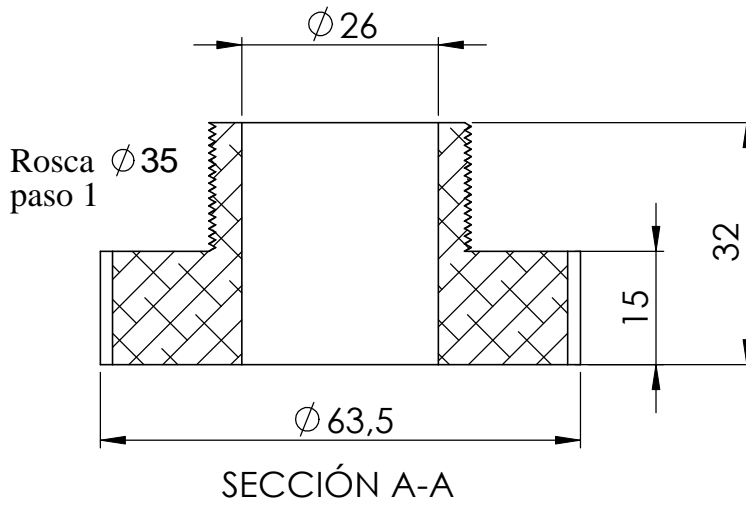
Ref. 1.2.06

Rueda libre

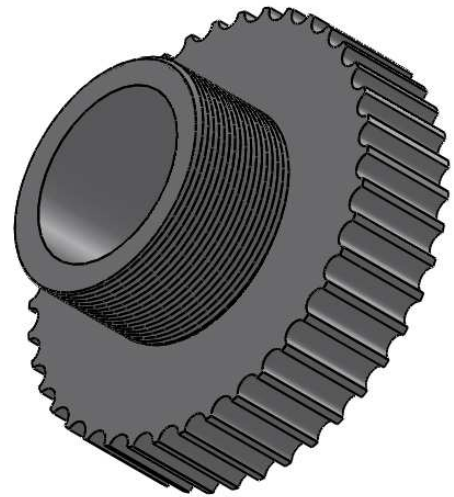
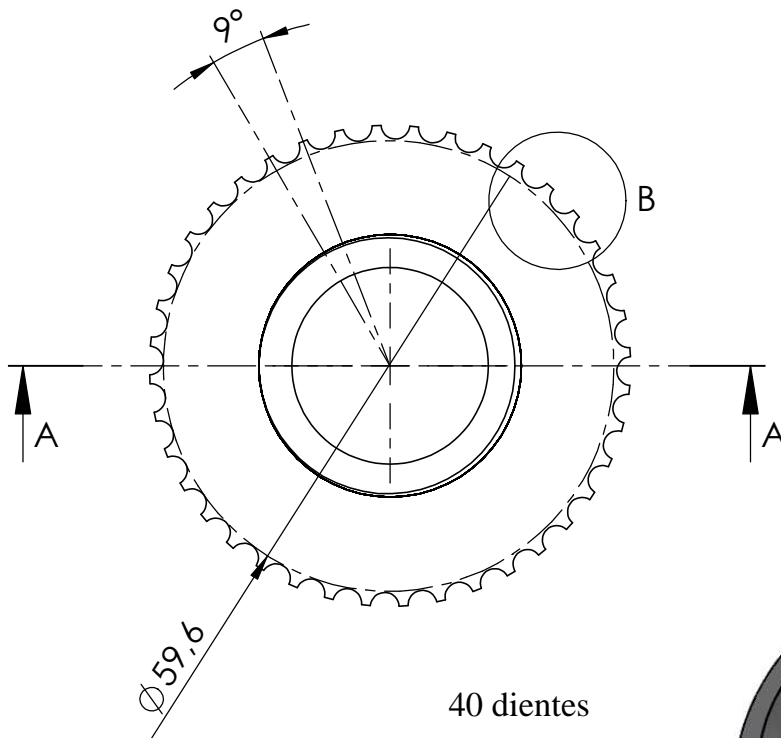
Material:

Escala
1:1

Plano
32/45



DETALLE B
ESCALA 2 : 1



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

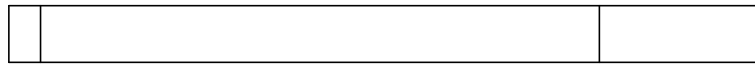
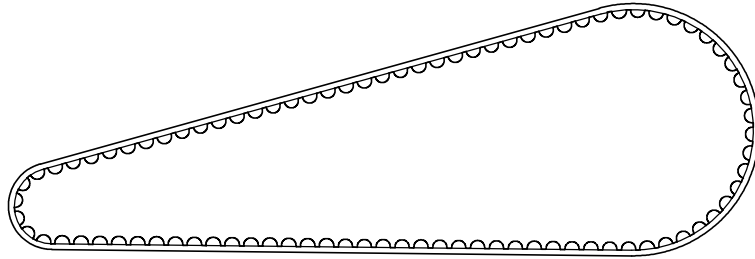
Ref. 1.2.08

Polea

Material:
Aluminio
6060 T6

Escala
1:1

Plano
33/45



Datos Correa:

Longitud: 450 mm

Paso: 5 mm

Ancho: 15 mm

Número de dientes: 90

DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

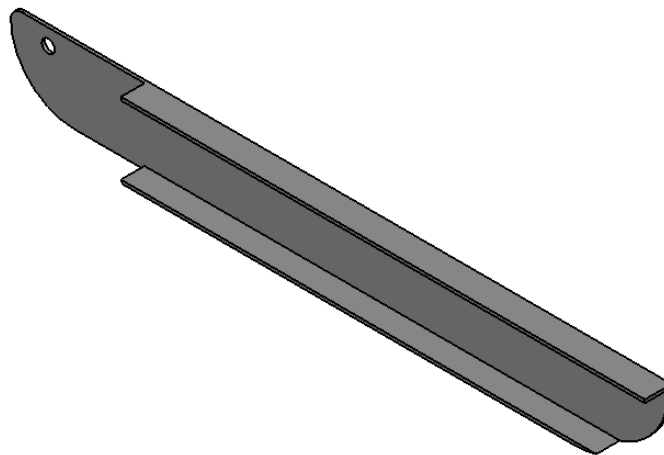
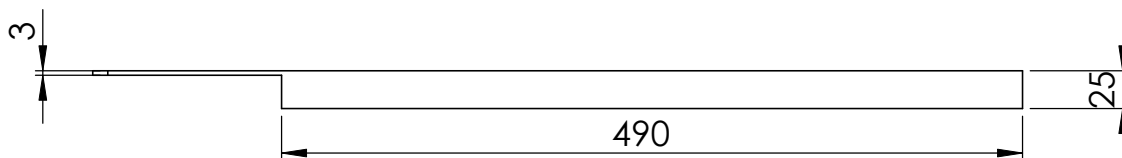
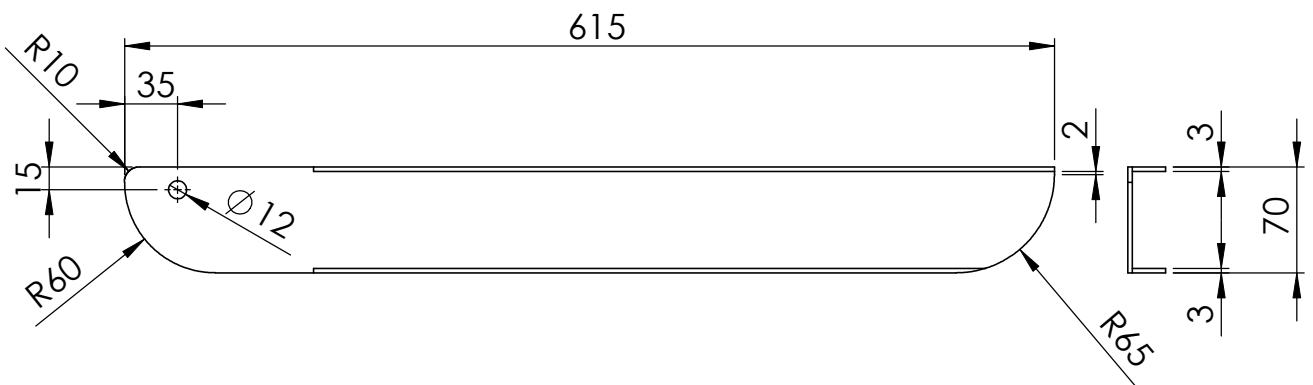
Ref. 1.2.09

Correa 450 5M 15

Material:
Neopreno
(caucho)

Escala
1:2

Plano
34/45



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

Ref. 1.2.11

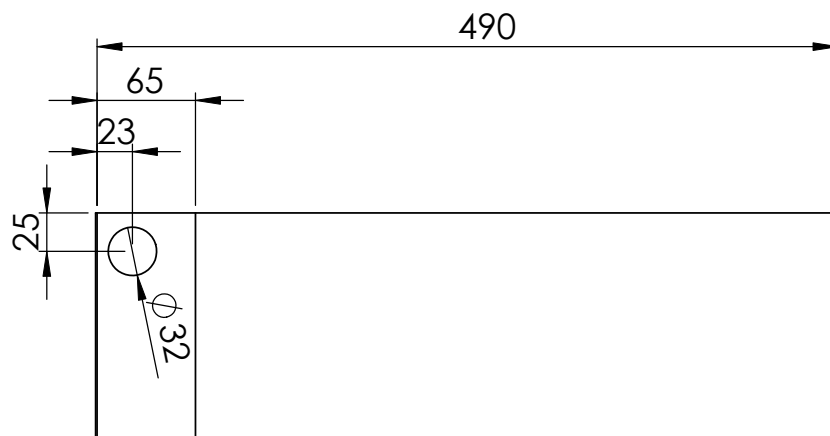
Perfil en U izquierda

Material:

Aluminio
6060-T6

Escala
1:5

Plano
35/45



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

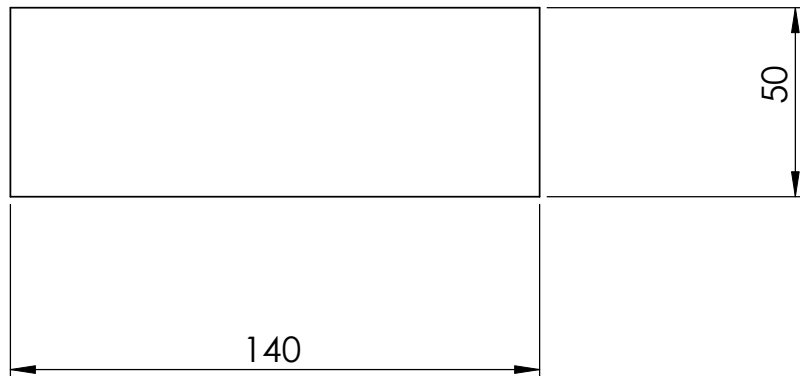
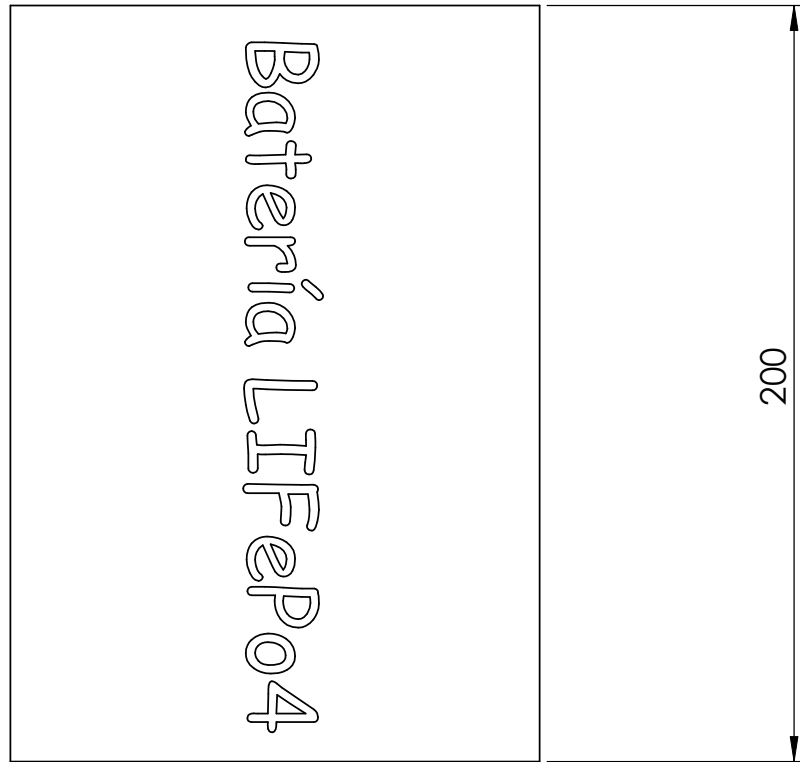
Ref. 1.2.12

**Pegatina cerramiento
inferior**

Material:
Adhesivo
antideslizante

Escala
1:5

Plano
36/45



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

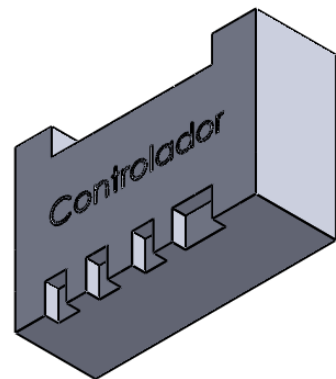
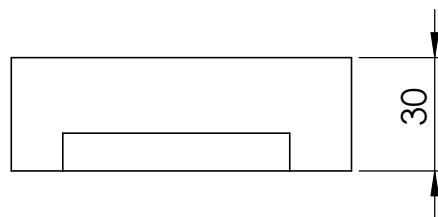
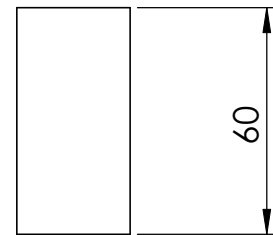
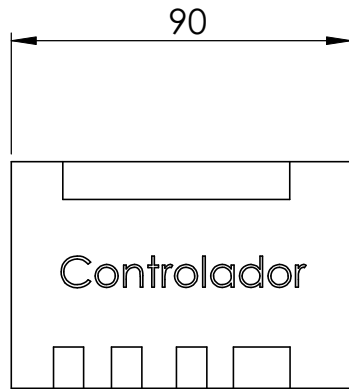
Ref. 1.2.13

Batería LiFePO4
5000 mAh

Material:

Escala
1:2

Plano
37/50



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

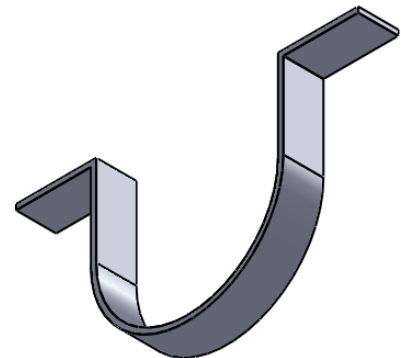
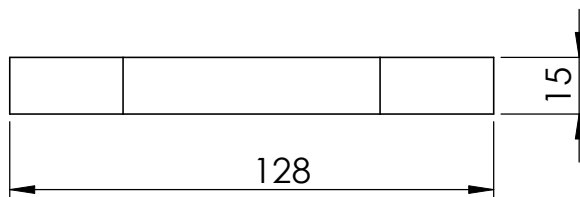
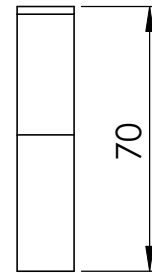
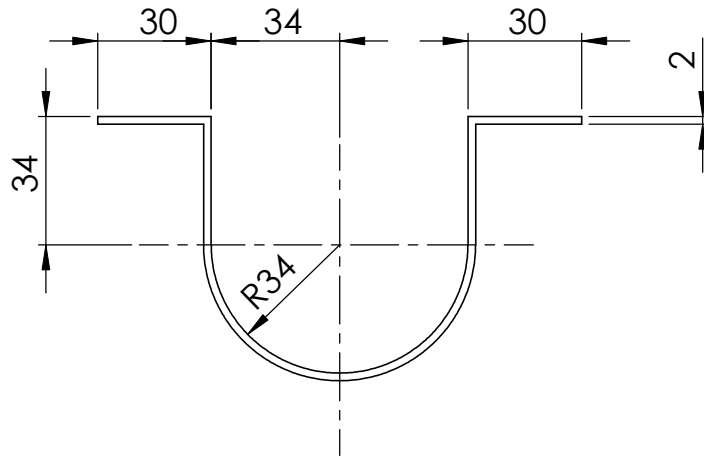
Ref. 1.2.14

Controlador

Material:

Escala
1:2

Plano
38/45



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

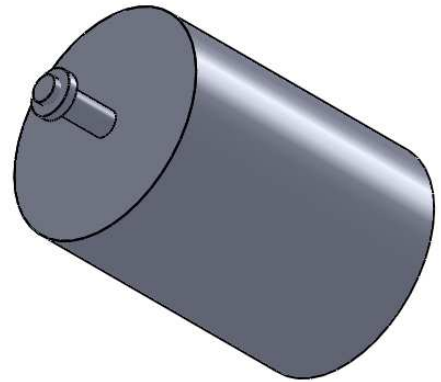
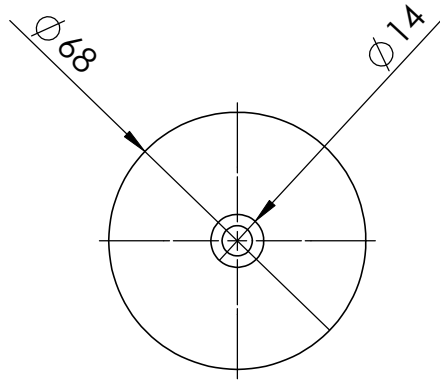
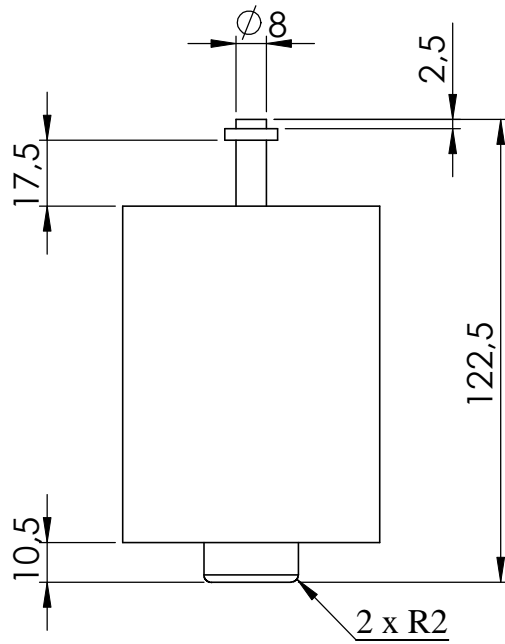
Ref. 1.2.15

Agarre motor
a la base

Material:
Aluminio
SIMAGALTOK
6061 T6

Escala
1:2

Plano
39/45



- Datos:
- Potencia: 150W
 - Tensión: 24V
 - Corriente: 18.4 A
 - Tipo: Motor DC con escobillas

DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad de Almería

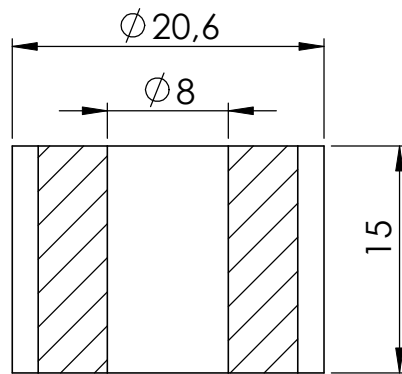
Ref. 1.2.16

Motor 150W 24V

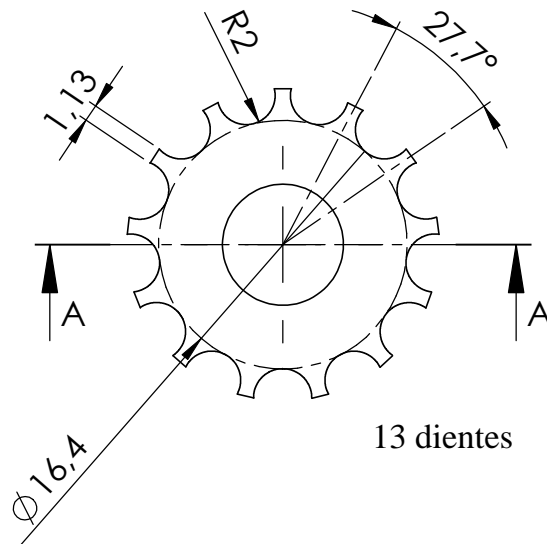
Material:

Escala
1:2

Plano
40/45



SECCIÓN A-A



13 dientes



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

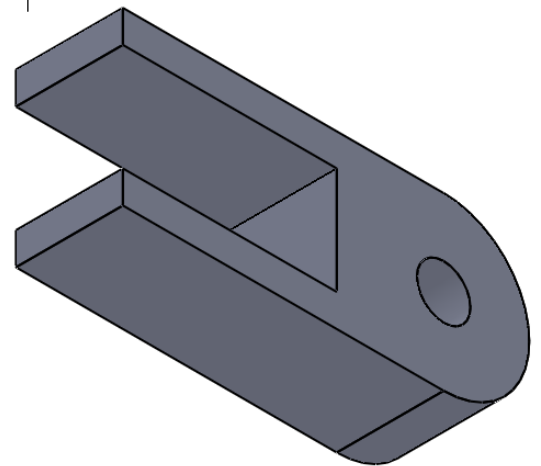
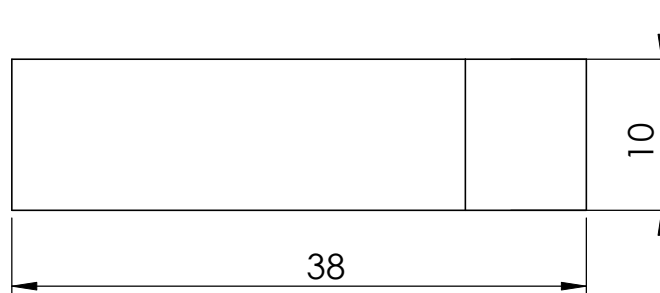
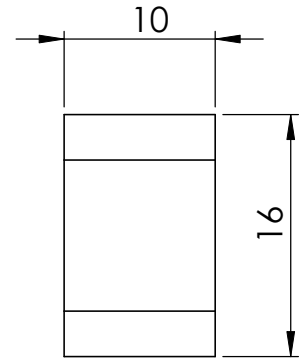
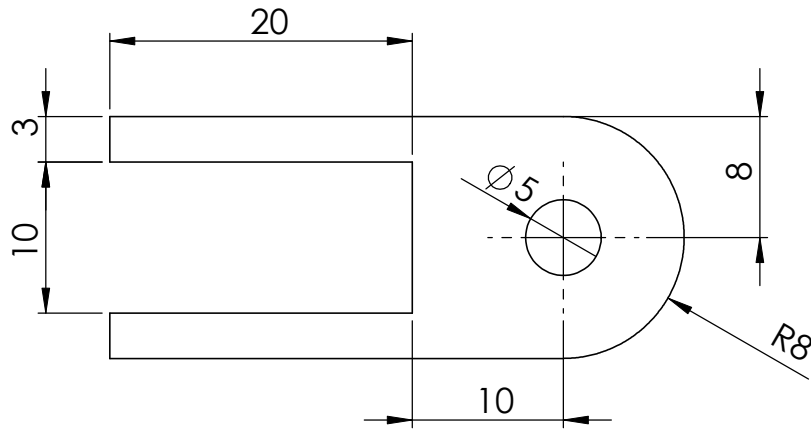
Ref. 1.2.17

Piñón Motor

Material:
Acero
al Carbono

Escala
2:1

Plano
41/45



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

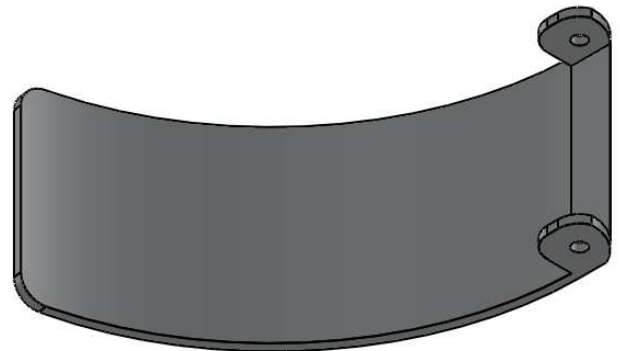
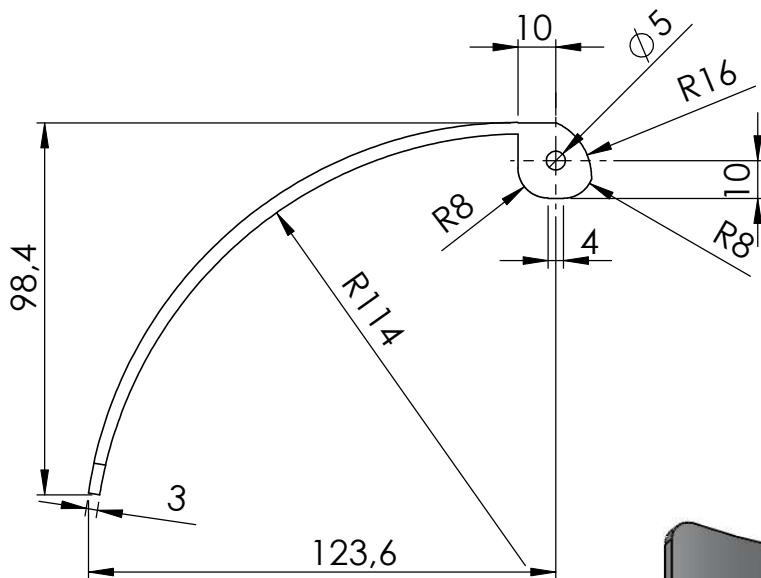
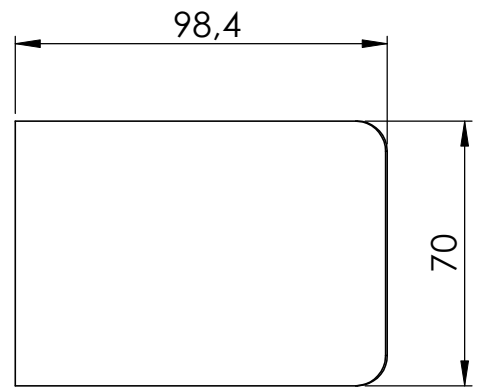
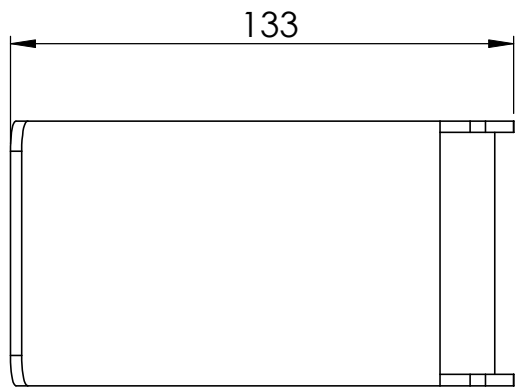
Ref. 1.2.19

Agarre freno
con base

Material:
Aluminio
SIMAGALTOK
7075 T6

Escala
2:1

Plano
42/45



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

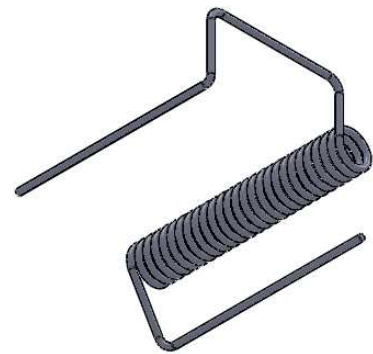
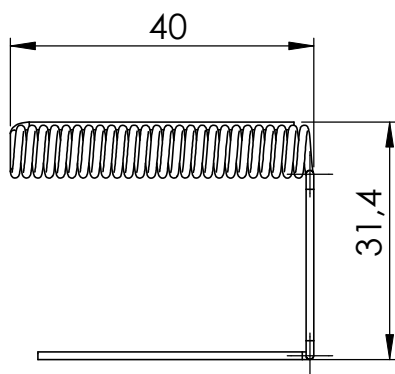
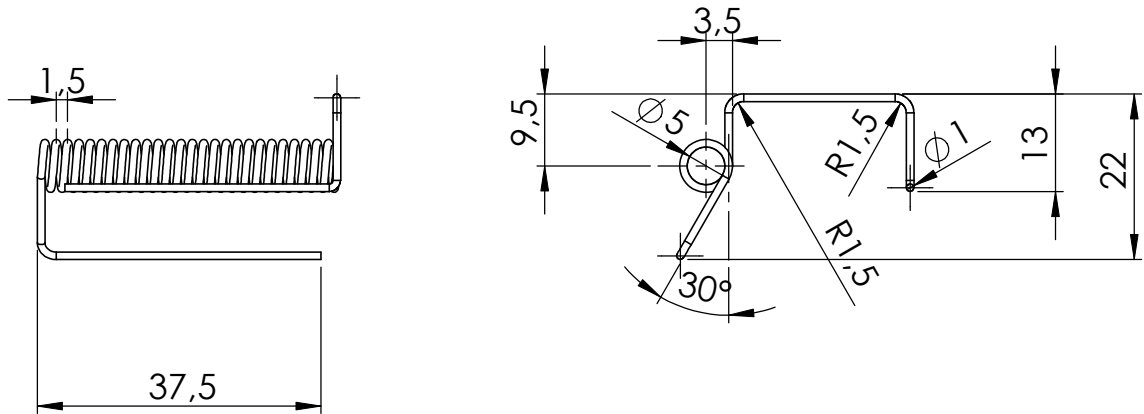
Ref. 1.2.21

Freno

Material:
Aluminio
6060 T6

Escala
1:2

Plano
43/45



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

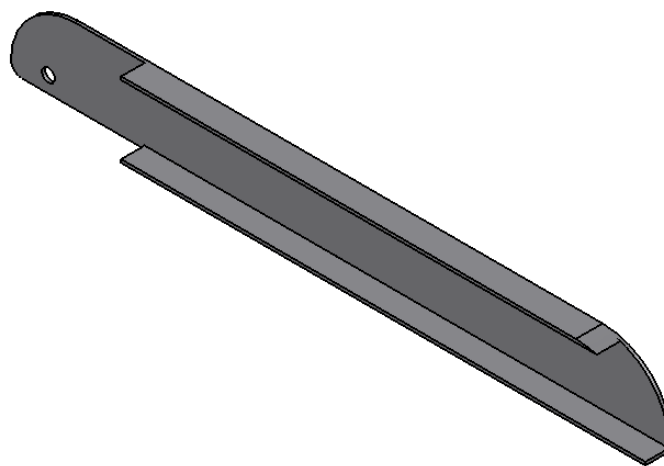
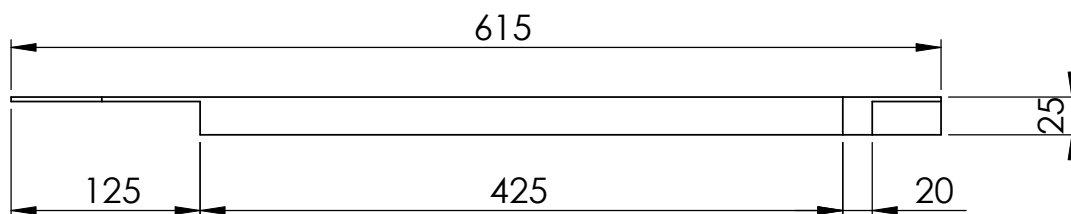
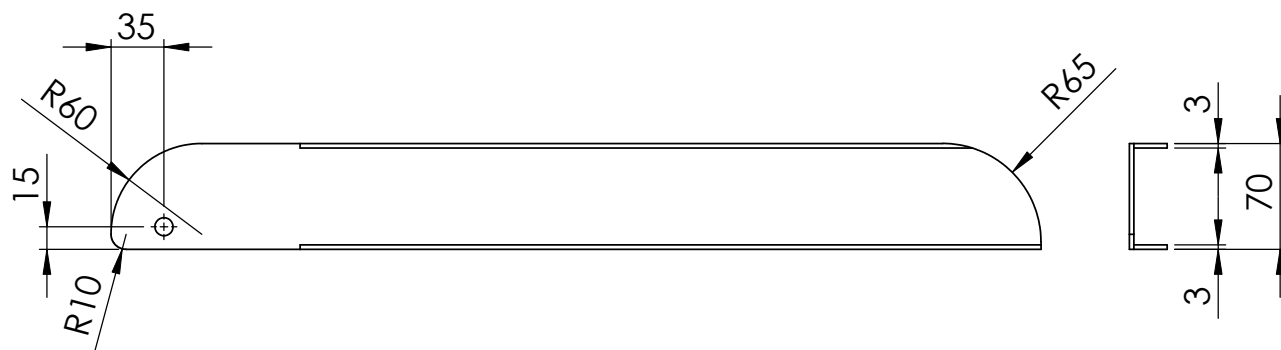
Ref. 1.2.23

Resorte Freno

Material:
Acero
al Carbono

Escala
1:1

Plano
44/45



DISEÑO DE UN PATINETE DE BAJO COSTE

Autor: Rubén Aparicio de las Llanderas

Fecha: 14/09/2011

Unidad: mm.

DIN A4



Universidad
de Almería

Ref. 1.2.24

Perfil en U derecha

Material:

Aluminio
6060-T6

Escala
1:5

Plano
45/45