

## TRABAJO DE FIN DE GRADO

ESTUDIO Y PROPUESTAS DE MEJORA, CON SISTEMAS  
MECÁNICOS, DE LAS MÁQUINAS DESTINADAS AL EJERCICIO  
FÍSICO DE LOS USUARIOS DEL CENTRO DE DÍA DE MAYORES  
LAS NIEVES

**Titulación**

Grado en Ingeniería Mecánica

**Autor**

Eduardo Pérez Rodríguez

**Tutora**

Isabel T. Martín Mateos



**Escuela Superior de Ingeniería Y Tecnología**  
**Sección Industrial**  
**Grado en Ingeniería Mecánica**  
**Trabajo de Fin de Grado**

**Título:**

Estudio y propuestas de mejora, con sistemas mecánicos,  
de las máquinas destinadas al ejercicio físico de los  
usuarios del centro de día de mayores Las Nieves

**Índice General**

**Autor:** Eduardo Pérez Rodríguez

**Tutor Académico:** Isabel T. Martín Mateos

**Fecha:** Marzo 2019



# Índice General

<b>Memoria</b>	
<b>0. Hoja de identificación .....</b>	<b>15</b>
<b>1. Objeto .....</b>	<b>16</b>
<b>2. Alcance .....</b>	<b>16</b>
<b>3. Antecedentes .....</b>	<b>16</b>
<b>4. Análisis de Soluciones .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1 Tipo de usuario y necesidades especiales .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2 Propuesta mecanismos rehabilitación geriátrica .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2.1 Propuesta 1 .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2.2 Propuesta 2 .....</b>	<b>23</b>
<b>4.2.3 Propuesta 3 .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2.4 Propuesta 4 .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2.5 Propuesta 5 .....</b>	<b>25</b>
<b>5. Normas y referencias .....</b>	<b>26</b>
<b>5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas .....</b>	<b>26</b>
<b>5.2 Bibliografía .....</b>	<b>26</b>
<b>5.3 Programas de cálculo .....</b>	<b>27</b>
<b>6. Soluciones adoptadas .....</b>	<b>27</b>
<b>6.1 Mecanismo de Cuatro Barras .....</b>	<b>27</b>
<b>6.1.1 Diseño y elementos que conforman el mecanismo de cuatro barras .....</b>	<b>27</b>
<b>6.1.2 Montaje del mecanismo de cuatro barras .....</b>	<b>33</b>
<b>6.1.3 Presupuesto mecanismo de cuatro barras .....</b>	<b>33</b>
<b>6.1.4 Propuestas de mejora del mecanismo de cuatro barras .....</b>	<b>34</b>
<b>6.2 Cinta de andar .....</b>	<b>35</b>
<b>6.2.1 Antecedentes .....</b>	<b>35</b>
<b>6.2.2 Partes que componen el mecanismo y funcionamiento del mismo .....</b>	<b>38</b>
<b>6.2.3 Diseño y elementos que conforman la cinta de andar .....</b>	<b>39</b>
<b>6.2.4 Montaje cinta de andar .....</b>	<b>50</b>
<b>6.2.5 Presupuesto cinta de andar .....</b>	<b>50</b>
<b>7 Conclusiones .....</b>	<b>51</b>
<b>Anexo I: Mecanismo de Cuatro Barras</b>	
<b>1. Mecanismo para la rehabilitación geriátrica: Mecanismo de cuatro barras .....</b>	<b>61</b>
<b>1.1 Mecanismo de Cuatro Barras .....</b>	<b>61</b>
<b>1.1.1 Partes que componen el mecanismo y uso .....</b>	<b>62</b>

1.1.2	Requerimientos en las dimensiones de los elementos .....	64
1.2	Cálculo .....	66
1.2.1	Posiciones.....	66
1.2.2	Velocidades angulares.....	68
1.2.3	Aceleraciones angulares .....	69
1.3	Resultados .....	71
1.3.1	Posiciones.....	71
1.3.2	Velocidades .....	76
1.3.3	Aceleraciones .....	79
1.4	Comprobación de las velocidades y aceleraciones mediante las ecuaciones de cinemática plana.....	82
1.5	Montaje del mecanismo de cuatro barras .....	88
1.6	Presupuesto mecanismo de cuatro barras .....	91
<b>Anexo II: Cinta de Andar</b>		
1.	Montaje cinta de andar.....	98
1.1	Ensamblaje de los rodillos .....	98
1.2	Ensamblaje de los rodillos con la base o estructura de la cinta .....	99
1.3	Colocación de la tarima y anclaje de la misma.....	102
1.4	Colocación del motor eléctrico en su posición.....	103
1.5	Acople de los embellecedores .....	104
2.	Selección del motor eléctrico de la cinta de andar .....	105
2.1	Velocidad de giro motor eléctrico .....	109
3.	Estudio de tensiones y deformaciones en la cinta de andar .....	114
3.1	Estructura o base de la cinta de andar .....	115
3.1.1	Material, restricciones de desplazamiento y cargas.....	115
3.1.2	Tensiones .....	119
3.1.3	Desplazamientos.....	120
3.2	Tarima.....	122
3.2.1	Material, restricciones de desplazamiento y cargas.....	122
3.2.2	Tensiones .....	125
3.2.3	Desplazamientos.....	126
4.	Presupuesto cinta de andar .....	127
<b>Anexo III: Catálogos de elementos seleccionados</b>		
1.	Catálogo Rodamiento seleccionado “123 Rodamiento” .....	134
2.	Catálogo Rodamientos “SKF” .....	134
3.	Catálogo perfiles de aluminio Alu-Stock .....	135
4.	Catálogo Motor Eléctrico “DKM” .....	137

<b>5. Catálogo Interruptor Basculante “Cetronic” .....</b>	<b>139</b>
<b>Anexo IV: Planos</b>	

## Resumen

Este proyecto se inicia realizando un análisis de las instalaciones que presenta el centro de día Nuestra Señora de las Nieves, teniendo en cuenta tanto los espacios de los que dispone para realizar las labores de rehabilitación así como los mecanismos con los que cuenta actualmente. A continuación, se han estudiado los mecanismos que ofrece hoy en día el mercado y finalmente teniendo en cuenta todos estos aspectos se proponen dos tipos de mecanismos que cumplen satisfactoriamente con las exigencias requeridas.

Por tanto, en este proyecto se proponen dos mecanismos destinados a la rehabilitación geriátrica con el fin de mejorar las instalaciones del centro de día Nuestra Señora de las Nieves. Uno de estos mecanismos estará enfocado en la rehabilitación de las extremidades superiores, **mecanismo de cuatro barras**, y el segundo de ellos se enfocará en la rehabilitación o movilidad de las extremidades inferiores, **cinta de andar**.

Para realizar el dimensionado y diseño de las piezas o elementos que conforman los mecanismos se ha hecho uso del software SolidWorks, el cual también se ha aplicado para obtener los resultados de tensiones y desplazamientos en algunos de estos componentes.

Por otra parte, se ha detallado el proceso de montaje de los dos mecanismos además de establecer una estimación del presupuesto de fabricación de ambos.

En el documento también se incluyen diferentes estudios como son el cálculo de posiciones, velocidades y aceleraciones de un mecanismo de cuatro barras, selección del motor de la cinta de andar y análisis o estudio de las tensiones de algunos componentes del mecanismo para comprobar que soportarán los esfuerzos a los que estarán sometidos.

## Agradecimientos

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento tanto al personal como a los usuarios del Centro de día Nuestra Señora de las Nieves, por su implicación, ayuda y colaboración en todo momento que han hecho posible la realización de este proyecto.

## Abstract

This project begins with an analysis of the facilities of the Nuestra Señora de las Nieves adult day care center, and has studied both the spaces it has available for rehabilitation and the mechanisms it currently has. Next, we have studied the mechanisms offered by the market today and finally propose two types of mechanisms that satisfactorily meet the needs requirements.

Therefore, this project proposes two mechanisms for geriatric rehabilitation in order to improve the facilities of the adult day care center Nuestra Señora de las Nieves. One of these mechanisms will focus on the rehabilitation of the upper limbs, **four-bar mechanism**, and the second of them will focus on the rehabilitation or mobility of the lower limbs, **walking treadmill**.

To make the dimensioning and design of the elements that make up the mechanisms, SolidWorks software has been used, which has also been used to obtain the results of tensions and displacements in some of these components.

On the other hand, the assembly process of the two mechanisms has been detailed, and an estimate of the manufacturing budget has also been made.

The document also includes different studies like the calculation of positions, speeds and accelerations of a four-bar mechanism, selection of the walking treadmill motor and study of the tensions of some components of the mechanism to verify that they will withstand the stresses to those who will be subjected.



**Escuela Superior de Ingeniería Y Tecnología**  
**Sección Industrial**  
**Grado en Ingeniería Mecánica**  
**Trabajo de Fin de Grado**

**Título:**

Estudio y propuestas de mejora, con sistemas mecánicos,  
de las máquinas destinadas al ejercicio físico de los  
usuarios del centro de día de mayores Las Nieves

**Memoria**

**Autor:** Eduardo Pérez Rodríguez

**Tutor Académico:** Isabel T. Martín Mateos

**Fecha:** Marzo 2019



## Índice Memoria

<b>0. Hoja de identificación .....</b>	<b>15</b>
<b>1. Objeto .....</b>	<b>16</b>
<b>2. Alcance .....</b>	<b>16</b>
<b>3. Antecedentes .....</b>	<b>16</b>
<b>4. Análisis de Soluciones .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1 Tipo de usuario y necesidades especiales .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2 Propuesta mecanismos rehabilitación geriátrica .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2.1 Propuesta 1 .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2.2 Propuesta 2 .....</b>	<b>23</b>
<b>4.2.3 Propuesta 3 .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2.4 Propuesta 4 .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2.5 Propuesta 5 .....</b>	<b>25</b>
<b>5. Normas y referencias .....</b>	<b>26</b>
<b>5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas .....</b>	<b>26</b>
<b>5.2 Bibliografía .....</b>	<b>26</b>
<b>5.3 Programas de cálculo .....</b>	<b>27</b>
<b>6. Soluciones adoptadas .....</b>	<b>27</b>
<b>6.1 Mecanismo de Cuatro Barras .....</b>	<b>27</b>
<b>6.1.1 Diseño y elementos que conforman el mecanismo de cuatro barras .....</b>	<b>27</b>
<b>6.1.2 Montaje del mecanismo de cuatro barras .....</b>	<b>33</b>
<b>6.1.3 Presupuesto mecanismo de cuatro barras .....</b>	<b>33</b>
<b>6.1.4 Propuestas de mejora del mecanismo de cuatro barras .....</b>	<b>34</b>
<b>6.2 Cinta de andar .....</b>	<b>35</b>
<b>6.2.1 Antecedentes .....</b>	<b>35</b>
<b>6.2.2 Partes que componen el mecanismo y funcionamiento del mismo .....</b>	<b>38</b>
<b>6.2.3 Diseño y elementos que conforman la cinta de andar .....</b>	<b>39</b>
<b>6.2.4 Montaje cinta de andar .....</b>	<b>50</b>
<b>6.2.5 Presupuesto cinta de andar .....</b>	<b>50</b>
<b>7 Conclusiones .....</b>	<b>51</b>



## 0. Hoja de identificación

**Título del Trabajo de Fin de Grado:** Estudio y propuestas de mejora, con sistemas mecánicos, de las máquinas destinadas al ejercicio físico de los usuarios del centro de día de mayores Las Nieves.

**Autor:**

Nombre: Eduardo Pérez Rodríguez

DNI: 79060999-V

Dirección: Calle el Peñonito N°12 Barranco Hondo, Candelaria.

Correo electrónico: alu0100884821@ull.edu.es

**Universidad:** Universidad de la Laguna

**Titulación:** Grado en Ingeniería Mecánica

**Curso:** 2018/2019

**Tutor Académico:** Isabel T. Martín Mateos

**Fecha:** Marzo 2019

## 1. Objeto

El objeto principal de este proyecto se centra en la mejora de las instalaciones que ofrece el Centro de día Nuestra Señora de las Nieves en cuanto a la rehabilitación geriátrica se refiere. Por tanto, se ha realizado un estudio de los mecanismos que presenta actualmente el centro, así como de los que ofrece el mercado hoy en día. Teniendo en cuenta este estudio y las necesidades que presentan los usuarios del centro se han propuesto los dos siguientes mecanismos: **mecanismo de cuatro barras**, estará enfocado a la rehabilitación de las extremidades superiores y **cinta de andar**, se enfoca en la rehabilitación de las extremidades inferiores.

## 2. Alcance

El alcance de este proyecto abarca tanto el estudio de las instalaciones actuales que presenta el centro de día Nuestra Señora de las Nieves como el cálculo y diseño de cada uno de los mecanismos propuestos. A la hora de diseñar los mecanismos se ha tenido en cuenta que estarán destinados a la rehabilitación geriátrica, por tanto deben estar adaptados y enfocados en las necesidades especiales que los usuarios presentan. Por otra parte, en base a los resultados obtenidos se definen y seleccionan los componentes adecuados para que ambos mecanismos funcionen de forma correcta y eficiente. Por último, se ha descrito el montaje de cada uno de ellos y realizado una estimación del presupuesto.

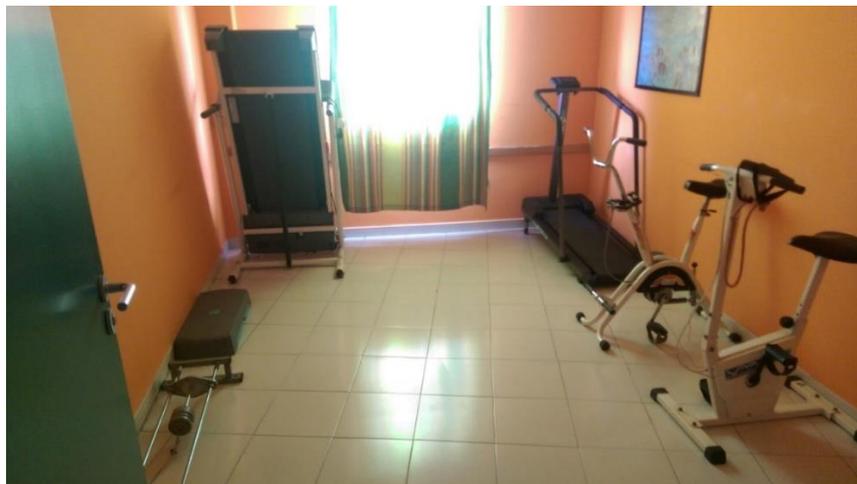
## 3. Antecedentes

El Centro de día para mayores Nuestra Señora de las Nieves, que se encuentra ubicado en Calle Chimbeske Nº 28 San Cristobal de La Laguna, ofrece a sus usuarios, los cuales presentan un grado leve o moderado de deterioro físico y/o cognitivo, una atención especializada mediante acciones preventivas y de rehabilitación. Como se ha indicado anteriormente, el centro solo ofrece sus servicios durante el día, contando con distintas salas como son el comedor, sala de manualidades, área de descanso, sala de ejercicios, oficina, zona destinada a la rehabilitación y masajes del fisioterapeuta además de aseos y otras zonas.

La principal actividad realizada por el fisioterapeuta en este centro se denomina rehabilitación geriátrica. La rehabilitación geriátrica es una forma de intervenir sobre el proceso de discapacidad de un anciano teniendo por objetivo prevenir o revertir el paso del deterioro a discapacidad y de discapacidad a invalidez. Por tanto, se puede decir que la rehabilitación geriátrica lucha directamente contra el deterioro funcional y cognitivo.

Actualmente el centro de día para mayores Nuestra Señora de las Nieves dispone de una pequeña sala de ejercicios donde cuenta con distintas máquinas o mecanismos destinados a la rehabilitación de sus usuarios. Dentro de estas máquinas se encuentran dos cintas de andar o correr, dos bicicletas estáticas, un “step” básico y un pequeño mecanismo de poleas y pesos.

Como se aprecia en la siguiente figura (Fig 1) estos mecanismos están obsoletos y no se encuentran adaptados ni destinados a usuarios con movilidad reducida como las que presentan la mayoría de los usuarios del centro. Por tanto, en las actividades de rehabilitación que imparte actualmente el centro no se hace uso de estos mecanismos sino que se realizan de forma grupal. Es decir, el fisioterapeuta imparte una clase enfocada en la movilidad articular comenzando por las extremidades superiores y finalizando en las inferiores.



**Figura 1: Mecanismos de rehabilitación con los que cuenta el centro actualmente. Fuente propia**

Hoy en día el mercado ofrece una gran variedad de productos o mecanismos enfocados en la rehabilitación geriátrica. Estos productos los podemos dividir en dos

grupos fundamentales: mecanismos de movilidad articular sin cargas y mecanismos de movilidad y fuerza con cargas.

### Mecanismos de movilidad articular sin cargas

Dentro de la movilidad articular sin cargas existen diversos productos como las cintas de correr o andar, bicicletas estáticas, mesa de manos, “pedalier” de piernas o dual (piernas y brazos), etc.

Uno de los productos más utilizado en la rehabilitación geriátrica es la mesa de manos o mesa de Kanavel (Fig 2). Se trata, como su nombre indica, de una mesa diseñada para trabajar la movilidad de las extremidades superiores, aunque los modelos más sofisticados permiten también trabajar las extremidades inferiores. La mesa cuenta con distintos aparatos o elementos que permiten realizar movilidad articular sin o con peso. Los movimientos que se reproducen se asemejan bastante a los realizados en el ámbito doméstico, es decir, rotación de la muñeca, apertura y cierre de las falanges de la mano, rotación del hombro, flexión y extensión de la muñeca, movilidad del codo, etc.



**Figura 2: Mesa de manos o Kanavel. Fuente: <http://www.enraf.es>**

Otro mecanismo utilizado en la rehabilitación geriátrica, como ya se ha indicado, es el “pedalier dual” (Fig 3). Este mecanismo permite al usuario realizar una movilidad tanto de las extremidades superiores como las extremidades inferiores de manera simultánea. La principal característica a destacar del mecanismo y razón por la cual es muy utilizado es que el usuario puede permanecer sentado en una silla o sofá cómodo a la hora de realizar el ejercicio.



Figura 3: Pedalier dual. Fuente: [www.ohmyfit.net](http://www.ohmyfit.net)

### Mecanismos de movilidad y fuerza con cargas

En cuanto a los mecanismos de movilidad y fuerza con cargas el mercado dispone también de una gran variedad. Algunos de ellos son: el banco de cuádriceps, mecanismos de poleas, estación de ejercitación mediante jalón frontal, etc.

Este tipo de mecanismos permiten una rehabilitación más intensa que la rehabilitación mediante mecanismos sin cargas. Por tanto, este tipo de rehabilitación solo se trabaja con aquellas personas que cuentan con una movilidad, resistencia y fuerza adecuada para llevar a cabo este tipo de ejercicios de forma satisfactoria a la par que segura.

El banco de cuádriceps (Fig 4) tiene por objetivo realizar un fortalecimiento del cuádriceps debido a una extensión del mismo. El usuario permanece sentado en silla que acopla el mecanismo y mediante una extensión de la pierna eleva la barra que presentará una cierta resistencia a ese movimiento dependiendo de las cargas que se utilicen.



Figura 4: Banco de cuádriceps. Fuente: fisiobasic.com

## 4. Análisis de Soluciones

Durante las visitas al Centro día para mayores Nuestra Señora de Las Nieves se ha observado que actualmente no se efectúa o realiza un uso asiduo de los mecanismos que dispone el centro para la rehabilitación geriátrica ya que en su mayoría, estos mecanismos, no se encuentran adaptados a las necesidades que requieren los usuarios. Por otra parte, como ya se ha indicado, el mercado ofrece una extensa variedad de productos destinados a la rehabilitación geriátrica. A continuación, se mencionan varios aspectos que se han tenido en cuenta a la hora de proponer y diseñar los mecanismos finales:

- Debe tratarse de mecanismos sencillos de utilizar.
- Deben realizar una buena rehabilitación tanto de las extremidades inferiores como superiores, ya que involucran la mayoría de articulaciones.
- Dimensiones reducidas para poder ser desplazados y guardados con facilidad.
- Diseño que les aporte una buena resistencia.
- Los usuarios deben hacer un uso de los mecanismos permaneciendo en una posición cómoda.

Previamente a la propuesta final de los mecanismos se han realizado varias reuniones con el fisioterapeuta que actualmente imparte la rehabilitación geriátrica en el centro. En estas reuniones el fisioterapeuta comenta que sería interesante que los ejercicios de rehabilitación se pudieran realizar sentados de forma cómoda, ya que los

usuarios presentan una edad avanzada y como consecuencia de ello, una movilidad y resistencia bastante reducida.

Por otra parte, menciona que actualmente dentro de la profesión (fisioterapeuta), a la hora de realizar ejercicios de rehabilitación geriátrica se están eliminando todos aquellos que precisen el uso de cargas. Esto se debe a que es necesaria una continua supervisión para realizar una técnica correcta y en el caso de los centros de día, como es Nuestra Señora de las Nieves, es imposible centrarse en solamente un usuario. Si no se lleva a cabo una técnica correcta, al usar carga, el riesgo de lesión es muy elevado en personas que presentan estas necesidades especiales. Por tanto, la rehabilitación geriátrica se centra únicamente en la movilidad articular, sin el uso de una carga adicional.

En cuanto a la rehabilitación, cuanto mayor número de articulaciones se trabaje con un determinado ejercicio mejor. Aunque es un requisito indispensable que el ejercicio sea sencillo de realizar. Además es interesante involucrar aquellas articulaciones que nos ayuden en el día a día como son las extremidades inferiores (tobillo, rodilla, cadera) que permiten al usuario tener dependencia a la hora de caminar y por tanto desplazarse. Y también las extremidades superiores ya que con los brazos y las manos se llevan a cabo la mayoría de las labores domésticas.

En el siguiente apartado se detalla el tipo de usuario con el que cuenta el centro de día Nuestra Señora de las Nieves y las necesidades especiales que presentan los mismos:

#### 4.1 Tipo de usuario y necesidades especiales

En este apartado se comentará el perfil de usuario que hará uso de las instalaciones del centro, es decir, sus características físicas y necesidades especiales.

El Centro de día para mayores Nuestra Señora de las Nieves cuenta con 35 plazas, sin embargo, actualmente se encuentran inscritos 32 usuarios. Para optar a una de las plazas como requisitos se impone ser mayor de 60 años y presentar un grado de dependencia moderado y/o carencias de carácter socio familiar. Por tanto, como estimación, la media de edad de los usuarios de este centro de día se encuentra dentro del intervalo entre 75-80 años.

Dentro de las características físicas situaremos la media del peso en torno a 80 kilogramos. Al tratarse de personas de edad avanzada, suelen presentar un deterioro considerable tanto en huesos como en articulaciones, siendo las más comunes artrosis de rodilla, artrosis de cadera, osteoporosis y fragilidad. Además, generalmente tienen diagnosticadas enfermedades cardíacas, diabetes, enfermedades coronarias, etc. La mayoría de los usuarios muestran dolor al realizar actividad física, incapacidad variable para caminar y permanecer de pie, rigidez, etc.

Como consecuencia de estas afecciones los usuarios presentan una escasez de agilidad que les suele provocar caídas en el ámbito doméstico produciendo lesiones en muñecas, hombros, tobillos, codos, etc.

Actualmente, en el Centro de día para mayores Nuestra Señora de las Nieves, los usuarios realizan ejercicio físico tres veces por semana (Lunes, Miércoles y Viernes) mediante una clase impartida por un fisioterapeuta. Dentro de este ejercicio físico no se encuentra un trabajo con cargas, simplemente un trabajo de movilidad articular.

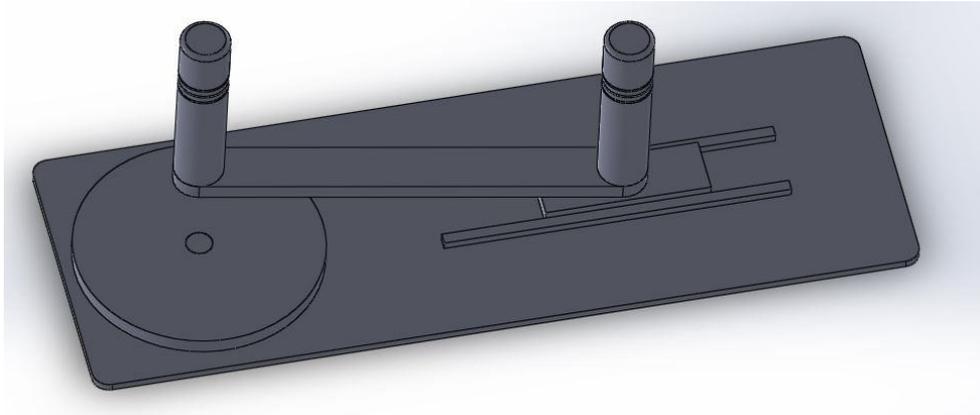
## 4.2 Propuesta mecanismos rehabilitación geriátrica

Teniendo en cuenta los mecanismos de los que dispone hoy en día el mercado, las necesidades especiales que precisan los usuarios del centro de día y las pautas y referencias propuestas por el fisioterapeuta, se han propuesto varios tipos de mecanismos para la realización de ejercicio o rehabilitación.

### 4.2.1 Propuesta 1

La primera propuesta se trata de un mecanismo o conjunto biela manivela (Fig 5). Este mecanismo permitirá la rehabilitación de una de las extremidades superiores de dos usuarios simultáneamente. Se realiza un movimiento circular de entrada en la manivela originando de esta forma un movimiento de salida y arrastre en el extremo opuesto de la biela. La principal ventaja de este mecanismo es que cuenta, como ya se ha indicado anteriormente, la posibilidad de realizar el ejercicio de forma simultánea. En cambio, también presenta inconvenientes dentro de los cuales destacamos los siguientes:

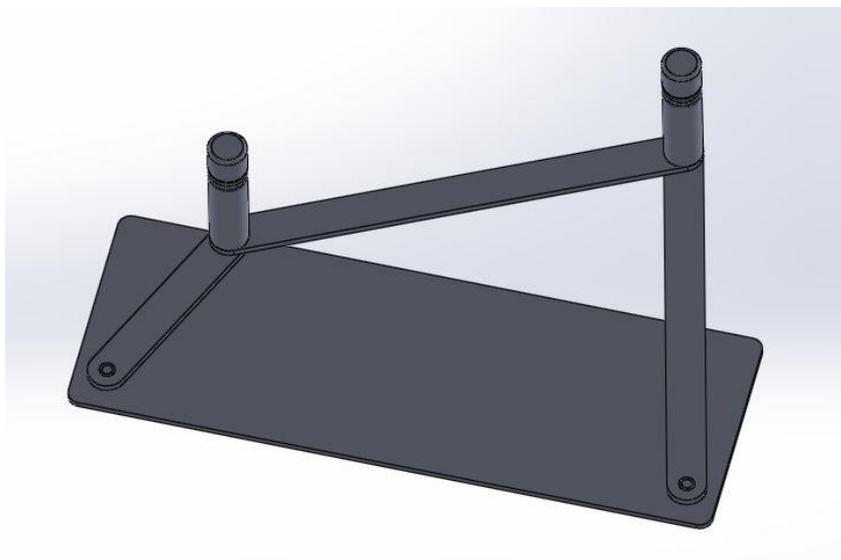
- Recorrido de arrastre muy corto
- Poca involucración de la articulación del hombro al realizar el ejercicio



**Figura 5: Propuesta 1. Fuente propia**

#### 4.2.2 Propuesta 2

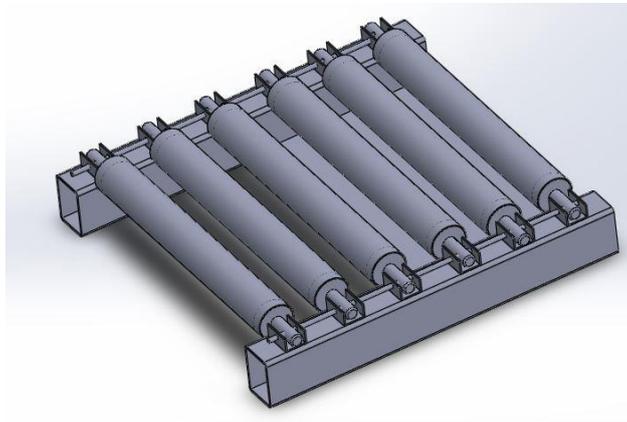
Esta segunda propuesta es un poco más compleja y se trata de un mecanismo de cuatro barras (Fig 6). Al igual que en el mecanismo anterior se cuenta con una manivela donde se produce o efectúa un movimiento circular de entrada, este movimiento arrastra al balancín por medio de la biela. En el extremo del balancín se produce un movimiento de salida que puede ser aprovechado también por otro usuario, por tanto, el mecanismo cuenta con la misma ventaja que la propuesta 1, el uso simultáneo del mismo para la realización del ejercicio. Otra ventaja que presenta es que en este caso el movimiento de salida es de mayor recorrido y circular, realizando así una rehabilitación más efectiva del hombro y del codo.



**Figura 6: Propuesta 2. Fuente propia**

### 4.2.3 Propuesta 3

El mecanismo que se propone a continuación basa su funcionamiento en las cintas transportadoras de rodillos y se encuentra enfocado en la rehabilitación de las extremidades inferiores ya que involucra en el movimiento la cadera, rodilla y tobillo. Para hacer uso del mecanismo, el usuario permanecerá sentado de forma cómoda en un sofá o silla y colocará dicho mecanismo en el suelo justo delante de él o ella. A continuación, se colocan las piernas sobre los rodillos y se realizará el movimiento o la acción de andar. Los rodillos permiten que los pies se desplacen sobre ellos simulando esta sensación de andar y por tanto, realizando una rehabilitación efectiva de las extremidades inferiores.



**Figura 7: Propuesta 3. Fuente propia**

### 4.2.4 Propuesta 4

Otro mecanismo propuesto para realizar el ejercicio o rehabilitación de las extremidades inferiores es la cinta de andar. En este caso, al igual que en la propuesta anterior, el mecanismo se colocará en el suelo justo delante del usuario, el cual permanecerá sentado en un sofá o silla cómoda. La diferencia respecto al mecanismo anterior es que el usuario simplemente tendrá que realizar la acción de andar al colocar las piernas sobre la cinta y estas serán arrastradas mediante una banda que se acciona a través de un motor eléctrico. Por tanto, este mecanismo obliga al usuario a desplazar las piernas a una velocidad determinada, velocidad de desplazamiento de la banda, y al contrario de la propuesta anterior no es el usuario el que genera el movimiento de los rodillos. Esto permite tener un mayor control del ejercicio y por tanto de la rehabilitación.

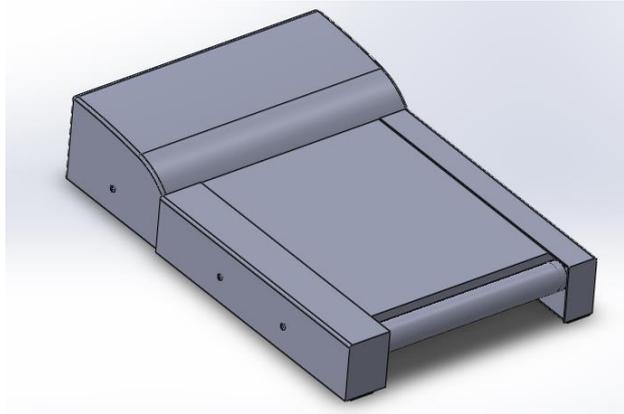


Figura 8: Propuesta 4. Fuente propia

#### 4.2.5 Propuesta 5

Se barajó la posibilidad de diseñar algún mecanismo que a través de poleas y cargas (discos) realizara una rehabilitación de tanto las extremidades superiores como inferiores del usuarios. Es decir, variar el diseño de productos que se ofrecen hoy en día en el mercado para combinar ambos y poder con el mismo mecanismo realizar ejercicio tanto de las piernas como de los brazos de manera simultánea. Esta propuesta fue descartada debido a las reuniones que se llevaron a cabo con el fisioterapeuta del centro ya que como se ha indicado en apartados anteriores, actualmente la rehabilitación geriátrica está tratando de eliminar todo tipo de ejercicio con cargas.

Por tanto, teniendo en cuenta las ventajas e inconvenientes mencionados anteriormente en cada una de las propuestas iniciales así como las necesidades que presentan los usuarios del centro Nuestra Señora de las Nieves, se ha decidido calcular y diseñar el **mecanismo de cuatro barras o propuesta 2** y la **cinta de andar o propuesta 4**, garantizando así la rehabilitación de tanto las extremidades superiores como las inferiores.

## 5. Normas y referencias

### 5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

- Norma española UNE 157001. Criterios generales para la elaboración de proyectos.
- Norma española UNE 1-039-94. Dibujos técnicos. Acotación.

### 5.2 Bibliografía

Se emplearon los siguientes libros sobre cálculo y diseño de máquinas:

- ANTONIO SIMÓN MATA. (2004). *Fundamentos de Teorías de Máquinas, 2ª Edición*. Ed: Bellisco.
- ROBERT L. MOTT. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas, 4ª Edición*. Ed: Pearson.
- FERDINAND P. BEER; E. RUSSELL JOHNSTON, JR; WILLIAM E. CLAUSEN. (2013). *Mecánica Vectorial para ingenieros, 9ª Edición*. Ed: McGraw-Hill.

También se hizo uso de los siguientes artículos o estudios:

[1] Neider Nadid Romero Nuñez, Análisis de posición de un mecanismo de cuatro barras utilizando coordenadas naturales, 2016.

[2] P. de Leva, Adjustements to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters, Journal of Biomechanics, 1996.

[3] González, A, Efectos de las aceleraciones positivas en el organism humano, Medicina aerospacial y ambiental, 2002.

[4] Asignatura Mecánica de máquinas impartida en el grado en ingeniería mecánica de la ULL.

[5] J. Michael McCarthy, Four-bar Linkage Analysis, 2009.

### 5.3 Programas de cálculo

Se ha hecho uso de los siguientes programas informáticos durante el desarrollo del proyecto:

- Microsoft Excel 2013. Cálculo de las posiciones, velocidades y aceleraciones que sufre el mecanismo de cuatro barras durante su uso. También se ha utilizado para la elaboración de las tablas y gráficas que aparecen en este proyecto.
- SolidWorks 2012 (Versión Educativa), para el diseño de las piezas que componen ambos mecanismos y el ensamble de los mismos.
- Programas CAD/CAE. Elaboración de los planos.

## 6. Soluciones adoptadas

Teniendo en cuenta las necesidades de los usuarios que se han indicado anteriormente, los mecanismos calculados y diseñados serán los siguientes:

- Mecanismo de cuatro barras
- Cinta de andar

### 6.1 Mecanismo de Cuatro Barras

Como ya se ha indicado y debido a las ventajas que presenta, el diseño del mecanismo para llevar a cabo la rehabilitación geriátrica de las extremidades superiores es el mecanismo de cuatro barras o propuesta 2.

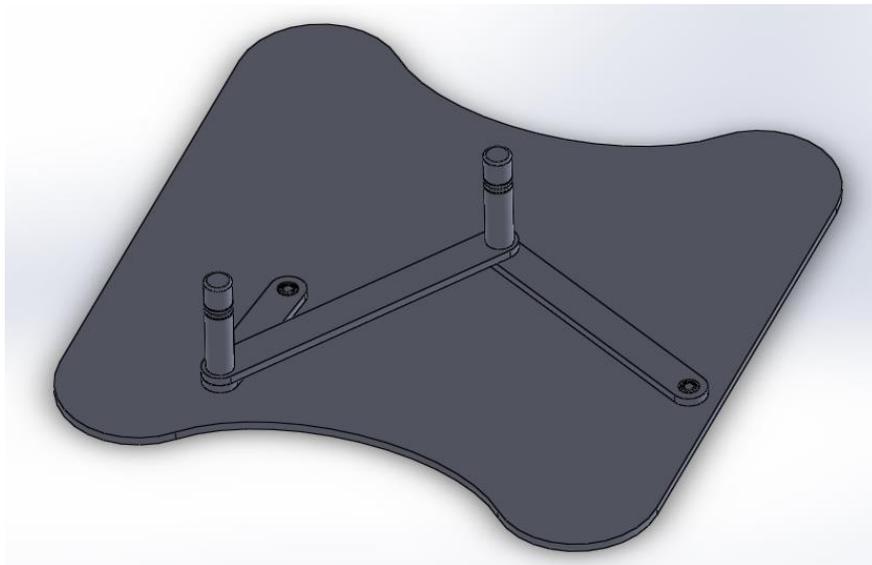
A continuación, se detallará el diseño que se ha realizado en base a los cálculos obtenidos en el Anexo I: Mecanismo de Cuatro Barras así como los elementos y materiales que lo conforman, su montaje y por último el presupuesto de fabricación del mismo.

#### 6.1.1 Diseño y elementos que conforman el mecanismo de cuatro barras

El mecanismo de cuatro barras cumple con uno de los requisitos más importantes a la hora de proponer mecanismos para realizar ejercicios de rehabilitación

geriátrica, este requisito es la sencillez en la realización del ejercicio. Como se ha indicado en la propuesta, simplemente se trata de aplicar un movimiento de rotación en la barra de entrada o manivela y a través del balancín se generará un movimiento de salida que es aprovechado por otro usuario mediante un agarre. La descripción del movimiento se especificará de manera más detallada en el anexo I: Mecanismo de Cuatro Barras.

En la siguiente figura (Fig 9) podemos apreciar el diseño final realizado del mecanismo de cuatro barras.



**Figura 9: Diseño final Mecanismo de cuatro barras. Fuente propia**

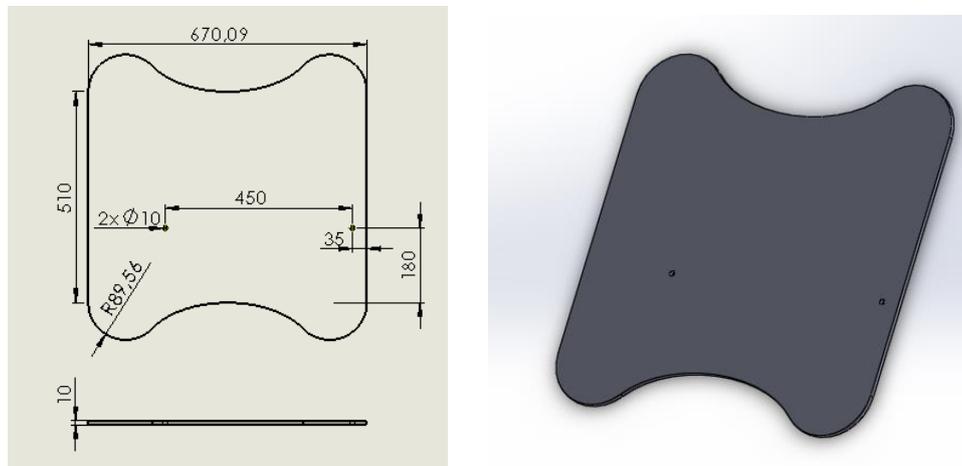
Las partes que componen el mecanismo son las siguientes:

1. Base.
2. Manivela, biela y balancín.
3. Agarre y pernos de unión.
4. Uniones móviles.
5. Almohadillas autoadhesivas antideslizantes.

A continuación, se detallará cada una de estas partes o elementos que conforman el mecanismo de cuatro barras diseñado.

## 1. Base

Como su nombre indica se trata de la base del mecanismo y por tanto, donde apoyan o descansan el resto de componentes del mismo. El material seleccionado para esta base es madera contrachapada recubierta con melamina debido a sus propiedades de bajo peso, gran resistencia y que cuenta con una superficie exterior poco rugosa que permite que el resto de elementos móviles se desplacen sobre ella con el mínimo rozamiento posible. Las dimensiones de esta base son las que se detallan en la siguiente figura (Fig 10). Además cuenta con dos orificios donde se insertarán los pernos de unión que impiden el movimiento de traslación de la manivela y el balancín.



**Figura 10: Dimensiones base (Izquierda) y modelo 3D base (Derecha). Fuente propia**

Se ha realizado este diseño de la base debido a la utilización que va a tener el mecanismo y las necesidades que presentan los usuarios del mismo. Actualmente, los usuarios del centro del centro de día cuentan cada uno con un sofá individual en el que descansan y realizan la mayoría de actividades del día. Se plantea esta base del mecanismo para que se pueda utilizar cómodamente enfrentando dos sillones y colocándolo la base sobre los reposabrazos de ambos sofás.

## 2. Manivela, Biela y Balancín

Estos tres elementos se encuentran interconectados y son los encargados de transmitir el movimiento desde uno de los agarres al otro. Se fabricarán del mismo

material que la base, es decir, madera contrachapada recubierta con melamina. Tanto la manivela como el balancín durante todo el recorrido se deslizarán sobre la base, por este motivo, se ha escogido la madera contrachapada ya que como hemos comentado cuenta con una superficie exterior que asegura un buen deslizamiento. Las dimensiones de cada una de ellas se especifican en la siguiente tabla (Tabla 1):

Longitudes [mm]			
	Largo	Ancho	Espesor
Manivela	150	40	10
Biela	350	40	10
Balancín	300	40	10

Tabla 1: Dimensiones manivela, biela y balancín. Fuente propia

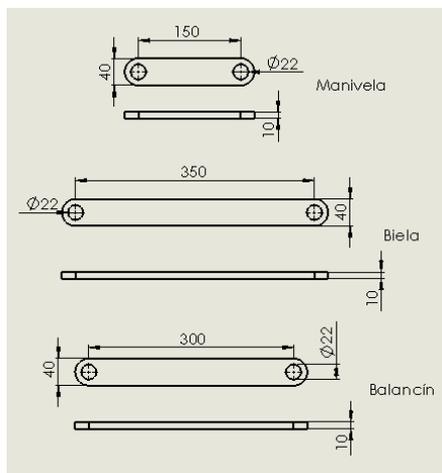
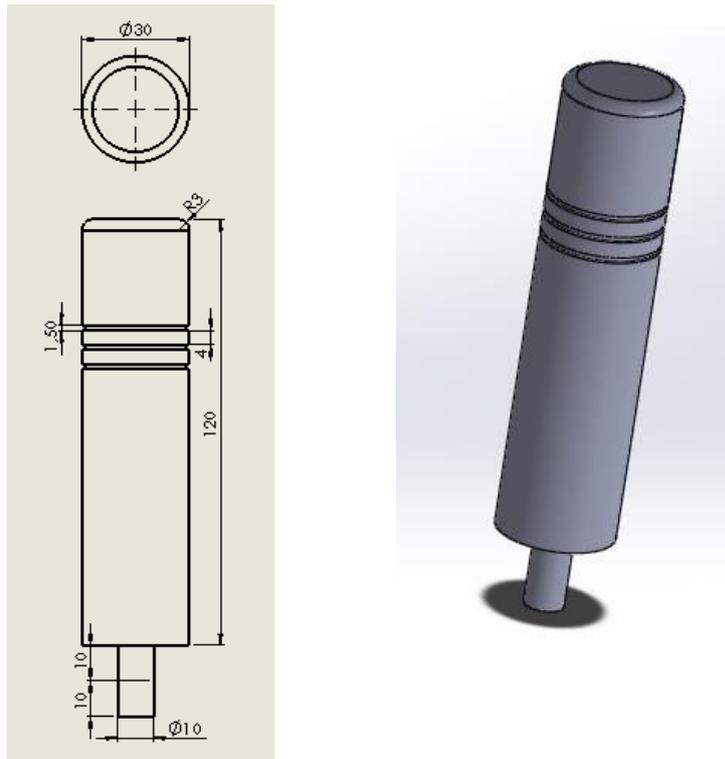


Figura 11: Dimensiones manivela, biela y balancín (Izquierda) y modelo 3D manivela, biela y balancín (Derecha). Fuente propia

### 3. Agarre y pernos de unión

Como podemos observar en la figura 9 se han incorporado en el mecanismo dos agarres, uno en la unión de la manivela y la biela y el otro en la unión de la biela y el balancín. Estos agarres serán los elementos de contacto con la mano del usuario y permitirán el movimiento de la extremidad superior, efectuando de esta manera la rehabilitación. El material del que estarán compuestos es madera de pino y sus dimensiones serán las que se especifican en la figura 12. Como podemos apreciar en esta figura también, se han grabado una serie de líneas en la parte superior del agarre que permiten una mayor fricción con la mano del usuario y dificultan el deslizamiento de la misma de forma axial.

Por otra parte, se ha colocado un elemento de anclaje denominado perno de unión cuya función es impedir el movimiento de la manivela y del balancín anclándolos por uno de sus extremos a la base. La colocación de estos pernos se detallará posteriormente en el apartado de montaje del mecanismo. Su diseño es muy sencillo, simplemente se trata de un cilindro de madera de pino con un diámetro de 1 cm y una longitud de 2 cm.



**Figura 12: Dimensiones agarre (Izquierda) y modelo 3D agarre (Derecha). Fuente propia**

#### 4. Uniones móviles

En el mecanismo de cuatro barras contamos con varias uniones móviles que permiten el giro o rotación de un elemento respecto de otro. Para todas y cada una de estas uniones móviles se hará uso de un rodamiento de bolas que irá anclado a presión tanto en el elemento exterior como el interior del mismo. Se ha seleccionado el mismo rodamiento de bolas para todas las uniones, en concreto se trata de un rodamiento rígido de una hilera de bolas tapado de la marca 123 Rodamiento cuyo código de producto es 61900-2RS. Las dimensiones de este rodamiento se especifican en la siguiente figura (Fig 13):

### DATOS TÉCNICOS

> Categoría: <b>Rodamientos de bolas</b>	> Calidad: <b>Gama alta</b>	> Marca: <b>Genérico</b>
> Diámetro interior: <b>10 mm</b>	> Diámetro exterior: <b>22 mm</b>	> Espesor: <b>6 mm</b>
> Peso: <b>0.009 kg</b>	> N EAN13: <b>3663952000657</b>	

### DESCRIPCIÓN

Rodamientos de bolas 61900-2RS Genérico, Diámetro interior 10 mm, Diámetro exterior 22 mm, Espesor 6 mm, Peso 0.009 kg

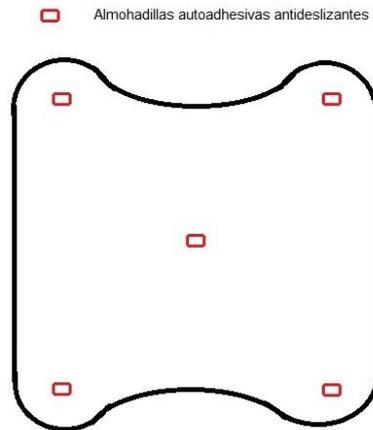


Figura 13: Dimensiones (superior) y modelo 3D (inferior) rodamiento rígido de bolas 123 Rodamiento código 61900-2RS. Fuente: [www.123rodamiento.es](http://www.123rodamiento.es)

#### 5. Almohadillas autoadhesivas antideslizantes

Puesto que el mecanismo también puede utilizarse colocado sobre una mesa, en lugar de sobre los reposabrazos de dos sofás enfrentados, para impedir que todo el conjunto se deslice cuando se realiza el ejercicio de rehabilitación se ha decidido colocar bajo la base un conjunto de almohadillas autoadhesivas antideslizantes, cuyas dimensiones son 35x35 mm. En concreto se hará uso de cinco almohadillas que irán colocadas aproximadamente en las posiciones que se detallan en la siguiente figura (Fig 14).





**Figura 14: Almohadillas autoadhesivas antideslizantes (superior). Fuente: [www.amazon.es](http://www.amazon.es) y colocación de las almohadillas (inferior). Fuente propia**

### 6.1.2 Montaje del mecanismo de cuatro barras

Una vez se han indicado y analizado todos y cada uno de los elementos que conforman el mecanismo de cuatro barras se procede con la descripción del montaje del mismo, el cual consta de 4 pasos o fases:

1. Colocación de los pernos de unión.
2. Incrustación de los rodamientos en cada una de las barras.
3. Anclaje de los agarres
4. Unión del conjunto barras-agarres a la base.

La descripción de este montaje se detalla en el Anexo I: Mecanismo de cuatro barras, concretamente en el apartado: Montaje del mecanismo de cuatro barras.

### 6.1.3 Presupuesto mecanismo de cuatro barras

Este apartado, en el que se detalla una estimación del presupuesto final de ejecución del mecanismo de cuatro barras, teniendo en cuenta tanto los materiales que lo conforman como la mano de obra necesaria para poder fabricar cada una de las piezas se realiza en el Anexo I: Mecanismo de cuatro barras, concretamente en el apartado: Presupuesto mecanismo de cuatro barras.

La estimación del presupuesto final para realizar la fabricación del mecanismo de cuatro barras asciende a **cincuenta y ocho euros con setenta y siete céntimos [58,77 €]**

#### 6.1.4 Propuestas de mejora del mecanismo de cuatro barras

A continuación, se añaden varias propuestas de mejora o modificaciones del mecanismo de cuatro barras que se ha diseñado anteriormente. Estas propuestas tienen como finalidad mejorar el mecanismo que se ha diseñado, pero no se han llevado a cabo o ejecutado por diferentes razones como puede ser incremento del presupuesto, aumento del peso, etc. Aun así, quedan reflejadas en este apartado ya que se han tenido en cuenta y se podrían efectuar.

##### Añadir un contador de vueltas

Una de las propuestas de mejora que añade para este mecanismo es la colocación de un contador de vueltas. Este contador puede ser digital y se colocará de tal forma que cuente las vueltas o revoluciones que realiza la manivela del mecanismo al aplicar el movimiento. De esta forma, el fisioterapeuta puede realizar una evaluación o control más preciso del ejercicio que se está realizando sin necesidad de permanecer presente todo el tiempo de trabajo.

##### Añadir un motor eléctrico

Esta modificación se trata de un rediseño del mecanismo de cuatro barras. En este caso, el movimiento de la manivela es proporcionado o producido por un motor eléctrico, el cual, arrastra los dos agarres. Por tanto, en este caso ninguno de los usuarios sería el que genera el movimiento sino que ambos permanecerían pasivos. Esta mejora permite aplicar en la manivela una velocidad de movimiento constante, así como, reducir el esfuerzo de los usuarios pero manteniendo la efectividad de la rehabilitación ya que se realiza la misma movilidad articular.

##### Impresión en 3D de las piezas que componen el mecanismo

Se ha valorado la opción de fabricar las piezas del mecanismo, excepto los rodamientos, mediante la impresión en 3D. Finalmente no se ha optado por esta opción

ya que las piezas son bastante sencillas y el presupuesto de fabricación es menor con los materiales que se han seleccionado. Sin embargo, esta es otra opción en cuanto a materiales para la fabricación del mecanismo se refiere.

## 6.2 Cinta de andar

El segundo mecanismo calculado y diseñado, como ya se ha indicado anteriormente en las propuestas seleccionadas, se trata de una cinta de andar. A la hora de diseñar este mecanismo se han tenido en cuenta los siguientes requisitos:

- Materiales resistentes pero ligeros
- Facilidad de realización del ejercicio
- Realizar el ejercicio de forma cómoda, por tanto se ha optado por una cinta de andar que permita la ejecución del ejercicio desde una posición del usuario sentado.

El primer mecanismo (Mecanismo de cuatro barras) estaba enfocado a la rehabilitación de las extremidades superiores, en cambio, este segundo mecanismo, como es la cinta de andar, estará enfocado a la rehabilitación de las extremidades inferiores, donde se involucra tanto la cadera, rodilla como el tobillo.

Una cinta de andar es una máquina destinada al entrenamiento físico o movilidad articular de las extremidades inferiores que es accionada por un motor eléctrico, y permite realizar este ejercicio físico (andar) sin moverse del sitio.

### 6.2.1 Antecedentes

Claude Lauraine Hagen fue la primera persona en patentar una máquina bajo el epígrafe de training machine (máquina de entreno). Esta patente se realizó el 17 de Julio de 1913 y se trataba de un dispositivo que permitía al usuario ejercitarse mientras propulsaba una banda que se encontraba bajo sus pies. Además, se podía variar la inclinación de esta banda e incluso plegarla. La cinta contaba con una superficie donde se encontraban colocados una serie de rodillos que hacían girar un tapiz de tela reforzada.

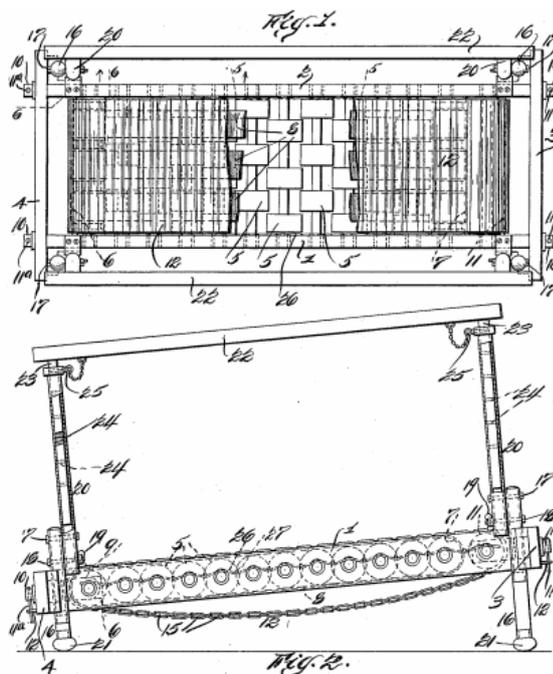


Figura 15: Dibujos de la patente de Claude Lauraine Hagen.

Fuente: <http://www.freepatentsonline.com>

En 1952 se creó la primera cinta de correr con fines terapéuticos. Este invento se le atribuye al Doctor Robert Arthur Bruce, de la universidad de Washington, un prestigioso cardiólogo que hizo uso de esta máquina en sus ensayos para poder monitorizar y diagnosticar determinadas afecciones cardiacas y enfermedades pulmonares.

Más tarde, en los años 60 sería William Staub, un ingeniero mecánico americano, quien junto a su hijo desarrolló la primera máquina o cinta de correr motorizada de uso doméstico. Dicha cinta fue bautizada con el nombre de PaceMaster 600 y se comercializó en EE.UU a finales de los 60.



Figura 16: William Staub junto a su hijo y la PaceMaster 600.

Fuente: [www.propelfitness.in](http://www.propelfitness.in)

A medida que han pasado los años se han ido evolucionando cada vez más las cintas de correr dándole al usuario una sensación más aproximada de lo que es una carrera normal sobre suelo firme. Además otra particularidad que han incorporado, es la posibilidad de variar el ángulo del banco, es decir, realizando una elevación de la parte frontal del banco y simulando el ascenso a una cuesta del corredor. Esta elevación aplica una mayor intensidad al trabajo o ejercicio que realiza en usuario.

### Tipos de cintas de andar o correr

Hoy en día, existen dos tipos de cintas de correr: cintas con motor o eléctricas y cintas sin motor o manuales.

En las cintas de correr eléctricas, como su nombre indica, un motor eléctrico es el encargado de transmitir el movimiento a la banda. Los motores pueden ser de corriente continua, este se usa en cintas sometidas a un uso intensivo, por ejemplo en gimnasios o instalaciones deportivas y también existe el uso de motores de corriente alterna, aplicados más en cintas orientadas al uso doméstico.

El otro tipo de cintas no cuentan con un motor eléctrico y normalmente son más económicas. Estas basan su funcionamiento en el giro de una rueda de inercia propulsada por la propia zancada del usuario. Por tanto, en este tipo de cintas la velocidad de carrera la marca el propio corredor.

## 6.2.2 Partes que componen el mecanismo y funcionamiento del mismo

Una cinta de andar está formada por más o menos elementos dependiendo de la gama a la que pertenezca. Existen cintas de andar muy sofisticadas que cuentan con monitores e indicadores que nos permiten conocer el tiempo de ejercicio, la distancia recorrida, calorías consumidas, ritmo cardiaco, etc. Por otra parte, también se comercializan cintas más sencillas cuyo precio de mercado es inferior. Todas y cada una de estas cintas cuentan con una serie de componentes exactamente iguales y que conforman las partes fundamentales de una cinta de correr.

Las partes fundamentales de una cinta de correr eléctrica son:

- Tapiz o banda
- Rodillo de transmisión delantero y trasero
- Tarima
- Motor eléctrico
- Bastidores de soporte

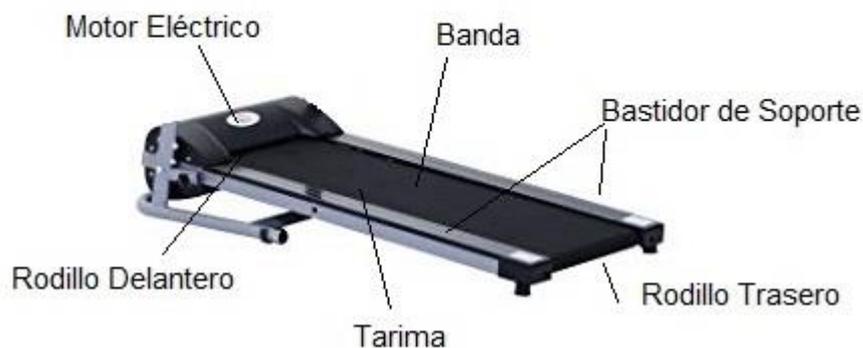


Figura 17: Partes de una cinta de andar o correr

Fuente: [www.amazon.es/Homcom-Electrica-Plegable](http://www.amazon.es/Homcom-Electrica-Plegable)

### Funcionamiento

Sobre los bastidores de soporte de la cinta se encuentran colocados de forma transversal los rodillos de transmisión. Además la banda o tapiz envuelve de forma longitudinal la tarima. El motor eléctrico, a través de una correa de transmisión, hace girar el rodillo delantero que cuenta con una polea, este a su vez arrastra la banda haciendo girar el rodillo trasero que se encuentra en contacto con la misma. Por tanto, como consecuencia directa de este movimiento el tapiz o banda se desliza sobre la tarima

actuando como una cinta transportadora y provocando el deslizamiento del usuario de la cinta.

### 6.2.3 Diseño y elementos que conforman la cinta de andar

El diseño de la cinta de andar se ha llevado a cabo teniendo en cuenta todos y cada uno de los requisitos mencionados anteriormente. Se busca un diseño sencillo a la par de eficaz y con unas dimensiones reducidas, permitiendo de esta forma colocar el mecanismo bajo un asiento e incluso trasportarla con facilidad.

A continuación, se detallaran cada uno de los elementos que conforman la cinta de andar. Algunos de estos elementos han sido diseñados mediante el software de diseño SolidWorks y otros simplemente se han seleccionado de catálogos de productos que se encuentran actualmente en el mercado.

Podemos diferenciar o dividir la cinta de andar en las siguientes partes fundamentales:

1. Estructura o base
2. Rodillos
3. Elemento de unión de los rodillos con la estructura o base
4. Motor eléctrico
5. Tarima
6. Soportes de la tarima
7. Banda
8. Correa
9. Elementos embellecedores

A continuación, se detallaran todos y cada uno de estos elementos:

#### 1. Estructura o base

Como su nombre indica este elemento es el soporte o estructura de la cinta de andar, sobre el cual descansan todos y cada uno del resto de componentes que conforman la misma. Se ha optado por un diseño sencillo fabricado en aluminio que le da a la cinta de andar la resistencia adecuada y ligereza. Como se observa en la

siguiente figura (Fig 18) se han utilizado perfiles comerciales que permiten reducir los costes de fabricación.

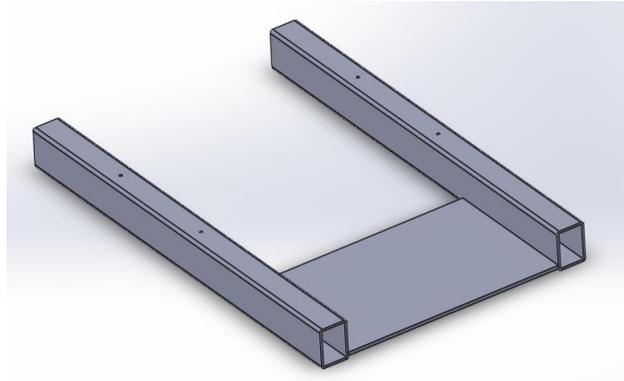


Figura 18: Base o estructura de la cinta de andar. Fuente propia

En concreto, para el diseño de la estructura, se han aplicado dos perfiles rectangulares huecos de aluminio con medidas 70x50 y espesor 4 mm, con una longitud de 750 mm. Se realiza una unión de ambos perfiles en la parte delantera mediante una lámina de aluminio que reforzará la estructura y le dará rigidez a la misma. Esta lámina se encuentra soldada a ambos perfiles, tanto por la parte superior como por la inferior, y tiene las siguientes dimensiones 39x25 cm y espesor 6 mm.

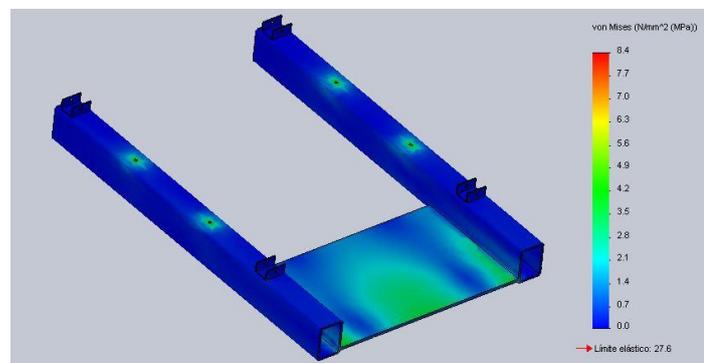


Figura 19: Tensiones de Von Mises que sufre la estructura

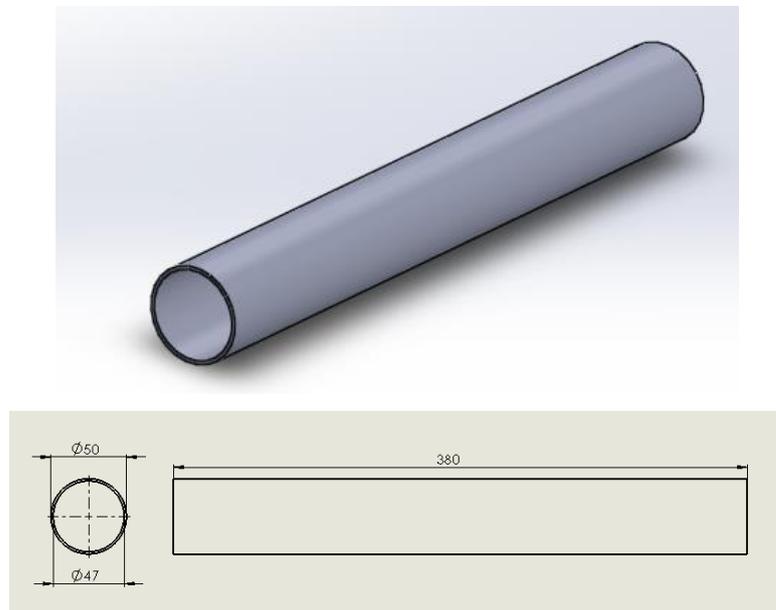
## 2. Rodillos

La cinta de andar cuenta con dos rodillos los cuales se encargan de transferir el movimiento que le proporciona el motor a la banda de rodadura. Estos rodillos los podemos diferenciar entre el rodillo delantero y el rodillo trasero. Ambos rodillos son iguales, con una pequeña diferencia, el rodillo delantero lleva acoplado al mismo una polea a través de la cual el motor eléctrico le trasmite el movimiento.

- Rodillo trasero

El rodillo trasero se encuentra ubicado, como su nombre indica, en la parte trasera de la cinta de andar. Este rodillo está formado por tres elementos: cilindro hueco, rodamiento y soporte del rodillo.

El material escogido para la fabricación del cilindro hueco es aluminio, en concreto se trata de un perfil redondo hueco de diámetro exterior 50 mm y diámetro interior 47 mm, por tanto el espesor es de 1,5 mm. La longitud de ambos rodillos, tanto el delantero como el trasero, es de 380 mm.

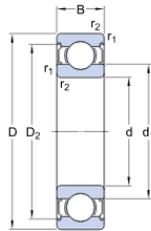


**Figura 20: Cilindro hueco. Modelo 3D (arriba) y dimensiones (abajo). Fuente propia**

Otro elemento que forma parte del conjunto del rodillo es el rodamiento. Se ha seleccionado un rodamiento de la marca SKF que presenta las siguientes características:

### W 6303-2Z

Dimensiones



d	17	mm
D	47	mm
B	14	mm
d <sub>1</sub>	≈ 27.5	mm
D <sub>2</sub>	≈ 41.1	mm
r <sub>1,2</sub>	min. 1	mm

Figura 21: Rodamiento. Fuente: [www.skf.com](http://www.skf.com)

Como se puede observar en la figura superior (Fig 21) el rodamiento seleccionado se trata de un rodamiento rígido de bolas tapado de la marca SKF cuyo diámetro interior es de 17 mm y diámetro exterior de 47 mm. La propia marca designa a este producto con el código W 6303-2Z.

Por último, para finalizar con el conjunto del rodillo se ha diseñado un elemento de soporte que permite anclar el rodillo a la estructura de la cinta de andar. Este elemento se trata de un cilindro macizo de aluminio que se incrustará dentro del rodamiento y que cuenta con una perforación de manera transversal al mismo. Dicha perforación presenta una rosca grabada de M6 y paso 1 mm.

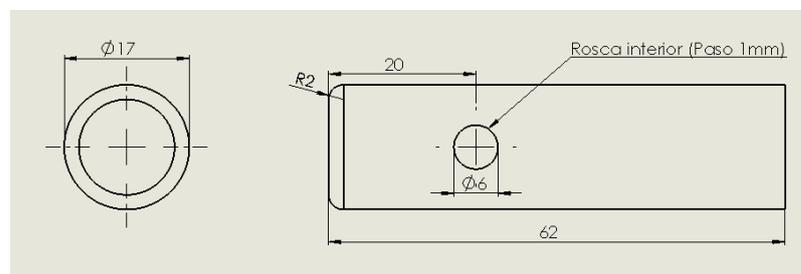


Figura 22: Elemento de soporte rodillo. Modelo 3D (arriba) y dimensiones (abajo). Fuente propia

El montaje de estos tres elementos para conformar el ensamblaje del rodillo trasero se detallará en el Anexo II: Cinta de andar, concretamente en el apartado de montaje de la cinta de andar.

- Rodillo delantero

El rodillo delantero se encuentra formado por los mismos elementos que el rodillo trasero pero se añade, en la parte izquierda del rodillo y encastrada a presión, una polea que ha sido diseñada específicamente para esta máquina, ya que en el mercado no se ha encontrado ninguna con las características que se precisan. La polea se fabricará en pvc negro y cuenta con las siguientes medidas principales:

Dimensiones polea [mm]	
∅ exterior	100
∅ interior	50
Espesor	25

Tabla 2: Dimensiones principales polea rodillo delantero. Fuente propia

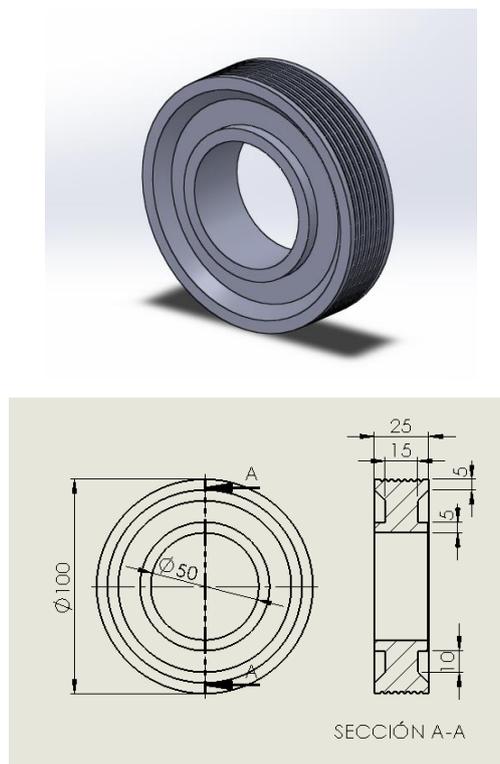


Figura 23: Polea rodillo delantero. Modelo 3D (arriba) y dimensiones (abajo). Fuente propia

### 3. Elemento de unión de los rodillos con la estructura o base

Es necesario diseñar un elemento que permita la unión entre el rodillo y la base de la estructura. Para diseñar este elemento se han observado distintas máquinas o

cintas de correr del mercado y en su mayoría se aplica el mismo mecanismo ya que presenta dos ventajas fundamentales:

- Permite la unión del rodillo a la estructura de una forma sencilla usando simplemente un tornillo.
- Mediante la acción del tornillo se logra tensar y destensar la banda que rodea los rodillos y sobre la que se desliza el usuario al realizar el ejercicio.

El elemento diseñado se presenta en la siguiente figura (Fig 24) y se ha optado por el diseño en forma de “U”. Se realizará su fabricación, al igual que las piezas anteriores, en aluminio, ya que se trata de un material con una gran resistencia estructural a la par que ligereza. En concreto se trata de una lámina de aluminio de espesor 2 mm que se dobla para darle la forma de “U”.

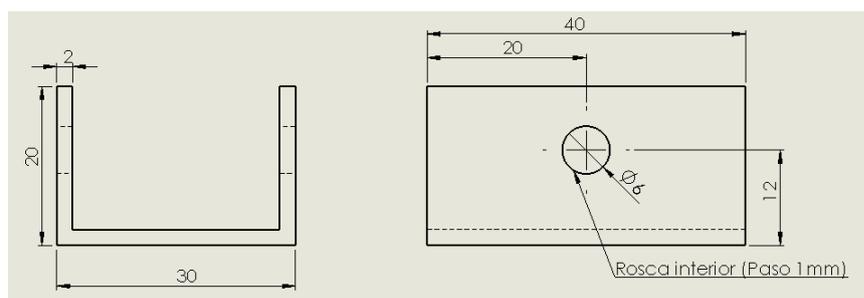
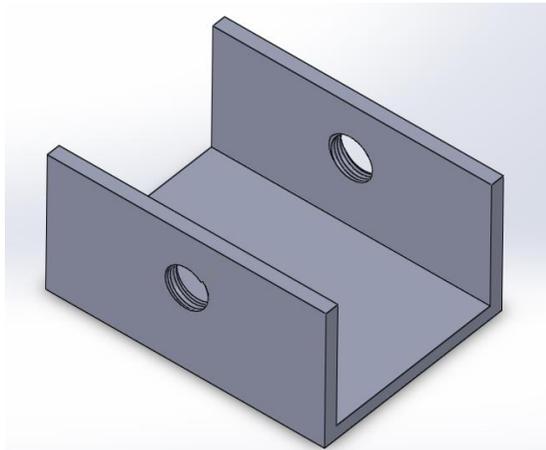


Figura 24: Elemento de unión de los rodillos con la base. Modelo 3D (arriba) y dimensiones (abajo).

Fuente propia

Es necesario el uso de un tornillo que actuará como pasador realizando la unión entre la “U” y el soporte de los rodillos. El montaje de todos y cada uno de estos elementos se detalla en el Anexo II: Cinta de andar, concretamente en el apartado: Montaje cinta de andar. El tornillo seleccionado es un tornillo de cabeza allen con rosca M6 y paso 1 con una longitud de 4 cm.

## Material

El material escogido para fabricar el cilindro hueco, la estructura o base de la cinta de andar, el soporte del rodillo y el soporte en “U” es la aleación de aluminio 1060 que presenta las siguientes características:

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo de elasticidad	69000	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0,33	N/D
Módulo cortante	27000	N/mm <sup>2</sup>
Densidad de masa	2700	Kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	68,94	N/mm <sup>2</sup>
Límite elástico	27,57	N/mm <sup>2</sup>

Tabla 3: Características aleación de aluminio 1060. Fuente propia

#### 4. Motor eléctrico

Teniendo en cuenta los cálculos realizados en el anexo II: Selección del motor de la cinta de andar, se ha optado por la implementación del siguiente motor eléctrico monofásico de corriente alterna de la marca DKM cuyo número de referencia de fabricación 9IDGE-60F. Este motor cumple con las especificaciones requeridas y le transmite a la cinta de andar el movimiento necesario para producir su funcionamiento.

La conexión del motor eléctrico al suministro eléctrico se realizará directamente mediante un cable y una clavija de enchufe macho. El mecanismo cuenta también con un interruptor basculante que permite encender o apagar el motor eléctrico sin necesidad de desconectarlo del suministro eléctrico. La descripción y dimensiones de este interruptor basculante se detallan en el Anexo III: Catálogos de elementos seleccionados.

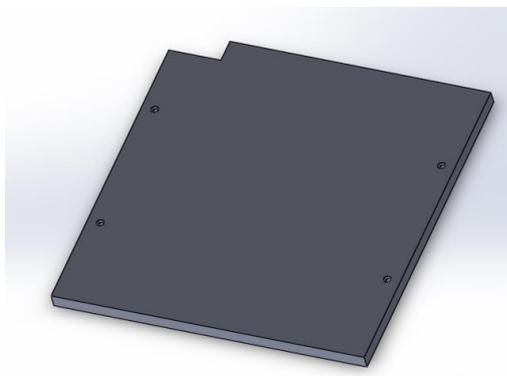


Figura 25: Motor eléctrico DKM 9IDGE-60F. Fuente: es.rs-online.com

Como se ha indicado anteriormente, los cálculos de selección del motor se encuentran detallados en el anexo II, en cuanto a las especificaciones técnicas del mismo se muestran en el anexo III: Catálogos de productos seleccionados.

## 5. Tarima

Sobre la estructura principal o base de la cinta de andar se colocará la tarima. La tarima simplemente se trata de una base fabricada en madera contrachapada y recubierta de melamina que permite el deslizamiento de la banda sobre la misma. De esta forma, la banda se deslizará sobre la tarima arrastrando los pies del usuario que haga uso de la cinta y la tarima soportará el peso de las piernas. En la figura inferior (Fig 26) se observa tanto un modelo en 3D como las dimensiones de la tarima. También, se aprecia como la tarima cuenta con cuatro orificios que se les ha realizado un chaflán y donde se colocaran los tornillos de cabeza avellanada que permitan la unión de esta con la estructura de la cinta de andar. Las dimensiones de esos tornillos son M6 con una longitud de 50 mm.



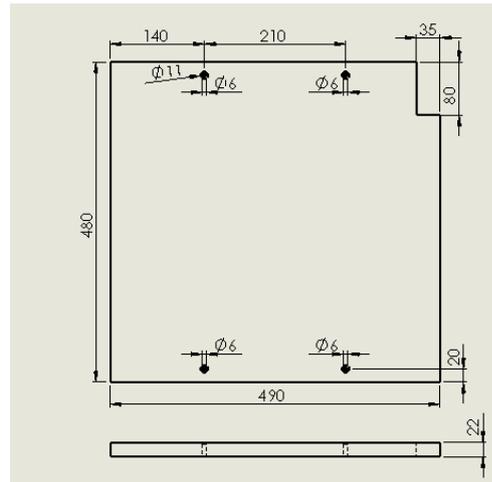


Figura 26: Tarima. Modelo 3D (arriba) y dimensiones (abajo). Fuente propia

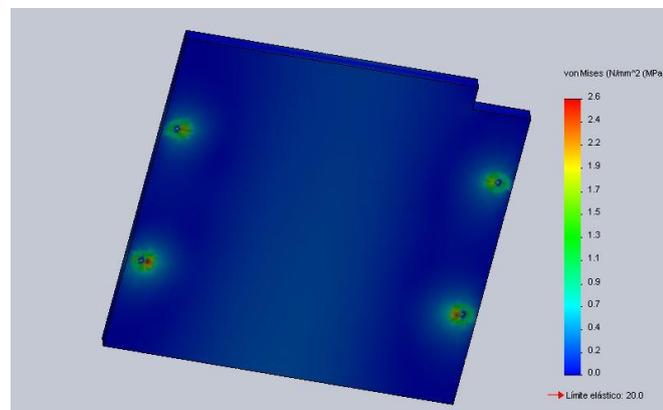


Figura 27: Tensiones de Von Mises a las que estará sometida la tarima (Parte inferior). Fuente propia

## 6. Soportes tarima

Entre la tarima y la base o estructura de la cinta se colocaran cuatro “silentblock” que eliminaran la trasferencia de vibraciones entre ambos componentes de la cinta. Estos elementos se colocaran bajo los orificios de la tarima, haciéndolos coincidir, e irán atravesados por el tornillo de cabeza avellanada que une la tarima con la base. En concreto se ha seleccionado un tipo de “silentblock” hembra que cuenta con un diámetro interior M6 y diámetro exterior 15mm. La altura es de 15mm también.



Figura 28: “Silentblock”. Fuente: [www.alcorenses.es](http://www.alcorenses.es)

## 7. Banda

Denominamos banda al elemento que recubre los dos rodillos, tanto el delantero como el trasero. Esta banda se desplaza sobre la tarima arrastrando como si fuera una cinta transportadora las piernas del usuario que efectúa el ejercicio en la cinta de andar. El regreso de la banda a la parte delantera de la cinta se lleva a cabo por la parte inferior de la tarima.

Se ha seleccionado una banda personalizada para esta cinta de andar que cuenta con las siguientes dimensiones: 1414,16 mm de largo por 365 mm de ancho.



Figura 29: Banda para cinta de andar. Fuente: [repuestosfitness.com](http://repuestosfitness.com)

## 8. Correa

Para transmitir el movimiento o rotación que produce el motor eléctrico a la polea del rodillo delantero de la cinta es necesario el uso de una correa de transmisión. El ancho de dicha correa será de 25 mm. Atendiendo a la posición en la que se ha colocado el motor eléctrico sobre la placa que lo soporta, la correa debe presentar una longitud de

466 mm para transmitir de forma eficaz el movimiento de rotación a la polea del rodillo delantero.

## 9. Embellecedores

Se han diseñado varios elementos cuya función es proporcionar un aspecto más estético a la cinta de andar además de proteger sus componentes fundamentales. En concreto, se trata de tres elementos los cuales se fabricarán en polipropileno (PP) y se detallan a continuación:

### 1. Embellecedor delantero

Como su nombre indica, este embellecedor cubrirá la parte delantera de la cinta de andar. Bajo esta carcasa de polipropileno quedará oculto y protegido tanto el motor eléctrico de la cinta como el conjunto de poleas y correa que accionan el mecanismo. Cuenta con un espesor de 3mm, aunque las dimensiones se especifican de manera más detallada en el Anexo IV: planos.

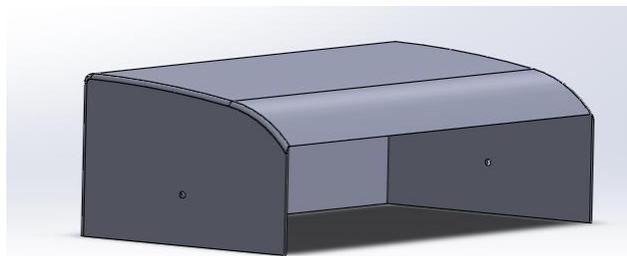
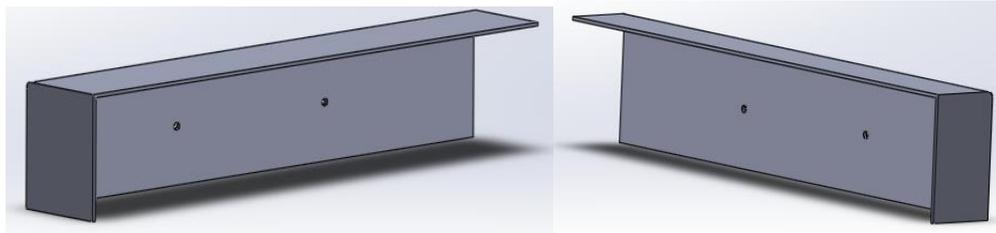


Figura 30: Embellecedor delantero cinta de andar. Fuente propia

### 2. Embellecedor derecho e izquierdo

Tanto el embellecedor derecho como el izquierdo cubrirán los laterales de la cinta de andar, ocultando y protegiendo los anclajes de los rodillos traseros a la estructura así como delimitando la zona de ejercicio de la cinta, donde se colocarán los pies del usuario para realizar la acción de andar. Al igual que el embellecedor delantero el material del cual se fabricarán es de polipropileno con un espesor de 3mm. Las dimensiones de estos embellecedores se detallan en el Anexo IV: planos.



**Figura 31: Embellecedor izquierdo y derecho de la cinta de andar. Fuente propia**

Los embellecedores no forman parte de la estructura de la cinta, ni soportan ningún tipo de carga. Por tanto, simplemente se ha realizado el diseño de los mismos con un espesor suficiente para que cuenten con una resistencia estructural adecuada. Es decir, no se ha aplicado ningún estudio o análisis de resistencia estructural de los mismos.

#### 6.2.4 Montaje cinta de andar

Teniendo en cuenta todos los elementos o partes que conforman el mecanismo de la cinta de andar, los cuales se han indicado en la memoria, se procede con el ensamblaje del mecanismo. Dicho ensamblaje cuenta con los siguientes pasos o fases de montaje:

1. Ensamblaje de los rodillos.
2. Ensamblaje de los rodillos con la base o estructura de la cinta.
3. Colocación de la tarima y anclaje de la misma.
4. Colocación del motor eléctrico en su posición.
5. Acople de los embellecedores

Este montaje o ensamblaje se detalla en el Anexo II: Cinta de andar, concretamente en el apartado: Montaje cinta de andar.

#### 6.2.5 Presupuesto cinta de andar

Al igual que con el mecanismo de cuatro barras, el presupuesto de la cinta de andar se trata de una estimación del costo de fabricación de la misma. Dicha estimación se detalla en el Anexo II. Cinta de andar, concretamente en el apartado: Presupuesto cinta de andar.

La estimación del presupuesto final para realizar la fabricación de la cinta de andar asciende a **doscientos noventa y cinco euros con noventa céntimos [295,90 €]**

## 7. Conclusions

Once all the project data have been obtained and analyzed, the following conclusions are reached:

- Before proposing the mechanisms it is necessary to study the facilities that the adult day care center currently has and to check the products offered by the market.
- These two mechanisms have been proposed because of the advantages they offer and that meet the needs of users.
- Some of the components that make up the mechanisms have been designed and others have been selected from catalogs.
- Some studies have been done to check that the mechanisms meet the required specifications, within these studies are the analysis of position, speeds and acceleration of a four-bar mechanism and also stress analysis.
- The different elements have been designed and studied using the SolidWorks program.
- Both budgets are an estimate of the final manufacturing budget of the mechanisms.

Finally, with this project it is expected to improve the geriatric rehabilitation facilities that the adult day care center Nuestra Señora de las Nieves.

Marzo 2019,

Eduardo Pérez Rodríguez



**Escuela Superior de Ingeniería Y Tecnología**  
**Sección Industrial**  
**Grado en Ingeniería Mecánica**  
**Trabajo de Fin de Grado**

**Título:**

Estudio y propuestas de mejora, con sistemas mecánicos,  
de las máquinas destinadas al ejercicio físico de los  
usuarios del centro de día de mayores Las Nieves

**Anexos**

**Autor:** Eduardo Pérez Rodríguez

**Tutor Académico:** Isabel T. Martín Mateos

**Fecha:** Marzo 2019



## Índice de Anexos

<b>ANEXO I: Mecanismo de Cuatro Barras.....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXO II: Cinta de andar.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXO III: Catálogos de elementos seleccionados.....</b>	<b>130</b>
<b>ANEXO IV: Planos.....</b>	<b>141</b>



**Escuela Superior de Ingeniería Y Tecnología**  
**Sección Industrial**  
**Grado en Ingeniería Mecánica**  
**Trabajo de Fin de Grado**

**Título:**

Estudio y propuestas de mejora, con sistemas mecánicos, de las máquinas destinadas al ejercicio físico de los usuarios del centro de día de mayores Las Nieves

**Anexo I: Mecanismo de Cuatro Barras**

**Autor:** Eduardo Pérez Rodríguez

**Tutor Académico:** Isabel T. Martín Mateos

**Fecha:** Marzo 2019



## Índice Anexo I

### ANEXO I: Mecanismo de Cuatro Barras

<b>1. Mecanismo para la rehabilitación geriátrica: Mecanismo de cuatro barras .....</b>	<b>61</b>
<b>1.1 Mecanismo de Cuatro Barras .....</b>	<b>61</b>
<b>1.1.1 Partes que componen el mecanismo y uso.....</b>	<b>62</b>
<b>1.1.2 Requerimientos en las dimensiones de los elementos .....</b>	<b>64</b>
<b>1.2 Cálculo .....</b>	<b>66</b>
<b>1.2.1 Posiciones.....</b>	<b>66</b>
<b>1.2.2 Velocidades angulares.....</b>	<b>68</b>
<b>1.2.3 Aceleraciones angulares .....</b>	<b>69</b>
<b>1.3 Resultados .....</b>	<b>71</b>
<b>1.3.1 Posiciones .....</b>	<b>71</b>
<b>1.3.2 Velocidades .....</b>	<b>76</b>
<b>1.3.3 Aceleraciones .....</b>	<b>79</b>
<b>1.4 Comprobación de las velocidades y aceleraciones mediante las ecuaciones de cinemática plana.....</b>	<b>82</b>
<b>1.5 Montaje del mecanismo de cuatro barras .....</b>	<b>88</b>
<b>1.6 Presupuesto mecanismo de cuatro barras .....</b>	<b>91</b>



## 1. Mecanismo para la rehabilitación geriátrica: Mecanismo de cuatro barras

En este Anexo I: Mecanismo de Cuatro Barras se realizará una explicación detallada del funcionamiento de un mecanismo de cuatro barras, además de realizar los cálculos oportunos de posición, velocidad y aceleración para cada una de las barras que conforman el mismo, y de esta forma verificar que su funcionamiento es adecuado para realizar una rehabilitación efectiva de las extremidades superiores. Además, se detalla tanto el montaje como el presupuesto de fabricación del mecanismo.

A la hora de diseñar este mecanismo se han tenido en cuenta varios requisitos:

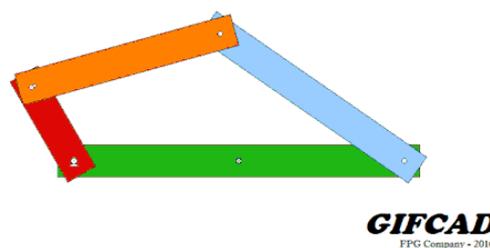
- El mecanismo, debido al tipo de usuario al que está destinado, debe ser sencillo de usar.
- La sencillez de sus elementos no debe influir en la eficacia de su uso.
- Debe estar constituido de materiales resistentes y duraderos.

### 1.1 Mecanismo de Cuatro Barras

El primero de los mecanismos que se ha propuesto es bastante sencillo pero muy eficaz en las labores de rehabilitación. Haciendo uso de los conocimientos adquiridos en la asignatura mecánica de máquinas, que se imparte en el grado de ingeniería mecánica, se ha propuesto un mecanismo básico de cuatro barras o de Grashof. Este mecanismo permitirá realizar una movilidad articular de toda la extremidad superior, puesto que para hacer uso del mismo, se implica en el movimiento el hombro, codo, muñeca y falanges de las manos.

**MECANISMOS DE 4 BARRAS DE GRASHOF**  
 Paralelo

GIFCad hecho en Working Model



**Figura 1: Mecanismo de cuatro barras o de Grashof. Fuente: [www.taringa.net](http://www.taringa.net)**

En los apartados posteriores se explicará cómo debe usarse el mecanismo, pero una cualidad a destacar que presenta el diseño propuesto es el uso simultáneo que se puede hacer del mismo. En concreto pueden realizar ejercicio dos usuarios a la vez. Uno de los usuarios aplicará el movimiento de entrada a través de un agarre, haciendo girar el mecanismo y generando un movimiento de salida. En el punto donde se genera el movimiento de salida se cuenta con otro agarre que puede aprovechar un segundo usuario para ejercitarse. Por tanto, podemos aprovechar el trabajo que realiza un usuario que cuanta con una mayor movilidad para arrastrar y ejercitar, mediante el mecanismo, la extremidad de otro usuario que presenta una movilidad más reducida.

A continuación, se detalla el cálculo y diseño del mecanismo de cuatro barras:

#### 1.1.1 Partes que componen el mecanismo y uso

En un mecanismo de cuatro barras, como su nombre indica, la parte fundamental del mismo son las barras. Se denomina barra a cada uno de los cuerpos sólidos que presentan un movimiento relativo respecto a los demás. Dependiendo del tipo de movimiento que realice cada una de las barras se clasifican en un grupo diferente y conforman cada una de las partes del mecanismo.

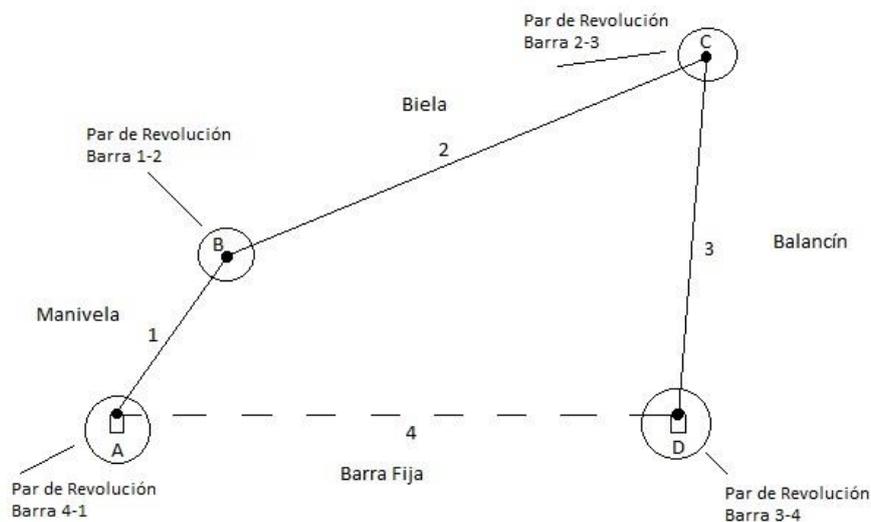
- **Manivela:** barra que presenta un movimiento circular completo alrededor de un punto fijo. Sobre ella se aplica el par motor, concretamente en el punto fijo. En el caso del mecanismo que se proyecta el par motor será aplicado por uno de los usuarios a través de un agarre.
- **Biela:** esta barra presenta una combinación de movimientos entre rotación y traslación. A través de ella se unen la manivela con el balancín.
- **Balancín:** se trata de la barra en la que se encuentra el movimiento de salida del mecanismo, esta barra presenta un movimiento de rotación pero alternativo.
- **Barra fija:** Completa el mecanismo, su función es mantener anclados a una cierta distancia fija los puntos respecto a los cuales rotan la manivela y el balancín. Esta barra como se observa en la figura 2 aparece representada en línea discontinua, el motivo por el que se encuentra así es porque puede suprimirse en el mecanismo. La única función de la barra fija, como se ha indicado, es fijar los extremos de la misma y esto lo podríamos llevar a cabo simplemente anclando los puntos A y D.

A continuación, para entender de forma visual el mecanismo de cuatro barras se presenta una figura (Fig 2) en la que se detallan cada una de las partes mencionadas anteriormente.

Para unir dos o más barras, como vemos en la figura 2 (puntos B y C), se hace uso de las juntas o pares cinemáticos que permiten el movimiento relativo entre las mismas. De esta forma conseguimos que el mecanismo realice el movimiento deseado.

En el caso de que solo se permita la rotación de un sólido o barra respecto a otro que se encuentra en el mismo plano y gire alrededor de un eje perpendicular a dicho plano, se denomina par cinemático de rotación o de revolución. Existen más tipos de pares cinemáticos pero el par cinemático rotacional es el único que se encuentra en el mecanismo de cuatro barras.

A continuación, se muestra una figura (Fig 2) en la que se señalan las juntas o pares cinemáticos del mecanismo de cuatro barras, así como las barras que conforman el mismo:



**Figura 2: Barras y pares cinemáticos de revolución en el mecanismo de cuatro barras.**  
**Fuente Propia**

Por tanto, como se ha indicado anteriormente, el mecanismo de cuatro barras está formado por cuatro barras, de las cuales una es fija y las tres restantes son móviles. Estas barras permanecen unidas gracias a los pares de revolución o rotación. Al aplicarse un par en la manivela (Par de revolución Barra 4-1 o Punto A) este hará que

gire la misma transformando dicho movimiento circular en otro movimiento rotacional en el balancín.

### 1.1.2 Requerimientos en las dimensiones de los elementos

Para hacer que el montaje del mecanismo de cuatro barras sea posible se debe cumplir la siguiente condición:

$$\text{Barra fija} < \text{Manivela} + \text{Biela} + \text{Balancín}$$

Se puede observar que para poder montar el mecanismo es necesario que la suma de la longitud de todas y cada una de las barras móviles, es decir, manivela, biela y balancín sea mayor que la distancia de la barra fija. Solo cuando se cumple esta condición es posible realizar el montaje, pero el cumplimiento de esta no asegura que la barra de entrada (manivela) pueda realizar un giro de 360°.

Es aquí donde aparece la segunda condición de funcionamiento. Para que la manivela pueda realizar un giro de rotación completo sin la rotura del mecanismo es necesario que se cumpla la Ley de Grashof.

$$\text{Manivela} + \text{Barra Fija} < \text{Biela} + \text{Balancín}$$

Si no se cumple esta condición quiere decir que el mecanismo no se puede montar. Al realizar el movimiento rotatorio de la manivela llegará un cierto ángulo que no permita seguir girando a la misma, ya que se encuentra alguna de las otras barras tensionadas al máximo, y por tanto se detendrá el giro o de lo contrario romperá el mecanismo.

Existen varias configuraciones posibles para el mecanismo de cuatro barras dependiendo de la longitud de cada una de las barras que lo componen y la posición que ocupa cada una de ellas dentro del mecanismo, es decir, biela, manivela, balancín o barra fija.

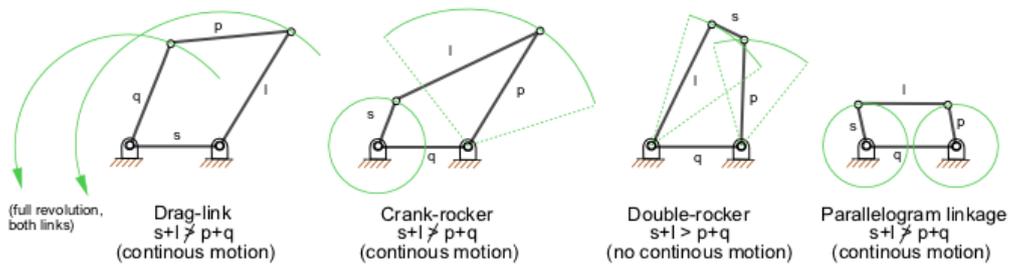


Figura 3: Distintas configuraciones posibles del mecanismo de cuatro barras. Fuente: mechanicalengineering.com

En el caso del mecanismo que se diseñará en este proyecto la configuración va a ser única y la barra de salida, como ya hemos visto, actuará como balancín. Se trataría de la configuración “Crank-rocker” (Fig 3). Para que se produzca este movimiento en la barra de salida, la barra de entrada del movimiento o manivela deberá ser la más pequeña en longitud. En la siguiente figura (Fig 4) se puede apreciar cómo será el movimiento de cada una de estas dos barras (manivela y balancín) al realizar un giro de  $360^\circ$  en la manivela.

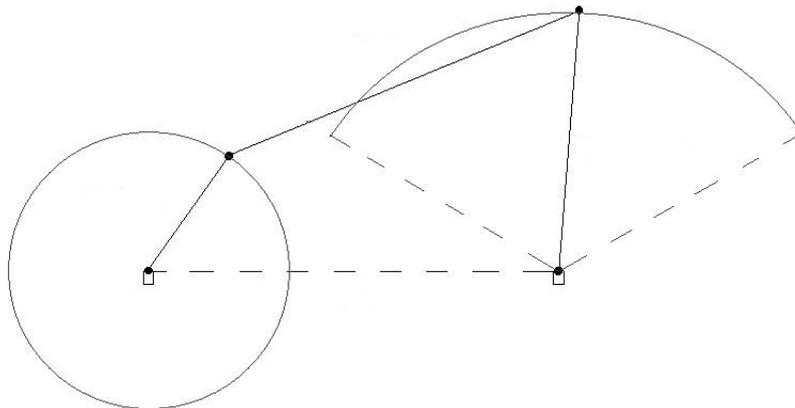


Figura 4: Representación de los movimientos de la manivela y balancín. Fuente propia

Como se observa, la manivela, barra más pequeña, es la encargada de aplicar el movimiento de entrada al mecanismo realizando una rotación de  $360^\circ$ . En cambio, el movimiento de salida se efectúa en el balancín realizando un movimiento también de rotación pero dentro de un intervalo de posiciones siendo alternativo.

## 1.2 Cálculo

En este apartado de cálculo se obtendrán tanto las posiciones, las velocidades y las aceleraciones que sufren todas y cada una de las barras a lo largo de un ciclo o giro completo de la manivela, aplicándole una determinada velocidad constante de entrada a la misma.

### 1.2.1 Posiciones

A continuación, se detalla el procedimiento de cálculo que se ha llevado a cabo para obtener las posiciones de las barras en función del ángulo de entrada ( $\theta_2$ ). Se define el ángulo de entrada como el ángulo que forma la barra 1 (Manivela) respecto a la horizontal. Como ya se ha indicado anteriormente esta barra realizará un giro completo de  $360^\circ$ , para cada uno de estos ángulos el resto de barras del mecanismo, exceptuando la barra 4 que permanece fija, se encontraran en una posición determinada.

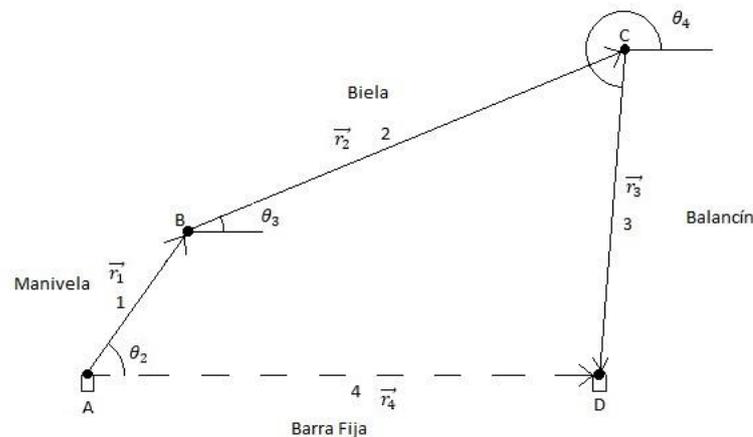


Figura 5: Representación vectorial del mecanismo de cuatro barras. Fuente propia

Definiendo  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ,  $r_4$  como la longitud de las barras 1, 2, 3, 4 respectivamente podemos realizar el análisis vectorial de posición.

$$\vec{r}_4 = \vec{r}_1 + \vec{r}_2 + \vec{r}_3 \quad (\text{ec. 1.1})$$

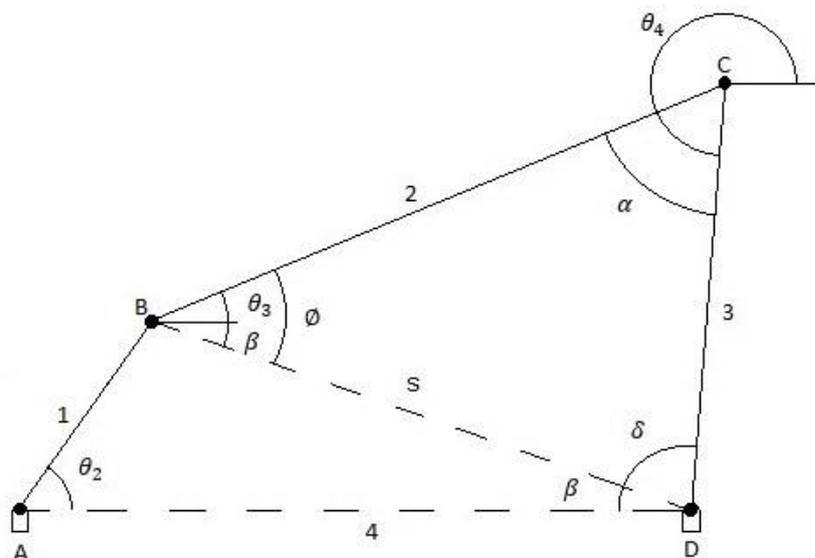
Expresando los vectores mediante números complejos en su forma modulo argumental se obtiene la ecuación de partida para el análisis.

$$r_4 e^{i\theta_4} = r_1 e^{i\theta_1} + r_2 e^{i\theta_2} + r_3 e^{i\theta_3} \quad (\text{ec. 1.2})$$

Si pasamos a forma trigonométrica y separamos la parte real de la imaginaria se obtiene un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas ( $\theta_3$  y  $\theta_4$ ).

Por tanto, al resolver el sistema obtendremos los valores de  $\theta_3$  y  $\theta_4$  en función de  $\theta_2, r_1, r_2, r_3, r_4$ .

Otro método más sencillo para obtener dichas posiciones es el análisis cinemático de posición por método trigonométrico. Dicho análisis se encuentra desarrollado completamente para el caso de un mecanismo de cuatro barras en el libro Fundamentos de Teorías de Máquinas 2ª Edición.



**Figura 6: Representación del análisis cinemático de posición por método trigonométrico. Fuente Propia**

Estableciendo las relaciones trigonométricas oportunas se obtienen los valores de  $s, \beta, \phi, \delta$ . Una vez obtenidos estos valores de las ecuaciones detalladas en el libro Fundamentos de Teorías de Máquinas 2ª Edición se determina  $\theta_3$  y  $\theta_4$  para un mecanismo de cuatro barras.

### 1.2.2 Velocidades angulares

Una vez calculadas las posiciones de cada una de las barras para todo el recorrido que realiza el mecanismo, se procede con el cálculo de las velocidades angulares a las que se desplazan cada una de las barras.

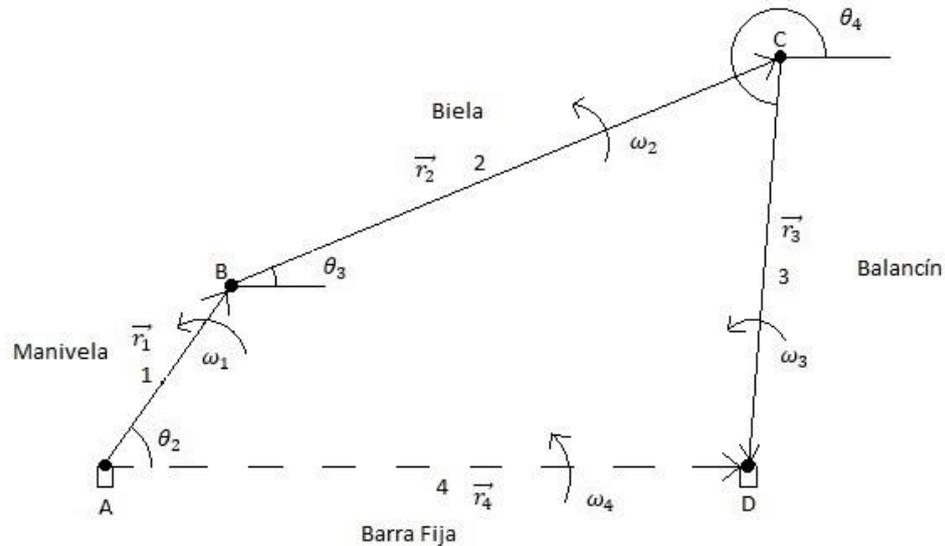


Figura 7: Representación velocidades angulares mecanismo de cuatro barras. Fuente propia

Para obtener dichas velocidades angulares de cada una de las barras se deriva respecto del tiempo la ecuación de cierre del mecanismo en su forma modulo argumental. Teniendo en cuenta que el ángulo que forma la barra 4 con la horizontal es siempre 0.

$$i\omega_1 r_1 e^{i\theta_1} + i\omega_2 r_2 e^{i\theta_2} + i\omega_3 r_3 e^{i\theta_3} = 0 \quad (\text{ec. 1.3})$$

A continuación, se indican las ecuaciones que definen las velocidades angulares de cada una de las barras tras pasar la ecuación anterior a forma trigonométrica, separando la parte real de la imaginaria y resolviendo el sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas. Dichas ecuaciones han sido extraídas del libro mencionado anteriormente: Fundamentos de Teorías de Máquinas 2ª Edición.

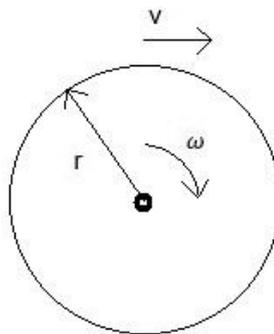
$$\omega_2 = -\frac{r_1 \operatorname{sen}(\theta_2 - \theta_4)}{r_2 \operatorname{sen}(\theta_3 - \theta_4)} \omega_1 \quad (\text{ec. 1.4})$$

$$\omega_3 = \frac{r_1 \operatorname{sen}(\theta_2 - \theta_3)}{r_3 \operatorname{sen}(\theta_3 - \theta_4)} \omega_1 \quad (\text{ec. 1.5})$$

Teniendo como dato inicial o de partida  $\omega_1$  puesto que es la velocidad angular de entrada del mecanismo y será proporcionada por el usuario que efectúe el movimiento del mismo. En el caso de la barra 4, puesto que no realiza ningún movimiento su velocidad angular a lo largo de todo el recorrido que realiza el mecanismo será 0 rad/s.

Por tanto, de esta forma se obtiene las velocidades angulares  $\omega_2$  y  $\omega_3$  en función de las longitudes de cada una de las barras que conforman el mecanismo, las posiciones de las mismas y la velocidad angular de entrada que se aplica a la manivela ( $\omega_1$ ).

Una vez se han obtenido las velocidades angulares a las que se desplazan cada una de las barras es muy fácil calcular las velocidades lineales a las que se desplazan los puntos B y C. A través de la relación entre las dos magnitudes [velocidad angular y velocidad lineal] tenemos:



$$v = \omega \cdot r \quad (\text{ec. 1.6})$$

Por tanto, se obtiene la velocidad del punto B y del punto C mediante las siguientes relaciones:

$$v_B = \omega_1 \cdot r_1$$

$$v_C = \omega_3 \cdot r_3$$

### 1.2.3 Aceleraciones angulares

Por último, realizando la segunda derivada de la ecuación de cierre inicial y operando de la misma forma que el caso anterior se obtiene un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas de donde se extraen las aceleraciones angulares de las barras 2 y 3 en cada una de las posiciones del mecanismo.

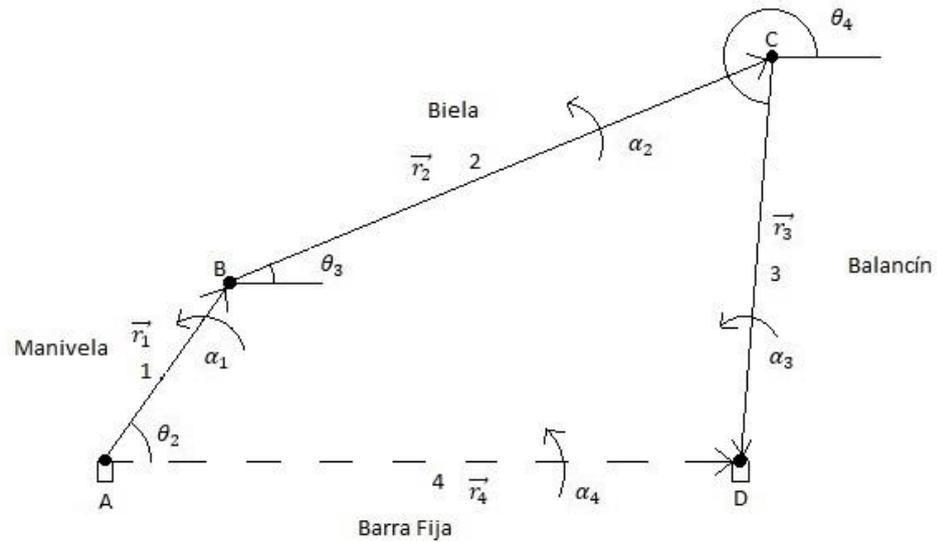


Figura 8: Representación aceleraciones angulares mecanismo de cuatro barras. Fuente propia

A continuación, se indican las ecuaciones que definen dichas aceleraciones y que han sido extraídas como en los casos anteriores del libro Fundamentos de Teorías de Máquinas 2ª Edición.

$$\alpha_2 = \frac{\omega_2}{\omega_1} \alpha_1 - \frac{r_1 \omega_1^2 \cos(\theta_2 - \theta_4) + r_2 \omega_2^2 \cos(\theta_3 - \theta_4) + r_3 \omega_3^2}{r_2 \sin(\theta_3 - \theta_4)} \quad (\text{ec. 1.7})$$

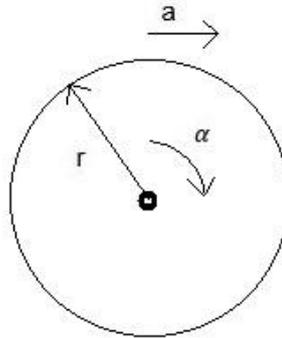
$$\alpha_3 = \frac{\omega_3}{\omega_1} \alpha_1 - \frac{r_1 \omega_1^2 \cos(\theta_2 - \theta_3) + r_3 \omega_3^2 \cos(\theta_3 - \theta_4) + r_2 \omega_2^2}{r_3 \sin(\theta_3 - \theta_4)} \quad (\text{ec. 1.8})$$

En este caso, suponiendo que la velocidad de entrada que aplicará el usuario en la manivela será constante, tomaremos como dato inicial  $\alpha_1$  cuyo valor al ser velocidad constante es  $0 \text{ rad/s}^2$ . En el caso de la barra 4, puesto que no realiza ningún movimiento su aceleración angular a lo largo de todo el recorrido que realiza el mecanismo será  $0 \text{ rad/s}^2$ .

Por tanto, de esta forma se obtienen las aceleraciones angulares  $\alpha_2$  y  $\alpha_3$  en función de las longitudes de cada una de las barras que conforman el mecanismo, las posiciones y velocidades angulares de las mismas y la aceleración angular de entrada que se aplica a la manivela ( $\alpha_1$ ).

Al igual que se han calculado anteriormente las velocidades lineales de las barras, es muy fácil calcular las aceleraciones lineales a las que se desplazan los puntos

B y C. A través de la relación entre las dos magnitudes [aceleración angular y aceleración lineal] tenemos:



$$a = \alpha \cdot r \quad (\text{ec. 1.9})$$

Por tanto, se obtiene la velocidad del punto B y del punto C mediante las siguientes relaciones:

$$a_B = \alpha_1 \cdot r_1$$

$$a_C = \alpha_3 \cdot r_3$$

## 1.3 Resultados

### 1.3.1 Posiciones

Como ya se ha indicado en apartados anteriores, el mecanismo de cuatro barras está constituido, como indica su nombre, por cuatro barras. En nuestro caso una de las barras permanece fija y el resto si que varían su posición a lo largo de todo el recorrido.

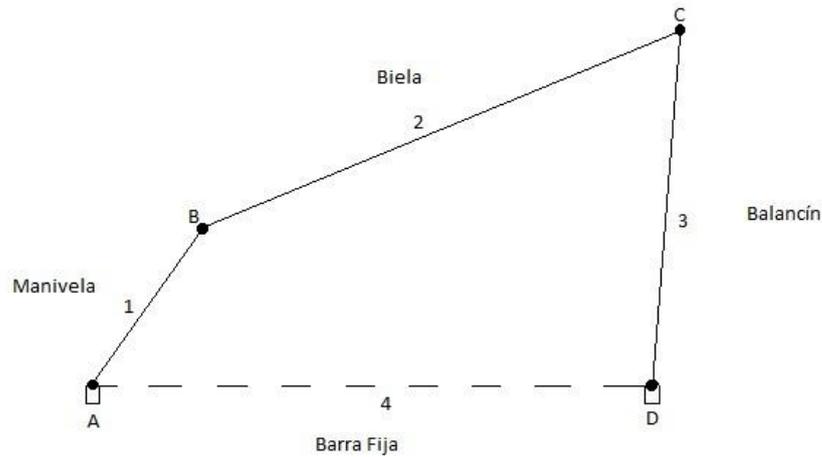


Figura 9: Mecanismo de cuatro barras. Fuente propia

En la figura superior (Fig 9) se observan las barras que conforman el mecanismo. La manivela realizará un giro de 360° respecto al punto A lo que originará que el mecanismo, al estar todas sus barras conectadas, realice un determinado movimiento dependiendo de la longitud de las barras que lo forman. Observando la figura 9 se aprecia de forma clara que solamente los puntos B y C se desplazaran, puesto que tanto el punto A como el punto D se encuentran anclados.

En primer lugar, se deben definir las longitudes de cada una de las barras y verificar que cumplen las restricciones necesarias para que el mecanismo funcione de forma correcta.

Longitudes [mm]	
Barra 1 [Manivela]	150
Barra 2 [Biela]	350
Barra 3 [Balancín]	300
Barra 4 [Barra fija]	450

Tabla 1: Longitudes de las barras del mecanismo de cuatro barras. Fuente Propia

Para hacer que el montaje del mecanismo de cuatro barras sea posible se debe cumplir la siguiente condición:

$$\begin{aligned} \text{Barra fija} &< \text{Manivela} + \text{Biela} + \text{Balancín} \\ 450 &< 150 + 350 + 300 \\ 450 &< 800 \end{aligned}$$

Con las longitudes propuestas para cada una de las barras que forman el mecanismo se cumple la primera condición y por tanto, su montaje puede realizarse.

Una vez comprobado que el mecanismo se puede montar, se pasa a la segunda condición. Para que la manivela pueda realizar un giro de rotación completo sin la rotura del mecanismo es necesario que se cumpla la Ley de Grashof.

$$\text{Manivela} + \text{Barra Fija} < \text{Biela} + \text{Balancín}$$

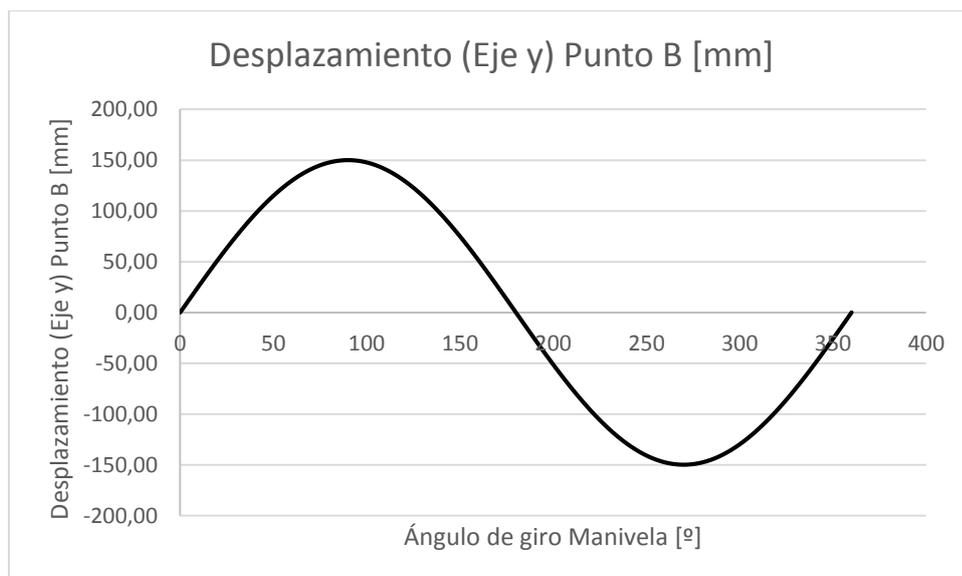
$$150 + 450 < 350 + 300$$

$$600 < 650$$

Por tanto, se puede asegurar tanto el montaje como el correcto funcionamiento del mecanismo ya que ambas restricciones se cumplen satisfactoriamente.

Tanto los resultados obtenidos de posiciones, velocidades como aceleraciones han sido calculados mediante el programa Excel. Se han introducido las ecuaciones indicadas en los apartados anteriores y extraído una serie de gráficas que representan estos parámetros o resultados para un giro completo de la manivela.

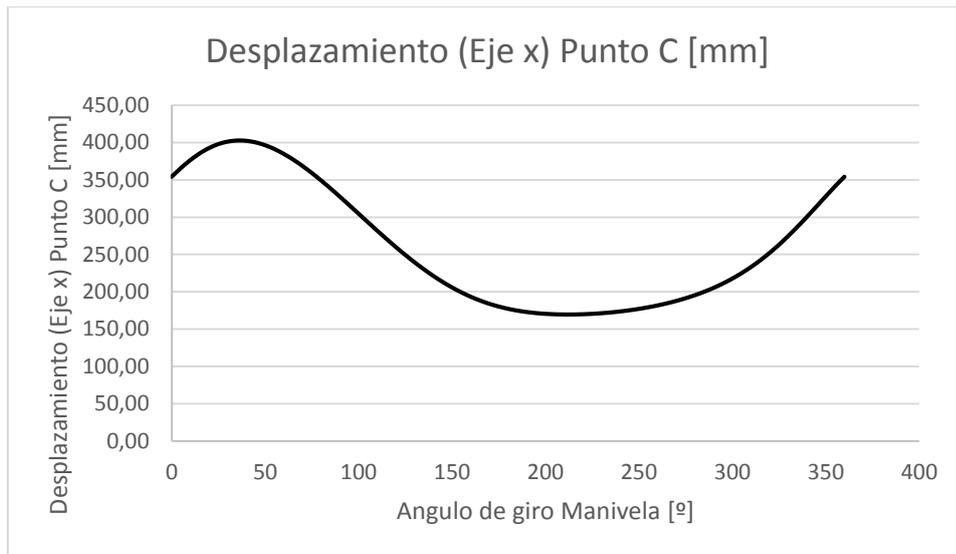
A continuación, se representa en la gráfica (Gráfica 1) el desplazamiento en el eje vertical (eje y) del punto B o extremo libre de la manivela respecto al giro de 360° que se aplica en la misma:



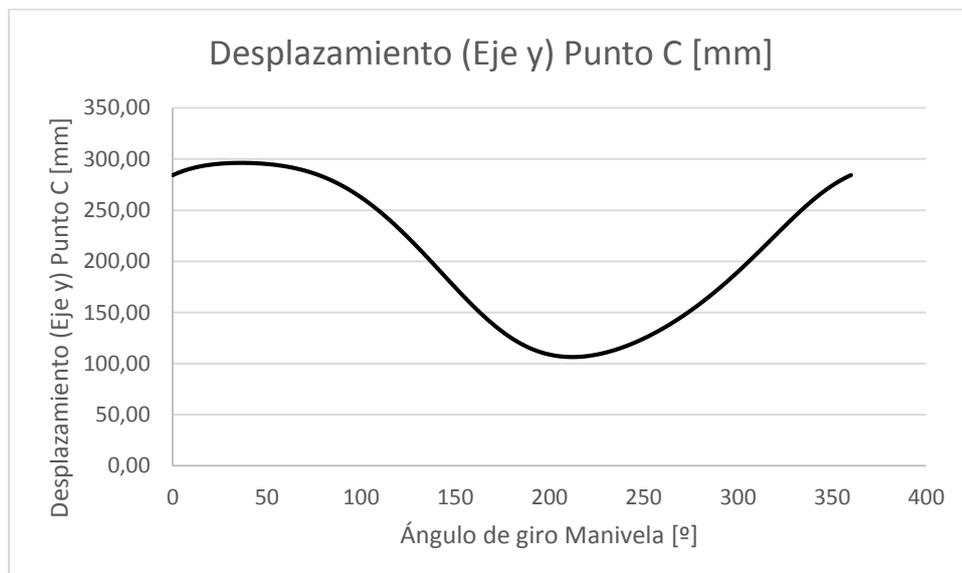
**Gráfica 1: Desplazamiento Eje y Punto B. Fuente propia**

Como se puede observar la representación gráfica nos muestra una figura senoidal ya que el desplazamiento que sufre el extremo libre de la manivela es circular. La gráfica que se obtiene del desplazamiento del punto B respecto al eje x también será senoidal.

En cambio, el desplazamiento del punto C calculado a partir del ángulo de giro que presenta la barra 4 respecto a la horizontal es el siguiente (Gráfica 2 y 3):



**Gráfica 2: Desplazamiento Eje X Punto C. Fuente propia**

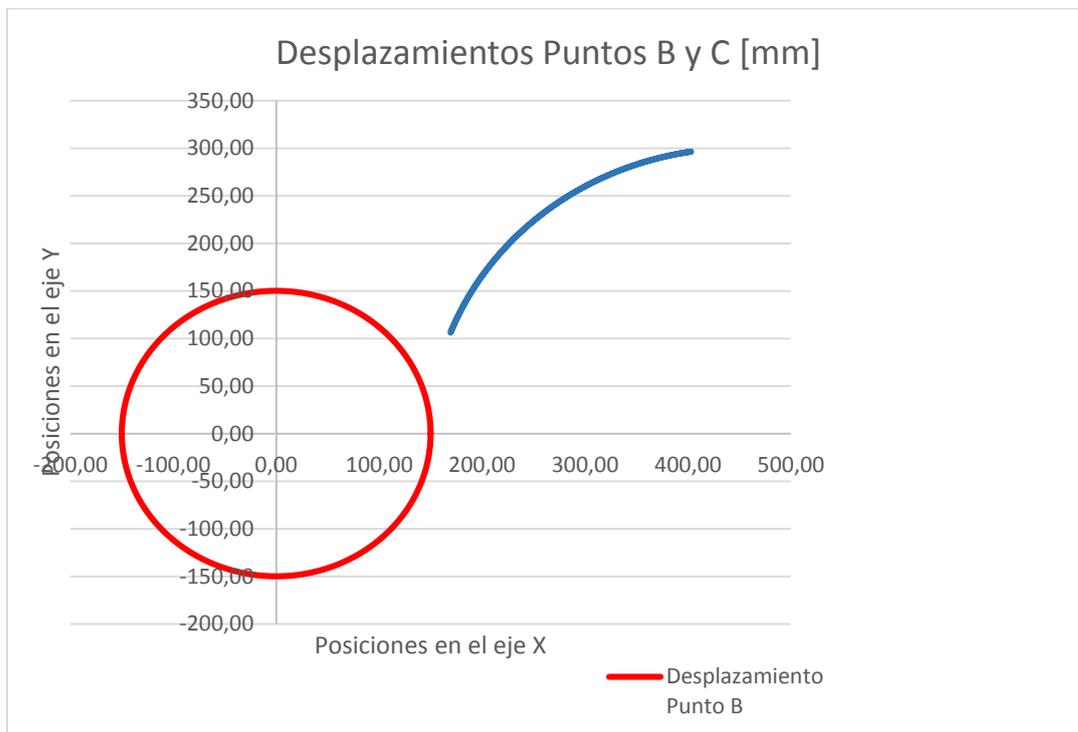


**Gráfica 3: Desplazamiento Eje y Punto C. Fuente Propia**

Como se aprecia en las gráficas (Gráfica 2 y 3), tanto el desplazamiento en el “eje y” como en el “eje x” del punto C son desplazamientos alternativos. Es decir, el

punto C se mueve dentro de un determinado rango de valores realizando un movimiento de vaivén. Se debe resaltar que el desplazamiento del Punto C en el “eje x” se ha desplazado en la gráfica unos 450 mm puesto que esta es la posición a la que se encuentra realmente respecto al punto A. Por tanto, el rango de valores entre los que se mueve el Punto C verticalmente es [100-300], en cambio horizontalmente se mueve dentro del rango [160-403].

En la siguiente gráfica (Gráfica 4) se combina los desplazamientos que realizan tanto el punto B como el Punto C a lo largo de una revolución de la manivela:



**Gráfica 4: Combinación de los desplazamientos del Punto B y Punto C. Fuente propia**

Observando la gráfica superior (Gráfica 4) se puede obtener las dimensiones físicas que presentará el mecanismo con las longitudes de las barras que hemos propuesto. Serán necesarios, como mínimo, unos 550 mm [55 cm] en el eje x para que el mecanismo pueda girar en libertad sin golpear ningún obstáculo, en cambio en el eje y es necesario contar, como mínimo, con 450 mm [45 cm].

### 1.3.2 Velocidades

Para que el mecanismo se desplace o las barras giren es necesario aplicar una velocidad de entrada. Dicha velocidad, como ya se ha indicado anteriormente, debe aplicarse en la barra 1 [Manivela]. Se ha supuesto que esta velocidad, que es aplicada por el usuario, tiene un valor constante y la hemos definido como  $\omega_1$ . El valor supuesto es el siguiente:

Velocidad angular [Rad/s]	
$\omega_1$	2

$2 \text{ Rad/s} = 19 \text{ rpm.}$

Observando la siguiente figura (Fig 10) del mecanismo, donde aparecen representadas las velocidades angulares de cada una de las barras, se puede apreciar que la velocidad angular de la barra 4 [ $\omega_4$ ] es 0 rad/s ya que esta barra no sufre ningún desplazamiento.

Por tanto, solamente quedan dos velocidades angulares por determinar su valor [ $\omega_2$  y  $\omega_3$ ] que serán las velocidades angulares de la barra 2 y 3 respectivamente. Para obtener estas velocidades se hace uso de las ecuaciones ec. 1.4 y ec. 1.5.

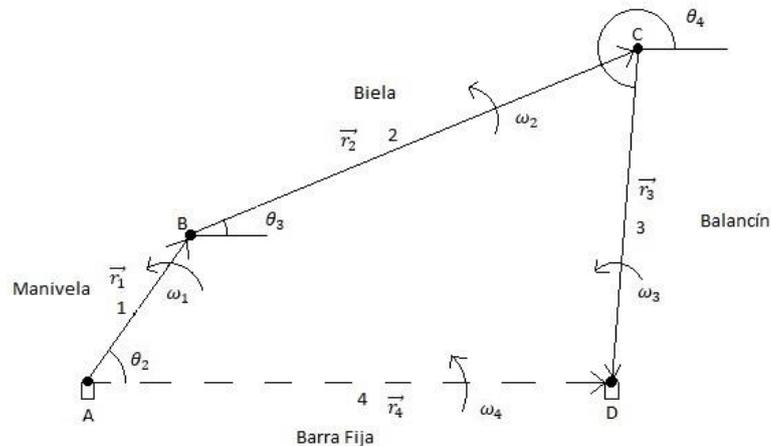
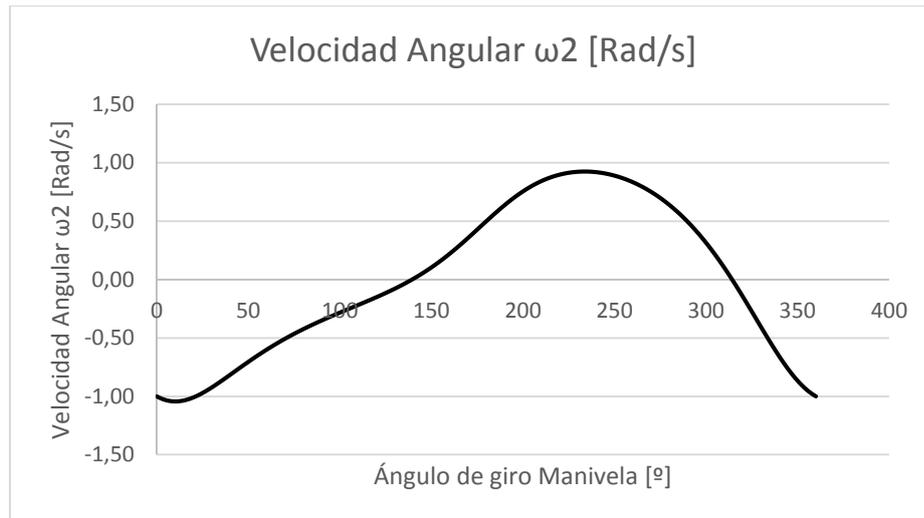
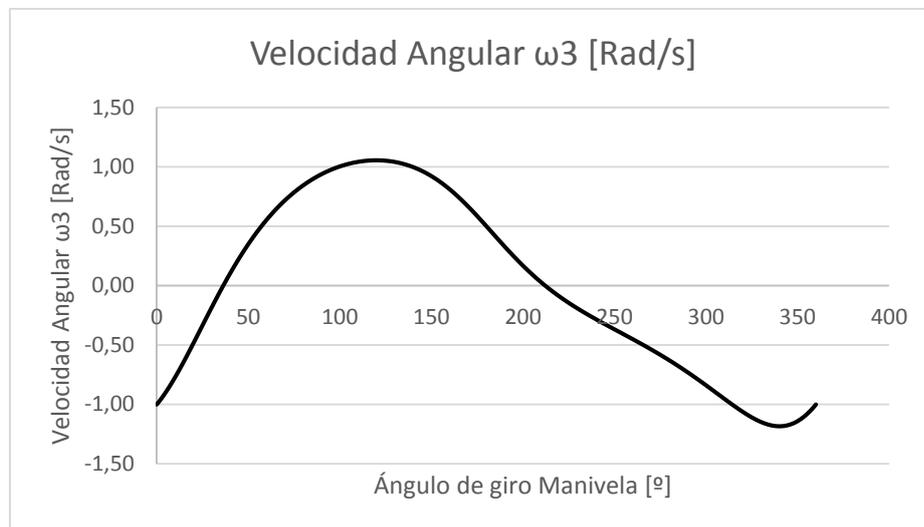


Figura 10: Representación velocidades angulares mecanismo de cuatro barras. Fuente Propia

A continuación, se muestra una gráfica (Gráfica 5 y 6) de la velocidad angular de la barra 2 y la barra 3 en función del ángulo de giro en el que se encuentra la manivela [Barra 1] respecto de la horizontal.



Gráfica 5: Velocidad angular Barra 2. Fuente Propia



Gráfica 6: Velocidad angular Barra 3. Fuente propia

Los valores máximos absolutos de velocidad angular obtenidos para cada una de las barras son los siguientes:

Velocidades angulares Max [Rad/s]	
Barra 1 [Manivela]	2
Barra 2 [Biela]	1,04
Barra 3 [Balancín]	1,18
Barra 4 [Barra fija]	0

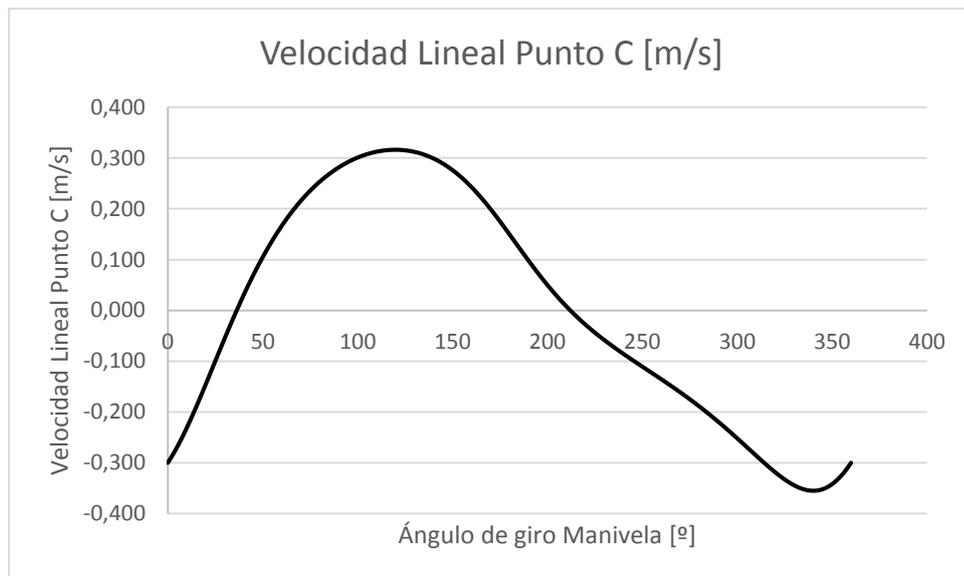
Tabla 2: Velocidades angulares máximas [Rad/s]

Puesto que el usuario dispondrá de un agarre en las uniones o juntas de las barras 1-2 y las barras 2-3, es más útil e interesante conocer las velocidades lineales a las que estarán sometidas sus extremidades durante todo el recorrido del mecanismo.

Estas velocidades lineales coinciden con las velocidades lineales que experimentan los puntos B y C durante su desplazamiento en el mecanismo.

Al conocer las velocidades angulares podemos obtener de una forma muy sencilla las velocidades lineales de estos puntos. En la siguiente (Gráfica 8) aparece representada la velocidad lineal del punto C:

En cuanto a la velocidad del punto B, al definir o suponer la velocidad angular de la barra 1 [Manivela] como constante, el resultado obtenido es constante también con un valor de 0,3 m/s. En la realidad este valor de velocidad no es constante ya que el usuario es el encargado de aplicar este movimiento y en ninguno de los casos se podría mantener de forma constante un movimiento así. Sin embargo para realizar los cálculos se ha supuesto que este valor de entrada es constante.



Gráfica 7: Velocidad lineal Punto C. Fuente propia

Los valores máximos absolutos de velocidad lineal obtenidos para cada uno de los puntos son los siguientes:

Velocidades lineales Max [m/s]	
Punto B	0,3
Punto C	0,35

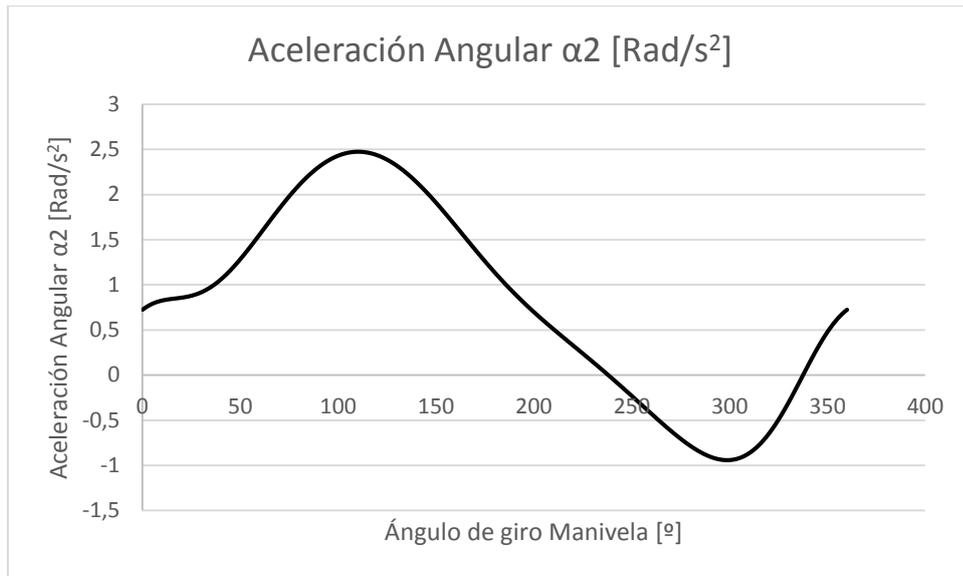
Tabla 3: Velocidades lineales máximas [m/s]. Fuente propia

Estos valores obtenidos de velocidad máxima se encuentran dentro del intervalo aceptable según las bases biomecánicas para el análisis del movimiento humano. Se confirma por tanto, que no existe riesgo de sufrir ningún tipo de lesión debido a una velocidad excesiva del mecanismo. Hay que tener en cuenta que estos valores máximos de velocidad lineal a la que se desplazan los puntos B y C del mecanismo solamente se presentan en un rango de tiempo muy corto ya que el análisis se ha aplicado para los  $360^\circ$  que gira la manivela. Además se debe remarcar que el usuario es el encargado de aplicar el movimiento de entrada, por tanto, aunque se haya supuesto este cálculo con una velocidad de entrada de 2 Rad/s se debe aplicar una velocidad adecuada para cada tipo de usuario que haga uso del mecanismo, adecuando dicha velocidad a las necesidades y movilidad de los dos usuarios.

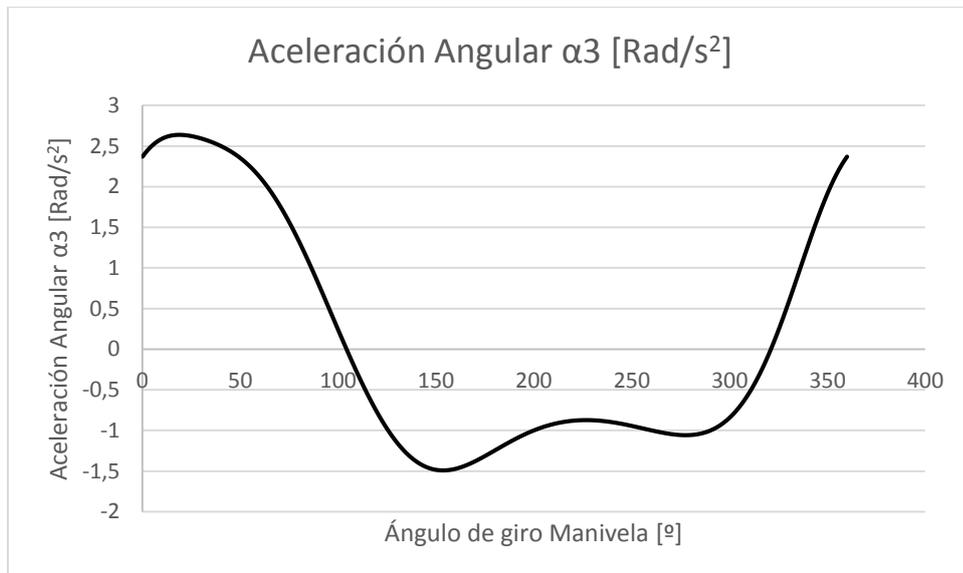
### 1.3.3 Aceleraciones

En el apartado anterior, en el cual se obtenían los resultados de las velocidades angulares para cada una de las barras que conforman el mecanismo, se había supuesto que la velocidad de entrada en el mecanismo, que se aplica en la barra 1 [Manivela], es constante. Por tanto, como consecuencia directa de esa suposición obtenemos que la aceleración angular de dicha barra es  $0 \text{ Rad/s}^2$ , ya que al no variar su velocidad no cuenta con aceleración. En el caso de la barra 4 [Barra fija], al no desplazarse a lo largo de todo el recorrido del mecanismo su aceleración angular también será de  $0 \text{ Rad/s}^2$ .

Para obtener las aceleraciones angulares a las que estarán sometidas las barras 2 y 3 se hace uso de las ecuaciones detalladas en el apartado de cálculo (ec. 1.7 y ec. 1.8). Haciendo uso de dichas ecuaciones y representando todas y cada una de las aceleraciones angulares de las barras en función del ángulo de giro al que se encuentra la manivela respecto a la horizontal obtenemos las siguientes gráficas (Gráficas 8 y 9):



**Gráfica 8: Aceleración angular Barra 2. Fuente propia**



**Gráfica 9: Aceleración angular Barra 3. Fuente propia**

Analizando las gráficas (Gráfica 8 y 9) se obtiene el siguiente cuadro de resultados en el que se representan las aceleraciones angulares máximas en valor absoluto para cada una de las barras que forman el mecanismo:

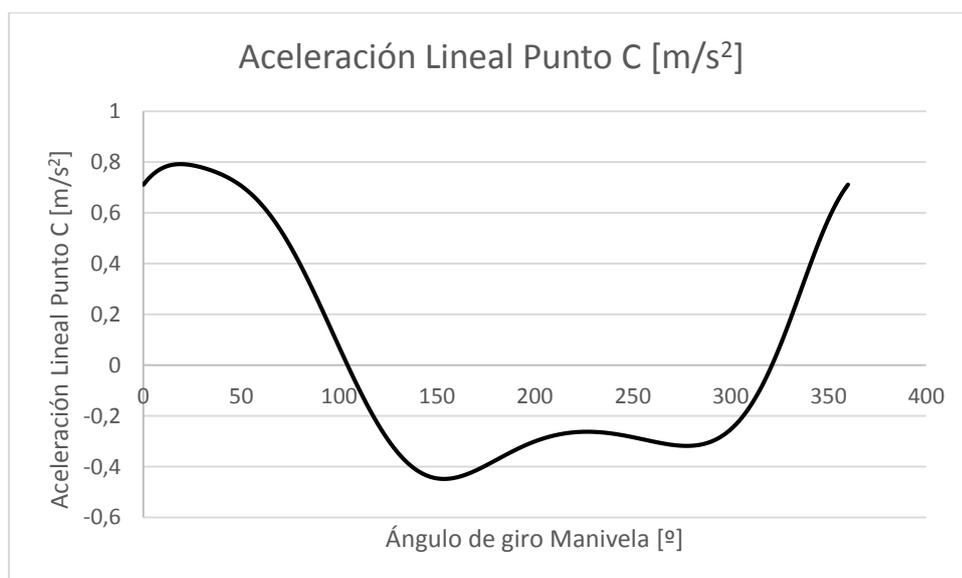
Aceleraciones angulares Max [Rad/s <sup>2</sup> ]	
Barra 1 [Manivela]	0
Barra 2 [Biela]	2,47
Barra 3 [Balancín]	2,63
Barra 4 [Barra fija]	0

Tabla 4: Aceleraciones angulares máximas [Rad/s<sup>2</sup>]. Fuente propia

De la misma forma que se procedió en el análisis de velocidades, ya que el usuario dispondrá de un agarre en las uniones o juntas de las barras 1-2 y las barras 2-3, es más útil e interesante conocer las aceleraciones lineales a las que estarán sometidas sus extremidades durante todo el recorrido del mecanismo. Estas velocidades lineales coinciden con las velocidades lineales que experimentan los puntos B y C durante su desplazamiento en el mecanismo.

En el caso del Punto B, al tratarse de un punto que gira solidariamente a la barra 1 [Manivela] y esta se desplaza, como ya hemos comentado anteriormente, a velocidad constante su aceleración lineal a lo largo de todo el recorrido del mecanismo será 0 m/s<sup>2</sup>.

Al conocer las velocidades angulares podemos obtener de una forma muy sencilla las velocidades lineales del punto C. En la siguiente gráfica aparecen representadas las velocidades lineales que sufre este punto en un giro completo realizado por la manivela:



Gráfica 10: Aceleración lineal Punto C. Fuente propia

En la gráfica anterior (Gráfica 10) se observa que la aceleración lineal máxima en valor absoluto alcanzada por el punto C toma un valor de  $0,79 \text{ m/s}^2$ .

Estos valores obtenidos de aceleración máxima se encuentran dentro del intervalo aceptable según las bases biomecánicas para el análisis del movimiento humano. Se confirma por tanto, que no existe riesgo de sufrir ningún tipo de lesión debido a una aceleración excesiva del mecanismo. Hay que tener en cuenta que este valor máximo de aceleración lineal a la que se desplaza el punto C del mecanismo solamente se presentan en un rango de tiempo muy corto ya que el análisis se ha aplicado para los  $360^\circ$  que gira la manivela. Como ya hicimos en el caso de las velocidades lineales, se debe remarcar que el usuario es el encargado de aplicar el movimiento de entrada, por tanto, aunque se haya supuesto este cálculo con una velocidad de entrada de  $2 \text{ Rad/s}$  y aceleración nula se debe aplicar una velocidad y aceleración adecuada para cada tipo de usuario que haga uso del mecanismo, adecuando dicha velocidad a las necesidades y movilidad de los dos usuarios.

#### 1.4 Comprobación de las velocidades y aceleraciones mediante las ecuaciones de cinemática plana

Una vez se han analizado las posiciones, velocidades y aceleraciones para el mecanismo de cuatro barras mediante las ecuaciones planteadas en el libro Fundamentos de Teoría de Máquinas, se realizará una comprobación para dos posiciones concretas del mecanismo utilizando las ecuaciones vistas en la asignatura de mecánica de máquinas impartida en el grado en ingeniería mecánica. En concreto las posiciones que se han escogido para realizar esta comprobación son las posiciones del mecanismo donde se obtienen las velocidades máximas, tanto para la barra 2 como para la barra 3.

En la siguiente figura (Fig 11) se muestra la posición del mecanismo en la que se obtiene la velocidad máxima para la barra 2 o biela.

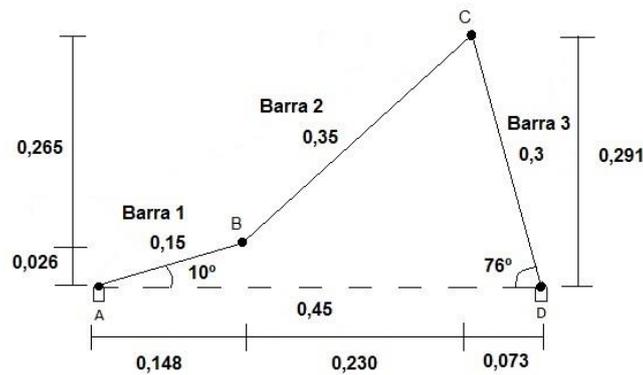


Figura 11: Posiciones del mecanismo cuando se obtiene la velocidad máxima de la barra 2

Puesto que los ángulos en los que se encuentra cada una de las barras respecto a la horizontal son conocidos a través del Excel que se ha elaborado atendiendo a las ecuaciones planteadas en el libro Fundamentos de Teoría de Máquinas, descomponiendo cada una de las longitudes de las barras en el “eje x” y en el “eje y” se obtienen las dimensiones que se muestran en la figura.

Velocidad de C respecto al punto A

$$v_C = (v_A + \omega_{AB} * r_{AB}) + \omega_{BC} * r_{BC} \quad (\text{ec. 1. 10})$$

Velocidad de C respecto al punto D

$$v_C = v_D + \omega_{CD} * r_{CD} \quad (\text{ec. 1. 11})$$

Definimos los vectores de posición de cada una de las barras:

$$r_{AB} = 0,148 i + 0,026 j$$

$$r_{BC} = 0,230 i + 0,265 j$$

$$r_{DC} = -0,073 i + 0,291 j$$

Se sabe que la velocidad de entrada del mecanismo es constante y toma un valor de 2 Rad/s. Por tanto:  $\omega_{AB} = 2 \text{ Rad/s}$ . Además, tanto la velocidad del punto A como el Punto D al permanecer fijos o anclados es 0 m/s.

Sustituyendo en las ecuaciones e igualando ambas expresiones obtenemos:

$$v_C = (0 + 2 k * (0,148 i + 0,026 j) + \omega_{BC} k * (0,230 i + 0,265 j))$$

$$= 0 + \omega_{CD} k * (-0,073 i + 0,291 j)$$

Separando en cada uno de los planos y resolviendo este sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas:

$$\omega_{BC} = -1,03 \text{ Rad/s}$$

$$\omega_{CD} = -0,78 \text{ Rad/s}$$

	E. Cinemática	E. Excel
$\omega_{BC}$ [Rad/s]	-1,03	-1,04
$\omega_{CD}$ [Rad/s]	-0,78	-0,77

Tabla 5: Comparación resultados velocidades angulares barras 2 y 3.

Como se puede observar en la tabla superior, los resultados obtenidos mediante las ecuaciones extraídas del libro Fundamentos de Teorías de Máquinas se aproximan bastante a los obtenidos mediante las ecuaciones de cinemática plana vistas en la asignatura de mecánica de máquinas.

Una vez se han obtenido las velocidades angulares de cada una de las barras que conforman el mecanismo, se procede con el cálculo de las aceleraciones angulares de cada una de estas barras para el caso que se está trabajando.

Aceleración de C respecto al punto A

$$a_C = (a_A + \alpha_{AB} * r_{AB} - \omega_{AB}^2 * r_{AB}) + \alpha_{BC} * r_{BC} - \omega_{BC}^2 * r_{BC} \quad (\text{ec. 1.12})$$

Aceleración de C respecto al punto D

$$a_C = a_D + \alpha_{CD} * r_{CD} - \omega_{CD}^2 * r_{CD} \quad (\text{ec. 1.13})$$

Se conocen tanto los valores de los vectores de posición de cada una de las barras, como las velocidades angulares de las mismas así como la aceleración de entrada en el mecanismo que es aplicada en la barra 1. [  $\alpha_{AB} = 0 \text{ Rad/s}^2$  ]. Ya que la velocidad de entrada es constante.

Sustituyendo e igualando ambas expresiones se obtiene:

$$\begin{aligned}
 a_C = & (0 + 0k * (0,148 i + 0,026 j) - (2^2) * (0,148 i + 0,026 j) + \alpha_{BC}k * \\
 & (0,230 i + 0,265 j) - (-1,03^2) * (0,230 i + 0,265 j) = 0 + a_{CD}k * (-0,073 i + 0,291 j) - \\
 & (-0,78^2) * (-0,073 i + 0,291 j)
 \end{aligned}$$

Separando en cada uno de los planos y resolviendo este sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas:

$$\alpha_{BC} = 0,81 \text{ Rad/s}^2$$

$$\alpha_{CD} = 2,57 \text{ Rad/s}^2$$

	E. Cinemática	E. Excel
$\alpha_{BC}$ [Rad/s]	0,81	0,83
$\alpha_{CD}$ [Rad/s]	2,57	2,59

**Tabla 6: Comparación resultados aceleraciones angulares barras 2 y 3.**

Al igual que en el caso de las velocidades angulares, las aceleraciones angulares obtenidas mediante el procedimiento visto en la asignatura mecánica de máquinas coinciden con las obtenidas mediante las expresiones del Libro Fundamentos de Teoría de Máquinas.

A continuación, se analiza, de la misma forma que en el caso anterior, las velocidades que sufren las barras para lo posición del mecanismo en la que se obtiene la velocidad máxima en la barra 3.

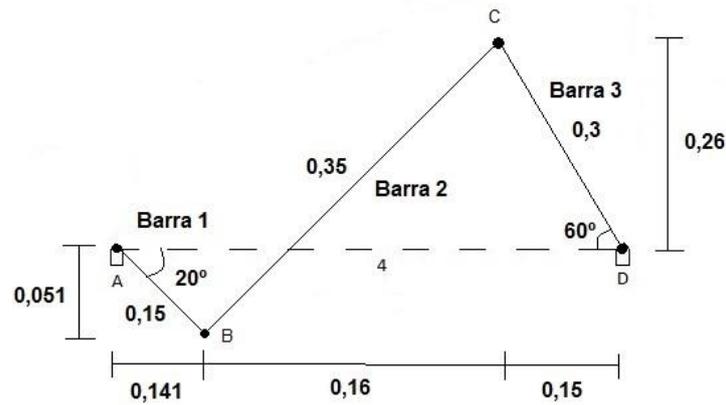


Figura 12: Posiciones del mecanismo cuando se obtiene la velocidad máxima de la barra 2

Definimos los vectores de posición de cada una de las barras:

$$r_{AB} = 0,141 i - 0,051 j$$

$$r_{BC} = 0,16 i + 0,311 j$$

$$r_{DC} = -0,150 i + 0,26 j$$

Se aplican las ecuaciones (Ecuación 1.10 y 1.11), sustituye e iguala ambas expresiones sabiendo que:

$\omega_{AB} = 2 \text{ Rad/s}$ . Además, tanto la velocidad del punto A como el Punto D al permanecer fijos o anclados es 0 m/s.

$$\begin{aligned} v_C &= (0 + 2 k * (0,141 i - 0,051 j) + \omega_{BC} k * (0,16 i + 0,311 j) \\ &= 0 + \omega_{CD} k * (-0,150 + 0,26 j) \end{aligned}$$

Separando en cada uno de los planos y resolviendo este sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas:

$$\omega_{BC} = -0,66 \text{ Rad/s}$$

$$\omega_{CD} = -1,18 \text{ Rad/s}$$

	E. Cinemática	E. Excel
$\omega_{BC}$ [Rad/s]	-0,66	-0,66
$\omega_{CD}$ [Rad/s]	-1,18	-1,18

Tabla 7: Comparación resultados velocidades angulares barras 2 y 3.

Al igual que en el caso anterior, tanto las velocidades angulares obtenidas mediante el libro de Fundamentos de Teoría de Máquinas así como las obtenidas mediante las ecuaciones de cinemática plana coinciden. Por tanto podemos confirmar que los resultados obtenidos son correctos.

Para obtener las aceleraciones angulares en este caso se ha aplicado el mismo procedimiento que en el caso anterior. Es decir, se ha igualado la aceleración del punto C respecto al Punto A con la aceleración del punto C respecto al punto D aplicando las ecuaciones 1.12 y 1.13.

Sustituyendo e igualando ambas expresiones se obtiene:

$$a_c = (0 + 0k * (0,141 i - 0,051 j) - (2^2) * (0,141 i - 0,051 j) + \alpha_{BC}k * (0,16 i + 0,311 j) - (-0,66^2) * (0,16 i + 0,311 j) = 0 + a_{CD}k * (-0,150 i + 0,26 j) - (-1,18^2) * (-0,150 i + 0,26 j)$$

Separando en cada uno de los planos y resolviendo este sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas:

$$\alpha_{BC} = 0,11 \text{ Rad/s}^2$$

$$\alpha_{CD} = 1,26 \text{ Rad/s}^2$$

	E. Cinemática	E. Excel
$\alpha_{BC}$ [Rad/s]	0,11	0,105
$\alpha_{CD}$ [Rad/s]	1,26	1,27

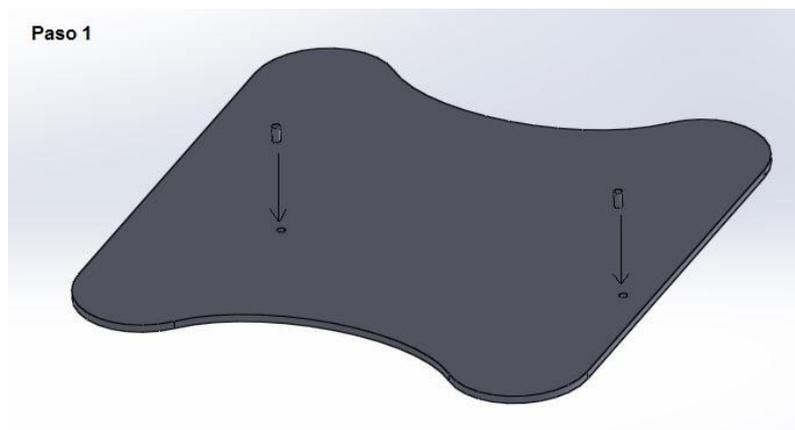
Tabla 8: Comparación resultados aceleraciones angulares barras 2 y 3.

Al igual que en el caso anterior, tanto las aceleraciones angulares obtenidas mediante el libro de Fundamentos de Teoría de Máquinas así como las obtenidas mediante las ecuaciones de cinemática plana coinciden. Por tanto podemos confirmar que los resultados obtenidos son correctos.

## 1.5 Montaje del mecanismo de cuatro barras

En la memoria de este proyecto se ha indicado y descrito todas y cada una de las partes que conforman el mecanismo de cuatro barras que se ha calculado y diseñado. En este apartado se detallará paso a paso el montaje de cada uno de estos elementos para poder conformar dicho mecanismo.

En primer lugar, como su nombre indica, la base es el elemento que actuará de soporte y en el que se acoplarán el resto de componentes. Se comienza colocando los pernos de unión en cada uno de los orificios que presenta la base, estos pernos irán encastrados a presión y asegurados por medio de cola de contacto. En esta primera operación se podrían colocar también las almohadillas autoadhesivas antideslizantes en la parte inferior de la base en las posiciones que anteriormente hemos definido.

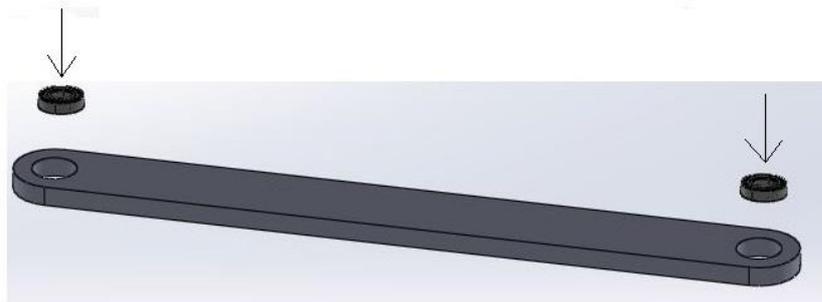


**Figura 13: Paso 1, Montaje mecanismo de cuatro barras. Fuente propia**

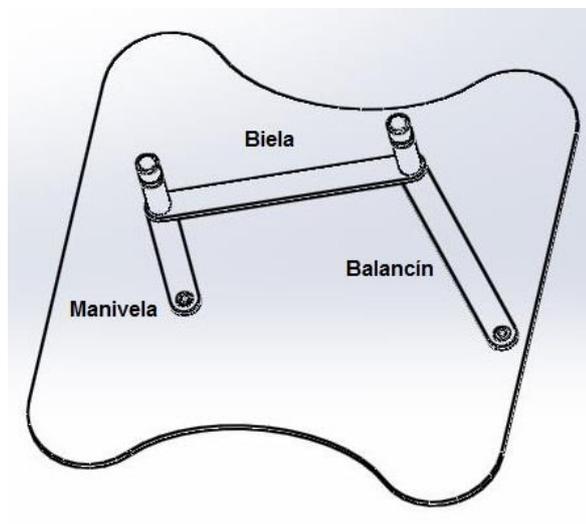
Para realizar esta parte del montaje, como se ha indicado, es necesario el uso de una cola de contacto. En concreto se ha seleccionado una cola blanca de contacto para madera de la marca Ceys. Esta cola permitirá una unión resistente entre los pernos y la base.

El siguiente paso del montaje sería introducir a presión un rodamiento rígido de bolas en cada uno de los orificios que presentan la manivela, biela y balancín. Debido a que el espesor de las barras (manivela, biela y balancín) es de 10 mm y el espesor del rodamiento es de 6 mm estos se deben introducir una profundidad de 2 mm. Se ha seleccionado un rodamiento con menor espesor que la barra para que en aquellas uniones en las que se deban colocar dos rodamientos (uno sobre otro) estos no rocen y generen fricción.

**Paso 2**



**Figura 14: Paso 2, Montaje mecanismo de cuatro barras. Fuente propia**



**Figura 15: Posición que ocupa cada una de las barras en el mecanismo. Fuente propia**

A continuación, se instalará la manivela y el balancín en su posición correspondiente. Tanto el extremo de la manivela como el extremo del balancín irán encastrados en cada uno de los pernos de unión. Una vez se han colocado se procede a instalar la biela quedando esta en la parte superior de las otras barras como se muestra en la figura 17. Por último, se une la biela al resto del mecanismo a través del agarre. Esta unión del agarre también será a presión conectando este con el interior de los rodamientos.

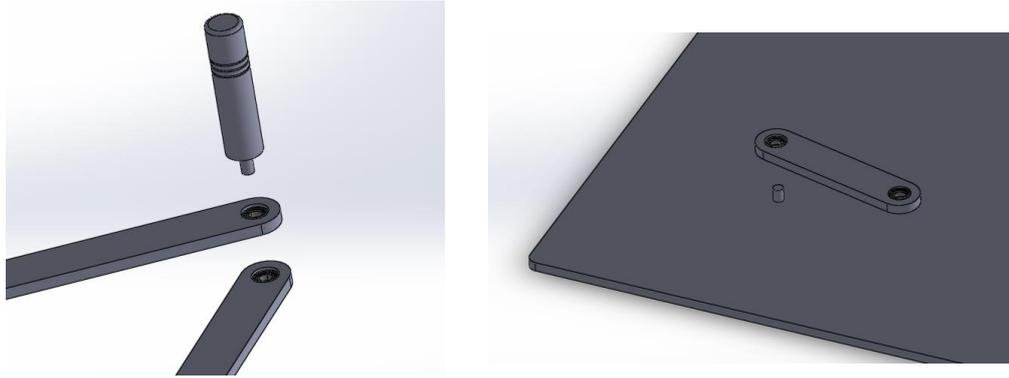


Figura 16: Paso 3, Montaje mecanismo de cuatro barras. Fuente propia

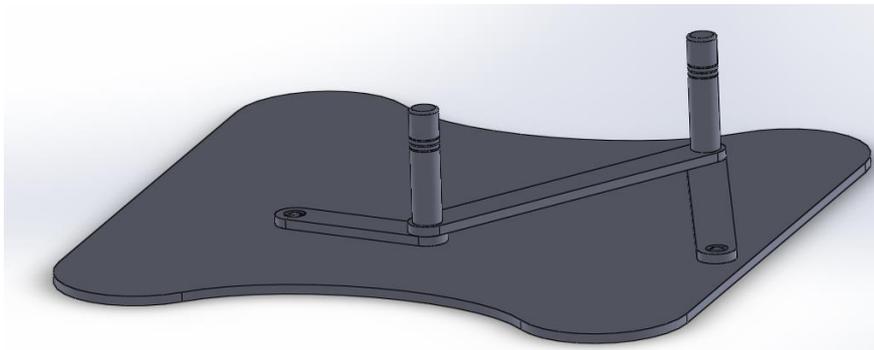


Figura 17: Final del montaje del mecanismo de cuatro barras. Fuente propia

En la siguiente figura (Fig 18) se puede observar una vista explosionada del mecanismo de cuatro barras que facilita de forma visual el montaje del mismo.

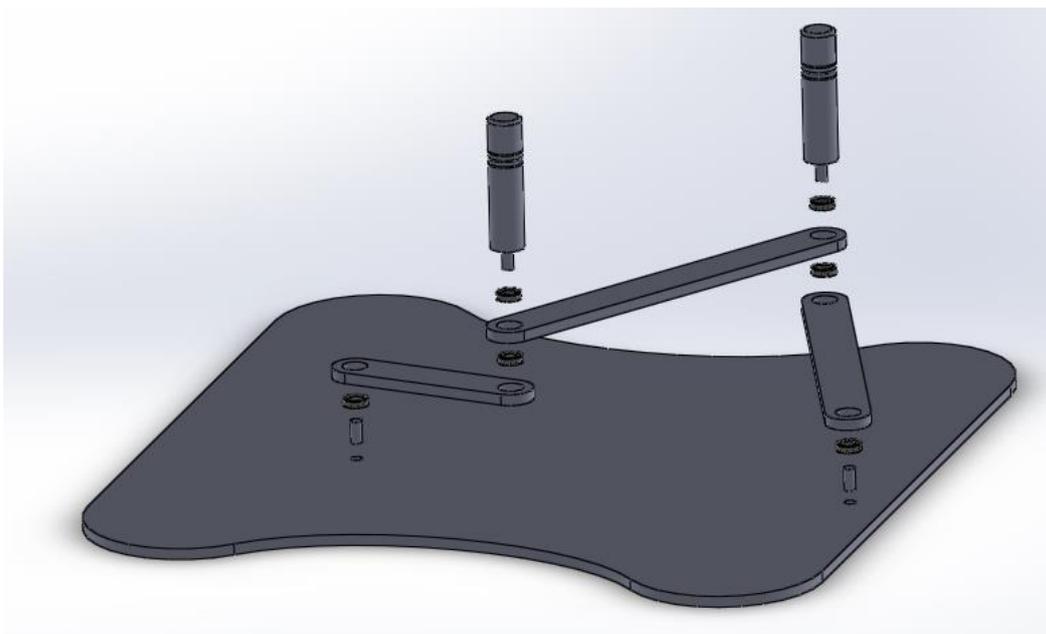


Figura 18: Vista explosionada Mecanismo de cuatro barras. Fuente propia

## 1.6 Presupuesto mecanismo de cuatro barras

En este apartado se detallará el presupuesto final de ejecución del mecanismo de cuatro barras teniendo en cuenta tanto los elementos que lo conforman, los cuales se han mencionado en la memoria, como la mano de obra necesaria para poder fabricar cada una de las piezas.

Los elementos seleccionados serán incluidos en el Anexo III: Catálogos de elementos seleccionados.

A continuación, se muestra una tabla (Tabla 9) donde se detallan cada uno de los elementos necesarios para llevar a cabo la fabricación del mecanismo así como el coste de cada una de las piezas y el coste de fabricación de las mismas.

Este presupuesto se trata de una estimación de los costes de fabricación del mecanismo atendiendo, como ya hemos indicado anteriormente, a los materiales de los cuales se encuentra fabricado y la mano de obra para realizar la fabricación. Como indica la normativa, en cuanto a la fabricación de productos, se ha añadido un porcentaje destinado a los gastos generales (13%) y otro al beneficio industrial (6%).

Se ha realizado un estudio de presupuestos para la mano de obra de carpintería, ya que las únicas piezas que se deben de mecanizar son de madera. Se ha estimado el presupuesto de mano de obra de carpintería en 17,40 €/h.

<b>Presupuesto</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio unitario [€]</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Precio [€]</b>
Base	1			
Manivela	1			
Biela	1			
Balancín	1	12,10	12,30	24,40
Rodamiento	6	1,24	/	7,44
Agarre	2			
Pernos de union	2	3,60	5,10	8,70
Almohadilla Autoadhesiva	5	1,30	/	6,50
Cola blanca de contacto	1	2,35	/	2,35
<b>Precio Total [€]</b>				<b>49,39</b>
Gastos Generales [13 %]				6,42
Beneficio Industrial [6 %]				2,96
<b>PVP [€]</b>				<b>58,77</b>

**Tabla 9: Estimación del presupuesto de fabricación del mecanismo de cuatro barras.**

Por tanto, la estimación del presupuesto final de fabricación del mecanismo de cuatro barras asciende a **cincuenta y ocho euros con setenta y siete céntimos [58,77 €]**.



**Escuela Superior de Ingeniería Y Tecnología**  
**Sección Industrial**  
**Grado en Ingeniería Mecánica**  
**Trabajo de Fin de Grado**

**Título:**

Estudio y propuestas de mejora, con sistemas mecánicos,  
de las máquinas destinadas al ejercicio físico de los  
usuarios del centro de día de mayores Las Nieves

**Anexo II: Cinta de Andar**

**Autor:** Eduardo Pérez Rodríguez

**Tutor Académico:** Isabel T. Martín Mateos

**Fecha:** Marzo 2019



## Índice Anexo II

### Anexo II: Cinta de Andar

<b>1. Montaje cinta de andar .....</b>	<b>98</b>
<b>1.1 Ensamblaje de los rodillos .....</b>	<b>98</b>
<b>1.2 Ensamblaje de los rodillos con la base o estructura de la cinta .....</b>	<b>99</b>
<b>1.3 Colocación de la tarima y anclaje de la misma.....</b>	<b>102</b>
<b>1.4 Colocación del motor eléctrico en su posición.....</b>	<b>103</b>
<b>1.5 Acople de los embellecedores .....</b>	<b>104</b>
<b>2. Selección del motor eléctrico de la cinta de andar.....</b>	<b>105</b>
<b>2.1 Velocidad de giro motor eléctrico .....</b>	<b>109</b>
<b>3. Estudio de tensiones y deformaciones en la cinta de andar .....</b>	<b>114</b>
<b>3.1 Estructura o base de la cinta de andar .....</b>	<b>115</b>
<b>3.1.1 Material, restricciones de desplazamiento y cargas.....</b>	<b>115</b>
<b>3.1.2 Tensiones .....</b>	<b>119</b>
<b>3.1.3 Desplazamientos.....</b>	<b>120</b>
<b>3.2 Tarima.....</b>	<b>122</b>
<b>3.2.1 Material, restricciones de desplazamiento y cargas.....</b>	<b>122</b>
<b>3.2.2 Tensiones .....</b>	<b>125</b>
<b>3.2.3 Desplazamientos.....</b>	<b>126</b>
<b>4. Presupuesto cinta de andar .....</b>	<b>127</b>



## 1. Montaje cinta de andar

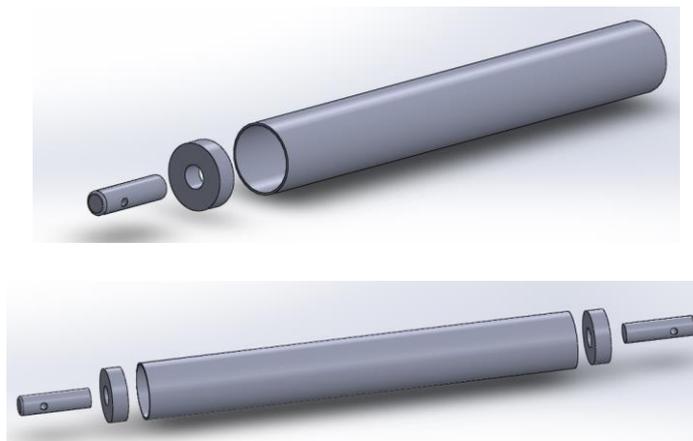
Teniendo en cuenta todos los elementos o partes que conforman el mecanismo de la cinta de andar, los cuales se han indicado en la memoria del documento, se procede con el ensamblaje del mecanismo.

Se puede subdividir el montaje en varios ensamblajes sencillos previos y finalizar con un ensamble final de todos esos conjuntos de ensamblajes iniciales.

### 1.1 Ensamblaje de los rodillos

Como se ha indicado en el apartado de elementos que conforman la cinta de andar, los rodillos (un rodillo delantero y uno trasero) están formados por un total de tres elementos: cilindro hueco, rodamiento de bolas rígido tapado y elemento de soporte de los rodillos.

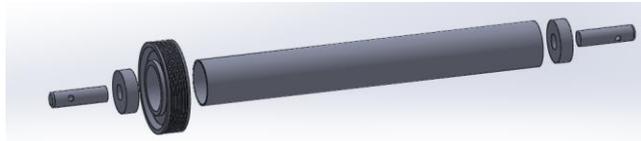
La realización del montaje de los rodillos es bastante sencilla, simplemente debe incrustarse el rodamiento dentro del cilindro hueco a presión y el elemento de soporte se tiene que incrustar en la parte interior de dicho rodamiento. Cada uno de los rodillos llevará este montaje mencionado en cada extremo del cilindro hueco.



**Figura 1: Montaje rodillo trasero. Fuente propia**

En el caso del rodillo delantero, como ya se ha indicado, existe una diferencia respecto al rodillo trasero. Puesto que es el encargado de recibir el movimiento de

rotación que le proporciona el motor eléctrico es necesario colocar una polea que ira incrustada a presión en la parte izquierda del rodillo.



**Figura 2: Montaje rodillo delantero. Fuente propia**

El total de piezas necesarias para el ensamblaje de los rodillos se muestra en la siguiente tabla:

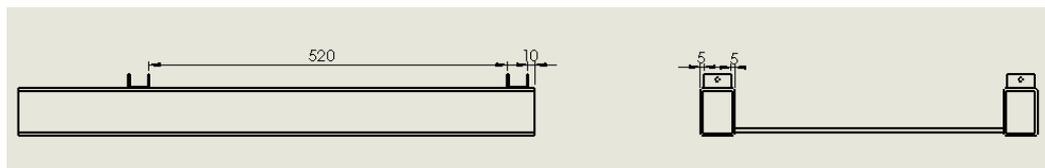
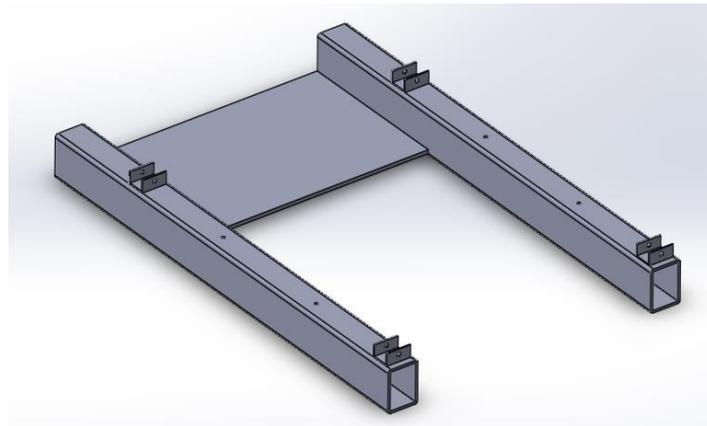
Piezas o elementos	
Elemento	Nº
Cilindro hueco	2
Rodamiento	4
Soporte	4
Polea	1

**Tabla 1: Elementos que conforman los rodillos. Fuente propia**

## 1.2 Ensamblaje de los rodillos con la base o estructura de la cinta

Como ya se ha indicado anteriormente, la estructura o base de la cinta de andar actuará como soporte del resto de piezas del mecanismo, por tanto, los rodamientos ensamblados descansarán sobre esta estructura. Para realizar una unión efectiva y que nos permita contar con las ventajas que señalamos en la memoria, se ha diseñado un soporte en forma de “U” que irá soldado a la base y sobre el cual a través de unos tornillos M6x40 se anclaran los rodillos.

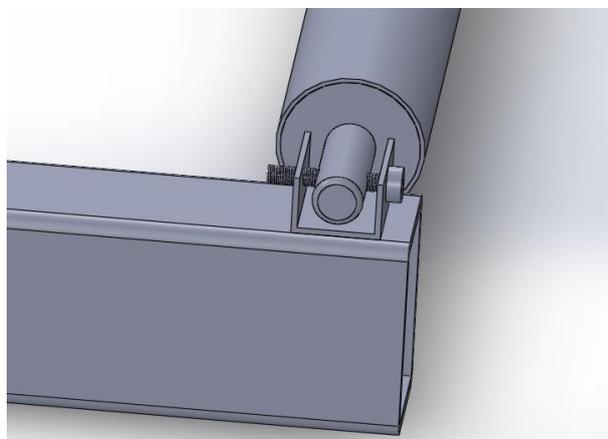
Para realizar este ensamble, en primer lugar, se deben soldar los cuatro soportes con forma de “U” a la estructura o base de la cinta de andar en las posiciones adecuadas y que se muestran en la siguiente figura (Fig 3).



**Figura 3: Montaje uniones “U” en la estructura de la cinta de andar. Modelo 3D (superior) posición de los elementos (inferior). Fuente propia**

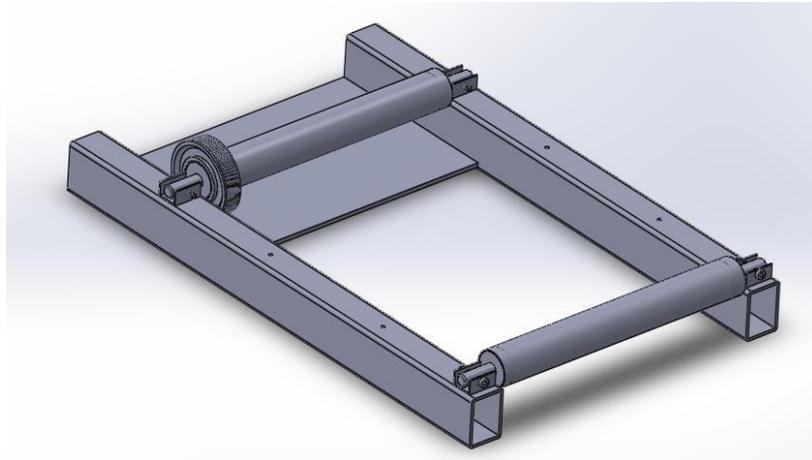
Una vez se han soldado a la estructura o base de la cinta de andar los soportes en “U” se procede con la colocación de los rodillos previamente ensamblados, tanto el rodillo delantero como el rodillo trasero. Para realizar esta unión, la cual será desmontable, es necesario el uso de tornillos M6 y longitud 40mm como ya se ha indicado en el apartado de los elementos que conforman el mecanismo.

Tanto el soporte en “U” como el soporte de los rodillos cuentan con un orificio en el que se ha grabado una rosca interior M6. El tornillo anclará las dos piezas realizando así una unión de las mismas. (Fig 4)



**Figura 4: Unión rodillo trasero con estructura de la cinta de andar. Fuente propia**

En total el mecanismo cuenta con cuatro uniones de este tipo, dos en el rodillo trasero y dos en el rodillo delantero.



**Figura 5: Ensamblaje de los rodillos con la estructura o base de la cinta de andar. Fuente propia**

Los elementos utilizados para realizar esta parte del ensamblaje de la cinta de andar son los que se muestran en la siguiente tabla (Tabla 2):

Piezas o elementos	
Elemento	Nº
Rodillo delantero	1
Rodillo trasero	1
Soporte en "U"	4
Tornillo M6	4

**Tabla 2: Elementos que conforman la base de la cinta de andar. Fuente propia**

Previamente al anclaje en su posición final, tanto de los rodillos como de la tarima, se debe ubicar la banda en su posición correspondiente. Es decir, la banda recubrirá tanto el rodillo delantero como el trasero y quedará en su interior ubicada la tarima, de la forma que se representa en la siguiente figura (Fig 6).

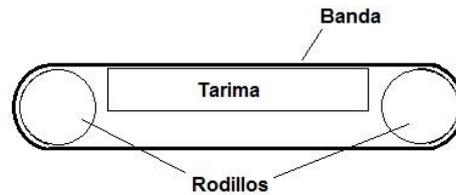
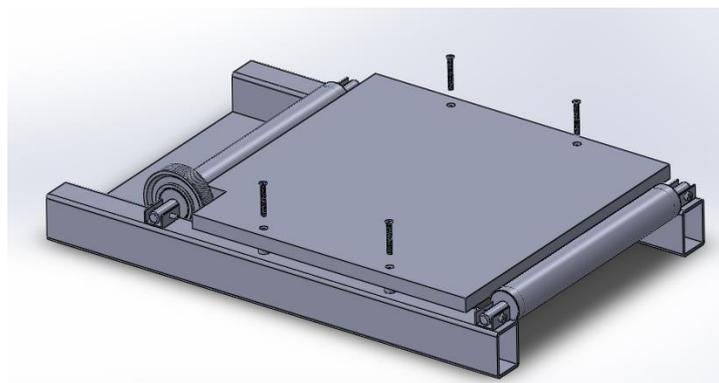
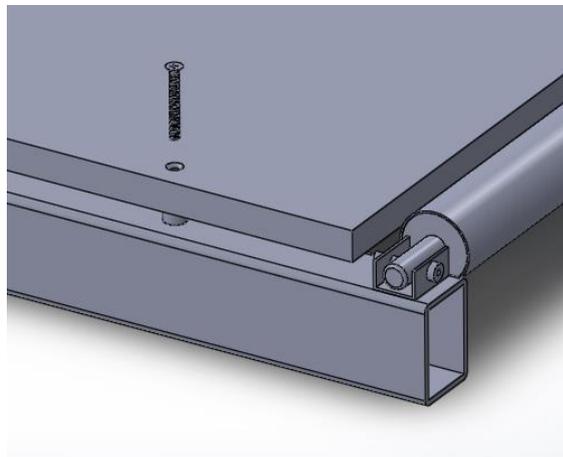


Figura 6: Colocación de la banda en la cinta de andar. Fuente propia.

### 1.3 Colocación de la tarima y anclaje de la misma

El siguiente paso en el montaje es ubicar la tarima en su posición. Como se puede observar en las siguientes imágenes se han colocado unos soportes de goma anti vibratorios o “silentblock” huecos con el fin de reducir la transmisión de las vibraciones del motor a la tarima y también eliminar todo tipo de vibración que transmita la carga a la estructura. Este paso de montaje es muy sencillo puesto que solo hay que ubicar la tarima en la parte superior de la estructura, alinearla con los orificios que presenta tanto la tarima, los soportes de goma y la base, y por último, realizar la unión mediante cuatro tornillos M6 con cabeza avellanada y una longitud de 50 mm.



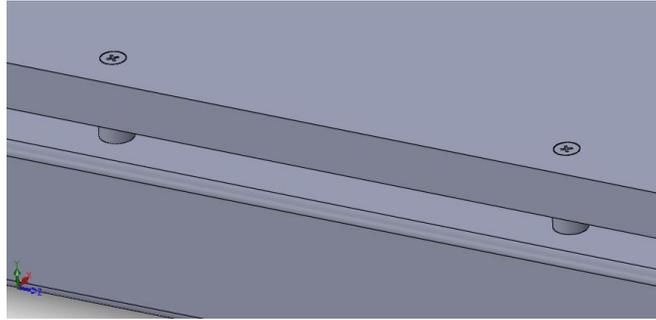


Figura 7: Anclaje de la tarima a la estructura mediante tornillos de cabeza avellanada M6x50. Fuente propia

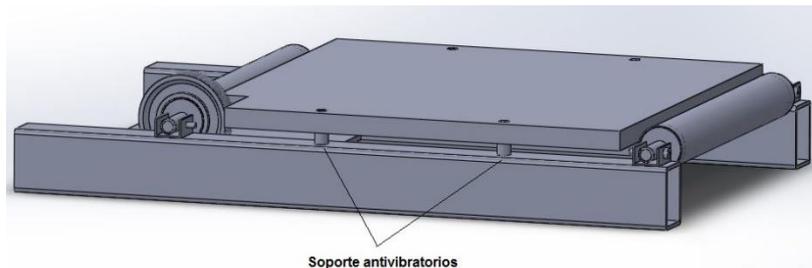


Figura 8: Soportes antivibratorios o “silentblock” ubicados bajo la tarima. Fuente propia

#### 1.4 Colocación del motor eléctrico en su posición

Previamente al acople de los embellecedores, que le darán un mejor aspecto a la cinta de andar, se debe colocar tanto el motor eléctrico como la correa entre las poleas del motor y del rodillo delantero. El motor se colocará a 1cm de distancia de la parte frontal de la base sobre la que descansa el motor y ambas poleas deberán quedar alineadas. Se cuenta con una base que aporta el fabricante del motor para realizar la colocación horizontal del mismo. En la siguiente figura (Fig 9) aparece representada, de forma visual, la colocación del motor eléctrico en su posición correcta.

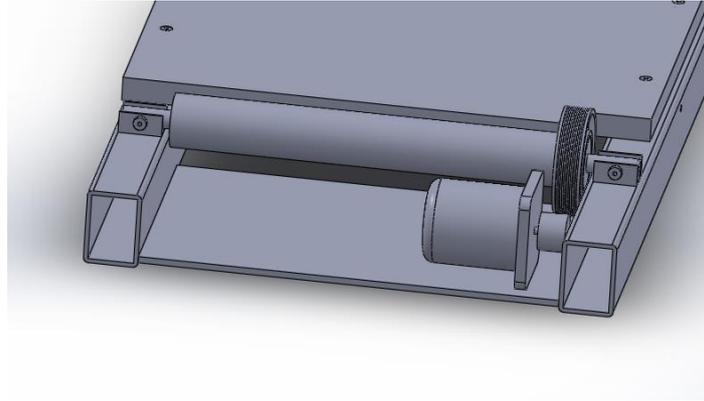
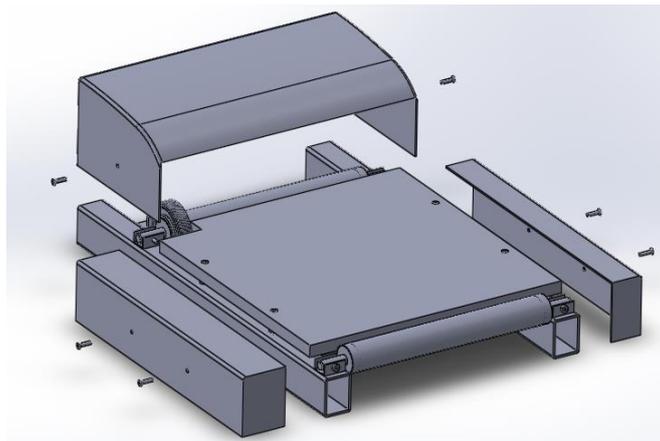


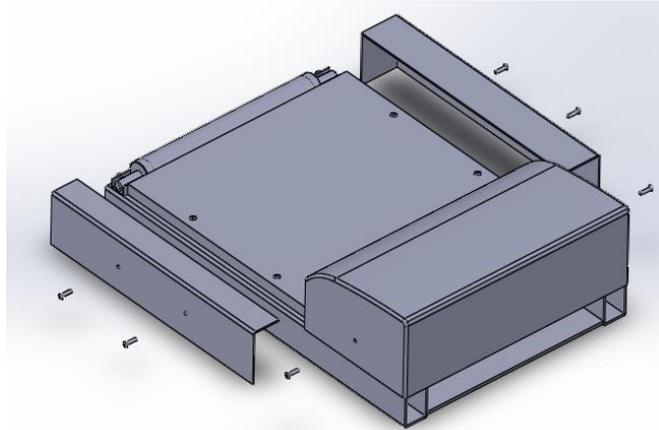
Figura 9: Colocación del motor eléctrico en la cinta de andar. Fuente propia

### 1.5 Acople de los embellecedores

Una vez se ha ubicado el motor en su posición correspondiente se procede con la colocación de los embellecedores que le darán un aspecto más estético a la cinta de andar. El conjunto de los tres embellecedores se anclaran a la estructura en sus posiciones indicadas mediante tornillos M6 de cabeza avellanada con una longitud de 20 mm.

En las siguientes figuras aparece representado, de forma visual, el montaje de cada una de estos elementos embellecedores en la cinta de andar.





**Figura 9: Ensamblaje de los elementos embellecedores en la cinta de andar. Vista delantera (superior) y vista trasera (inferior). Fuente propia**

En la siguiente tabla (Tabla 3) se muestra, a modo de resumen, la tornillería necesaria para realizar el montaje completo de la cinta de andar y que hemos indicado anteriormente a lo largo de todo el proceso de montaje.

	Métrica	Longitud	Cantidad
Tornillo cabeza Allen	6	40	4
Tornillo cabeza avellanada	6	50	4
Tornillo cabeza avellanada	6	20	6

**Tabla 3: Tornillería necesaria para realizar el ensamblaje de la cinta de andar. Fuente propia**

## 2. Selección del motor eléctrico de la cinta de andar

Para realizar una correcta selección del motor eléctrico que efectuará el movimiento de la banda que compone la cinta de andar, es necesario calcular el par motor que deberá ejercer dicho motor sobre el eje de transmisión o potencia. Para ello, sabemos que dicho par motor se define como:

$$M = I_{Eq} \cdot \alpha \quad (\text{ec. 2.1})$$

Donde: M [N·m]

$I_{Eq}$  [Kg·m<sup>2</sup>]

$\alpha$  [Rad/s<sup>2</sup>]

Por tanto, se debe obtener o calcular en primer lugar la inercia equivalente del mecanismo, es decir, tener en cuenta todos y cada uno de los elementos de la cinta de andar que deben ser arrastrados o movidos por el par entregado a través del motor eléctrico. Dentro de la lista de elementos que deben de impulsar el motor eléctrico encontramos:

- Rodillos
- Carga (Piernas de los usuarios)
- Banda
- Rodamientos
- Polea

Previamente se propone una velocidad a la que se debe desplazar la banda y por tanto, esta velocidad será a la que debe andar el usuario para realizar un correcto funcionamiento de la máquina. Al tratarse de un mecanismo diseñado para la rehabilitación geriátrica la velocidad a la que se mueve la cinta será un poco inferior a la velocidad media a la que anda una persona adulta. La velocidad media de un adulto al andar es de unos 5 Km/h en este caso se ha seleccionado una velocidad de desplazamiento de la cinta de la mitad, es decir 2,5 Km/h. Esta velocidad permite realizar el ejercicio de forma segura y se adapta a las necesidades de la mayoría de usuarios.

Otros datos obtenidos a través de varios estudios antropométricos, en concreto de un estudio de P. de Leva, es el peso de las piernas de un adulto de compleción física estándar. En la siguiente tabla se muestra en porcentaje la masa de cada una de las partes que componen el cuerpo humano, como hemos designado un peso medio de unos 80Kg para el tipo de usuario que realizará ejercicio con la cinta de andar, se muestran también los valores en Kg de cada una de las partes.

	Masa [%]	Masa [Kg]
Cabeza	6,5	5,2
Tronco	43	34,4
Brazo (x2)	3,6	2,88
Mano (x2)	0,65	0,52
Pierna (x2)	19	15,2
Pie (x2)	2	1,6

**Tabla 4: Estudio antropométrico. Fuente propia**

Dichos estudios establecen la masa de las piernas de un adulto medio en unos 33,6 Kg. Por tanto, como carga de arrastre externa para la cinta de correr se han estipulado unos 35 Kg.

A continuación, se representa un esquema del mecanismo donde se señalan y calculan las velocidades tanto lineales como angulares

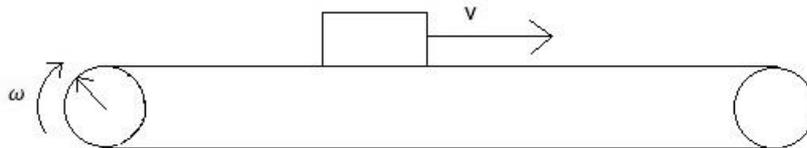


Figura 10: Esquema transportando una carga. Fuente propia

Sabiendo que el diámetro exterior de ambos rodillos es de 5 cm y que la velocidad lineal a la que se debe desplazar la cinta es de 2,5 Km/h se puede calcular a través de la relación entre velocidad lineal y velocidad angular la velocidad angular a la que se desplazan ambos rodillos.

$$v = \omega \cdot r \quad (\text{ec. 2.2})$$

$$v = 2,5 \text{ Km/h} = 0,7 \text{ m/s}$$

$$r = 2,5 \text{ cm} = 0,025 \text{ m}$$

$$\omega = \frac{0,7}{0,025} = 28 \text{ Rad/s}$$

Como se ha indicado anteriormente, para poder calcular el par motor necesario para mover el mecanismo con la carga que se va a aplicar sobre el mismo, es necesario obtener la inercia equivalente. Para ello se hace uso de la expresión de la energía cinética en sus dos variantes:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad (\text{ec. 2.3})$$

$$E_c = \frac{1}{2} I \cdot \omega^2 \quad (\text{ec. 2.4})$$

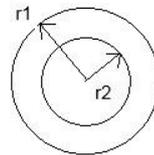
La primera de las dos expresiones la usamos en aquellos elementos del mecanismo que efectúen un movimiento lineal (Carga y banda) y la segunda expresión es usada en los elementos que realicen un movimiento de revolución (Rodillos, rodamientos y polea).

En el mecanismo contamos con dos rodillos, carga (Piernas del usuarios), cuatro rodamientos, banda y una polea que irá colocada en el rodillo delantero. Por tanto la expresión de la energía cinética total quedará de la siguiente forma:

$$E_{CT} = 2 \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot I_R \cdot \omega^2 \right) + \left( \frac{1}{2} \cdot m_c \cdot v^2 \right) + 4 \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot I_{Rodda} \cdot \omega^2 \right) + \left( \frac{1}{2} \cdot m_b \cdot v^2 \right) + \left( \frac{1}{2} \cdot I_P \cdot \omega^2 \right)$$

**(ec. 2.5)**

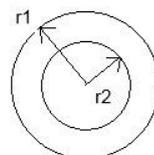
Como se observa en la expresión anterior (Ecuación 2.5) debemos obtener las inercias de todos los elementos que giran con un movimiento de revolución. Tomamos la forma cilíndrica para todos y cada uno de estos elementos, sabiendo que la inercia de un cilindro hueco es la siguiente:



$$I = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (r_1^2 + r_2^2) \quad \text{(ec. 2.6)}$$

Es necesario conocer el volumen del cilindro para calcular su masa a partir de la densidad del material del que este compuesto.

Volumen de un cilindro hueco:



$$V = \pi \cdot h \cdot (r_1^2 - r_2^2) \quad \text{(ec. 2.7)}$$

Tomamos h como la longitud del cilindro.

En la siguiente tabla (Tabla 5) aparecen representadas las inercias para cada uno de los elementos que realizan un movimiento de revolución:

	Material	Densidad [Kg/m <sup>3</sup> ]	r1 [mm]	r2 [mm]	h [mm]	V[m <sup>3</sup> ]	m [Kg]	I [Kg·m <sup>2</sup> ]
Rodillo	Aluminio	2700	25	23,5	380	0,0000868	0,23436	0,00013795
Rodamiento	Acero	7850	23,5	8,5	14	0,0000211	0,1656	5,1709E-05
Polea	PVC	1420	50	25	25	0,00011473	0,1673	0,00026141

Tabla 5: Inercias de los elementos que giran en el mecanismo. Fuente propia

Sabiendo que la masa de la carga es 35 Kg y la masa de la banda es de 1,5 Kg disponemos de todos los datos necesarios para calcular la energía cinética total.

Aplicando la ecuación de la energía cinética total obtenemos:

$$E_{CT} = 0,108 + 8,575 + 0,0405 + 0,3675 + 0,205 = 9,296 J$$

Una vez calculada la energía cinética total se obtiene la inercia equivalente del mecanismo:

$$E_{CT} = \frac{1}{2} \cdot I_{Eq} \cdot \omega^2$$

$$9,296 = \frac{1}{2} \cdot I_{Eq} \cdot 28^2$$

$$I_{Eq} = 0,02371 Kg \cdot m^2$$

## 2.1 Velocidad de giro motor eléctrico

Como se ha indicado en apartados anteriores, se ha definido una velocidad a la que se desplaza la banda [2,5 Km/h = 0,7 m/s], dicha velocidad coincide con la velocidad a la que debe andar el usuario para realizar un buen uso de la máquina. Por tanto, necesitamos establecer una relación para determinar la velocidad de giro del motor en función de la velocidad lineal de la banda.

El par motor producido por el motor eléctrico se transmite a la polea, que irá colocada en el rodillo delantero, a través de una correa. Las dimensiones de ambas poleas (polea del motor y polea del rodillo delantero) son las siguientes:

	Radio [mm]
Polea Motor	17,5
Polea Rodillo	50

Tabla 6: Relación polea motor y polea rodillo. Fuente propia

Teniendo en cuenta los radios de ambas poleas, el radio del rodillo y la velocidad lineal a la que se desplaza el rodillo calculamos la velocidad de rotación que debe efectuar el motor para cumplir satisfactoriamente con el requerimiento impuesto. En la siguiente figura (Fig 11) se aprecia un esquema de las velocidades lineales, velocidades angulares y dimensiones que afectan a la transmisión del par motor:

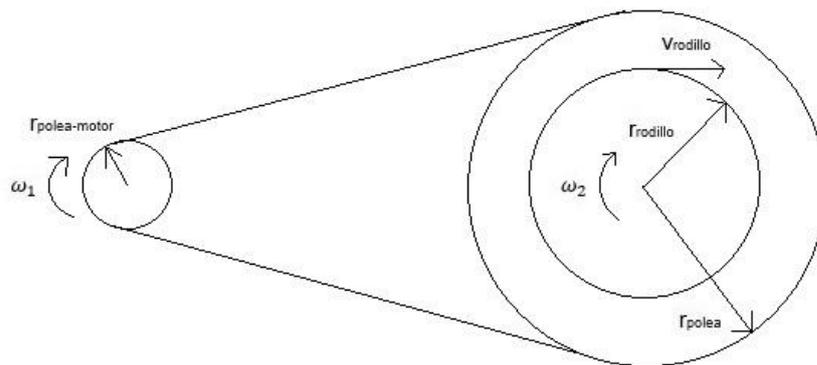


Figura 11: Relación de velocidades polea motor y polea rodillo delantero

Datos de partida: La velocidad lineal a la que se debe desplazar la banda de correr es de 2,5 Km/h = 0,7 m/s. Por tanto, la velocidad angular del rodillo y de la polea, que se encuentra solidaria a este, es la siguiente:

$$v_{rodillo} = \omega_2 \cdot r_{rodillo}$$

$$v = 2,5 \text{ Km/h} = 0,7 \text{ m/s}$$

$$r_{rodillo} = 2,5 \text{ cm} = 0,025 \text{ m}$$

$$\omega_2 = \frac{0,7}{0,025} = 28 \text{ Rad/s}$$

La velocidad lineal a la que se desplaza la correa de transmisión será:

$$v_{correa} = \omega_2 \cdot r_{polea}$$

$$v_{correa} = 28 \cdot 0,05 = 1,4 \text{ m/s}$$

Por tanto, la velocidad angular de giro de la polea del motor se obtiene con la siguiente expresión:

$$\omega_1 = \frac{v_{correa}}{r_{polea-motor}} = \frac{1,4}{0,0175} = 80 \text{ Rad/s}$$

$$80 \text{ Rad/s} = 764 \text{ rpm.}$$

Sabiendo la inercia equivalente que deberá arrastrar el motor eléctrico para poner en funcionamiento el mecanismo y la velocidad de giro que deberá alcanzar el mismo, suponemos un tiempo de aceleración que permita al motor llegar a la velocidad constante de funcionamiento.

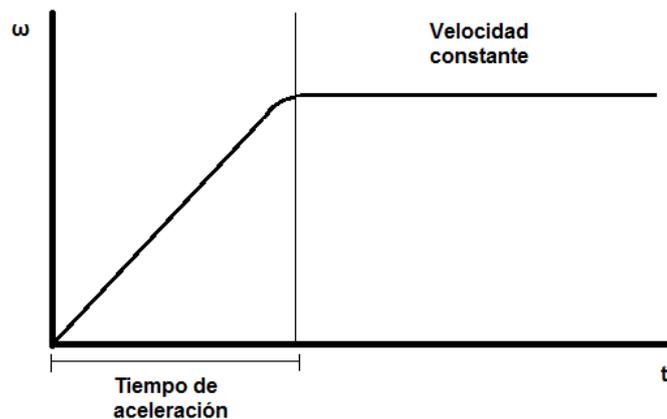


Figura 12: Gráfica aceleración motor eléctrico. Fuente propia

El tiempo de aceleración supuesto es de 6s. Por tanto, la aceleración que tiene que experimentar el motor para alcanzar una velocidad angular de 80 Rad/s en unos cuatro segundos la podemos obtener a partir de la siguiente expresión.

$$\alpha = \frac{\omega_{final} - \omega_{inicial}}{tiempo} \quad (ec. 2.8)$$

Al partir desde el reposo, la velocidad inicial es de 0 Rad/s.

$$\alpha = \frac{80 - 0}{6} = 13,33 \text{ Rad/s}^2$$

Haciendo uso de la ecuación 2.1 obtenemos el par de arranque que como mínimo debe alcanzar el motor eléctrico que seleccionemos, ya que este par de arranque nos garantiza que el motor será capaz de vencer la inercia del conjunto de elementos que debe de arrastrar y por tanto, alcanzar la velocidad de giro establecida en un periodo de 4 segundos.

$$M = I_{Eq} \cdot \alpha$$

$$M = 0,02371 \cdot 13,33 = 0,316 \text{ N} \cdot \text{m}$$

El motor eléctrico seleccionado debe de contar con un par de arranque superior a 0,316 N·m.

En concreto se ha seleccionado un motor eléctrico monofásico de corriente alterna de la marca DKM con el siguiente número de referencia de fabricación 9IDGE-60F. Este motor cuenta con unas dimensiones bastante reducidas, las cuales son idóneas, puesto que se colocará en el interior de la cinta de andar. Las dimensiones se especifican en la siguiente tabla (Tabla 7):

Dimensiones motor [mm]	
Longitud	90
Anchura	90
Profundidad	128,5

**Tabla 7: Dimensiones físicas motor eléctrico. Fuente propia.**



**Figura 13: Motor eléctrico monofásico DKM 9IDGE-60F. Fuente: es.rs-online.com**

En cuanto a las especificaciones técnicas, se muestra la siguiente figura (Fig 14) donde se resalta el par de salida máximo que puede entregar el motor.

### Motor Specification

Model		Output W	Voltage V	Frequency Hz	Poles	Duty	Starting Torque		Rated Load			Capacitor µF / VAC
Lead Wire Type	Terminal Box Type						kgfcm	N.m	Speed r/min	Current A	Torque kgfcm N.m	
9IDG*-60F□(-T): Gear Type Shaft	9IDGA-60F□-T	60	1ø110	60	4	Cont.	3,40	0,340	1600	1,40	4,60 0,460	16,0 / 250
9IDD*-60F(-T): D-Cut Type Shaft	9IDGD-60F□-T	60	1ø220	60	4	Cont.	4,20	0,420	1600	0,63	4,60 0,460	4,0 / 450
9IDK*-60F(-T): Key Type Shaft	9IDGE-60F□-T	60	1ø220	50	4	Cont.	3,40	0,340	1300	0,48	4,80 0,480	3,5 / 450
			1ø240				4,00	0,400		0,54	5,40 0,540	
9IDGG-60F□	9IDGG-60F□-T	60	3ø220	50	4	Cont.	15,00	1,500	1350	0,59	4,60 0,460	-
				60			12,80	1,280		1600	0,49	
9IDGK-60F□	9IDGK-60F□-T	60	3ø380	50	4	Cont.	17,00	1,700	1350	0,33	4,80 0,480	-
				60			13,80	1,380		1600	0,29	
			3ø400	50	4	Cont.	18,60	1,860	1350	0,36	5,20 0,520	
				60			15,20	1,520		1600	0,30	
			3ø415	50	4	Cont.	20,00	2,000	1350	0,40	5,60 0,560	
				60			16,20	1,620		1600	0,33	
			3ø440	50	4	Cont.	22,00	2,200	1350	0,44	6,00 0,600	
				60			18,20	1,820		1600	0,36	

1) Enter the phase & voltage code in the place \* and enter the model type of attaching Gearbox in the box (□) within the motor model name.  
 2) All models contain a built-in thermal protector.  
 3) Gear Type Shaft is for attaching Gearbox and D-Cut & Key Type Shafts are for using motor only.

Figura 14: Especificaciones técnicas motor eléctrico monofásico DKM 9IDGE-60F. Fuente: es.rs-online.com

Como se observa, el par de salida máximo que entrega el motor (0,340 N·m) es superior al par de arranque necesario para vencer la inercia del mecanismo (0,316 N·m). Por tanto, se cumple satisfactoriamente con esta condición impuesta para que el mecanismo pueda obtener la velocidad constante de funcionamiento a los 6 segundos del arranque.

Una vez hemos seleccionado el motor necesitamos conocer su par nominal o par de funcionamiento a velocidad constante.

Mediante la tabla de especificaciones técnicas del motor se obtiene tanto la potencia nominal del mismo como la velocidad nominal de funcionamiento. A partir de estos datos, usando la expresión o ecuación 2.9 se calcula el par nominal de funcionamiento del motor eléctrico seleccionado.

Datos:

- Potencia nominal: 60 W.
- Velocidad nominal de funcionamiento: 1300 rpm = 136,14 Rad/s.

$$P = M \cdot \omega$$

$$M = \frac{P}{\omega} = \frac{60}{136,14} = 0,441 \text{ N} \cdot \text{m}$$

El par nominal o par de funcionamiento del motor es de 0,441 N·m.

Es necesario comprobar que cuando el motor está trabajando a velocidad contante o funcionamiento nominal, la potencia que entrega este es superior a la que necesita el mecanismo para girar a la velocidad adecuada. Como sabemos la velocidad de giro del motor es de 80 Rad/s.

Aplicando la siguiente ecuación (ec. 2.9) verificamos si el motor seleccionado es capaz de proporcionar la potencia necesaria para mantener el mecanismo en movimiento una vez se ha llegado a la velocidad de funcionamiento.

$$P = M \cdot \omega \quad (\text{ec. 2.9})$$

Donde:

- M = Par nominal del motor eléctrico [N·m].
- P = Potencia nominal del motor [W].
- $\omega$  = Velocidad de giro del motor [Rad/s].

La potencia necesaria que debe aplicar el motor eléctrico para mantener el mecanismo en funcionamiento a una velocidad de 80 Rad/s se obtiene a continuación:

$$P = M \cdot \omega$$

$$P = 0,441 \cdot 80 = 35,28 \text{ W}$$

Como la potencia que entrega el motor seleccionado (60 W) es superior a la potencia necesaria para poder mantener el mecanismo en funcionamiento a la velocidad deseada (35,28 W), el motor seleccionado es válido.

### 3. Estudio de tensiones y deformaciones en la cinta de andar

A continuación, en este anexo se realiza el estudio de tensiones al que estará sometida la estructura de la cinta de andar. El programa escogido para realizar este estudio es el software de cálculo y diseño SolidWorks, concretamente el paquete de simulación denominado SolidWork Simulation. Una vez se ha diseñado el mecanismo, se comprueba que dicha estructura soportará las fuerzas o cargas a las que va a estar sometida, dando como resultado un estudio de tensiones y desplazamientos que sufrirán los componentes del mecanismo al aplicarle a este una serie de esfuerzos o cargas externas.

### 3. 1 Estructura o base de la cinta de andar

El primer elemento sobre el cual se realiza el análisis de tensiones y desplazamientos es la estructura o base de la cinta de andar.

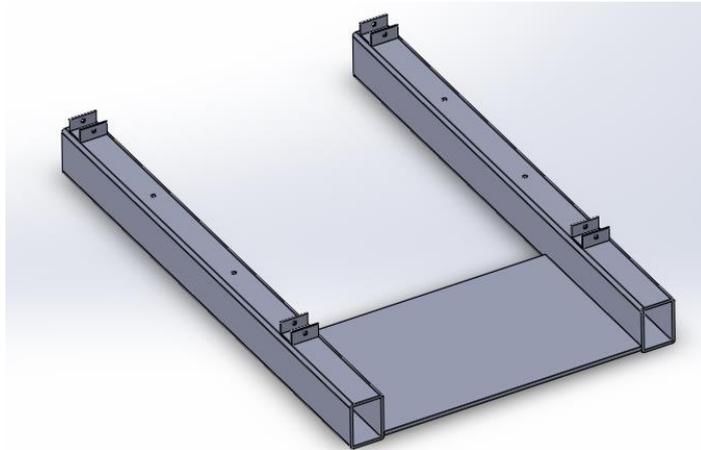


Figura 15: Estructura o base de la cinta de andar. Fuente propia

Los pasos que se han de seguir para realizar una correcta simulación son los siguientes:

- Definir el material del que estará fabricado el mecanismo o las partes del mismo.
- Seleccionar las restricciones de desplazamiento, es decir, anclar aquellas partes del mecanismo que no se desplazan.
- Definir las cargas que se aplican sobre el elemento, tanto en posición como en magnitud.
- Crear mallado que permita al programa realizar los cálculos oportunos.
- Interpretar los resultados obtenidos mediante la ejecución.

#### 3.1.1 Material, restricciones de desplazamiento y cargas

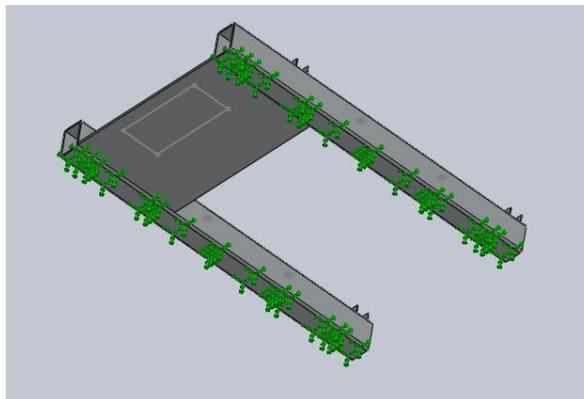
El material escogido para la fabricación de la base de la cinta de andar es la aleación de aluminio 1060. Este material aporta al mecanismo una gran rigidez a la par que ligereza. Sus características se muestran en la siguiente tabla (Tabla 8):

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo de elasticidad	69000	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0,33	N/D
Módulo cortante	27000	N/mm <sup>2</sup>
Densidad de masa	2700	Kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	68,94	N/mm <sup>2</sup>
Límite elástico	27,57	N/mm <sup>2</sup>

**Tabla 8: Características aleación de aluminio 1060. Fuente propia**

Una vez se ha aplicado al elemento el material del que estará fabricado se procede con las colocación de restricciones de desplazamiento o sujeciones y de cargas.

Cuando se hace uso de la cinta de andar se colocará apoyada en el suelo, por tanto, toda la parte inferior de la misma estará en contacto con el suelo, el cual impedirá su desplazamiento de forma vertical. Así que, se colocarán restricciones de desplazamiento en la parte inferior de los perfiles 70x50 que conforman la base de la estructura.



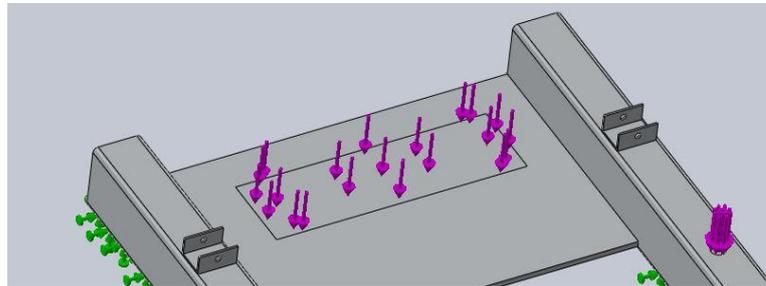
**Figura 16: Restricciones de desplazamiento estructura cinta de andar. Fuente propia**

A continuación, se deben aplicar las cargas que soportará la estructura. En concreto, esta estructura soportará dos cargas diferentes:

- Carga provocada por el peso del motor eléctrico.
- Carga que provocan las piernas del usuario al realizar el ejercicio y que es transmitida a la estructura a través de la tarima y sus apoyos de goma.

Se ha hecho el estudio de la fuerza del motor aplicando una carga en la base delantera que une los dos perfiles de unos 147 N (15 Kg). Este estudio es genérico y

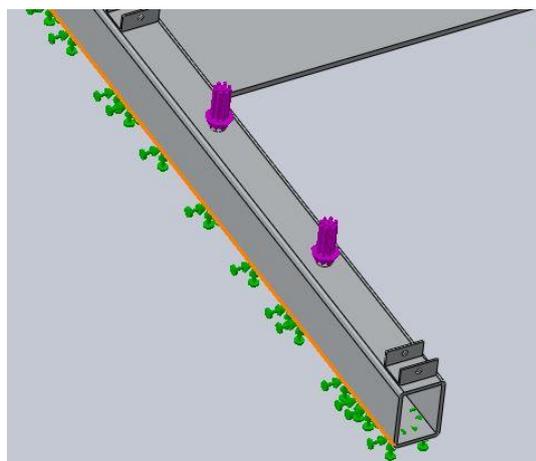
confirma que la estructura soportará el peso de cualquier motor que se coloque en la cinta de andar con un peso de 15 Kg o inferior.



**Figura 17: Fuerza provocada por el motor eléctrico en la estructura. Fuente propia**

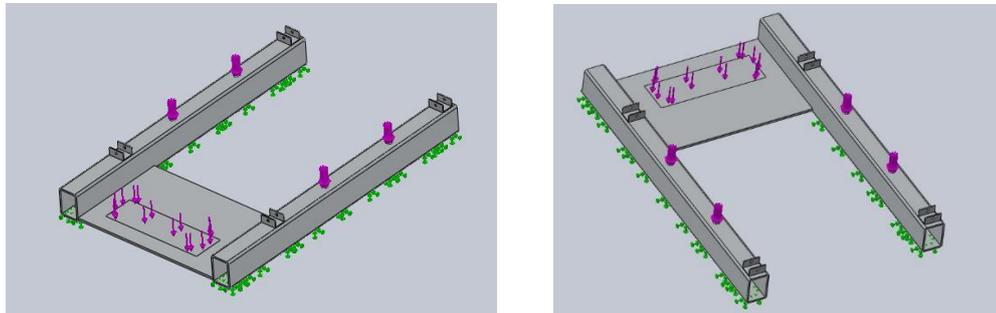
La segunda fuerza que se ha aplicado es provocada por el peso de las piernas del usuario al realizar el ejercicio. Esta fuerza será transmitida a la tarima, y esta a su vez pasará a los soportes de goma que sujetan la misma y por último a la estructura o base de la cinta de andar. Como hemos mencionado en apartados anteriores la carga o fuerza que aplican las piernas del usuario al realizar el ejercicio es de 344 N (35 Kg). Esta carga o fuerza será transmitida a la tarima y posteriormente podemos dividirla en cuatro ya que este es el número de apoyos que presenta la tarima sobre la estructura. Por tanto, el valor de cada una de estas cuatro cargas que se aplican sobre la estructura de la cinta de andar es de 86 N (8,76 Kg).

Las fuerzas o cargas se aplicaran en la superficie de contacto que proporciona el elemento de unión entre tarima y base, es decir, la superficie que abarca el soporte de goma con interior metálico.



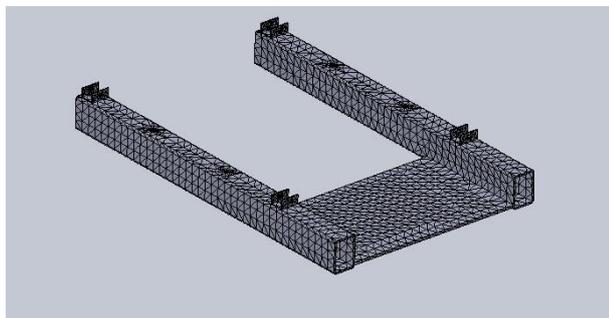
**Figura 18: Fuerza de las piernas de los usuarios aplicadas en la estructura o base de la cinta de andar. Fuente propia**

Por tanto, el conjunto de restricciones y de fuerzas aplicadas quedará de la siguiente forma:



**Figura 19: Restricciones de desplazamiento (verde) y fuerzas aplicadas (violeta) y la estructura o base de la cinta. Fuente propia**

Una vez se ha definido el material del que estará fabricada la estructura y se han aplicado tanto las restricciones de desplazamiento como las fuerzas que actúan sobre la misma, se procede con el mallado que permitirá al programa de simulación realizar los cálculos oportunos para obtener tanto las tensiones que se producen en los elementos como el desplazamiento que sufren las distintas partes del mismo.



**Figura 20: Malla estructura cinta de andar. Fuente propia**

Por último, obtenemos los resultados de tensiones y desplazamientos que nos proporciona el software SolidWorks de manera gráfica.

### 3.1.2 Tensiones

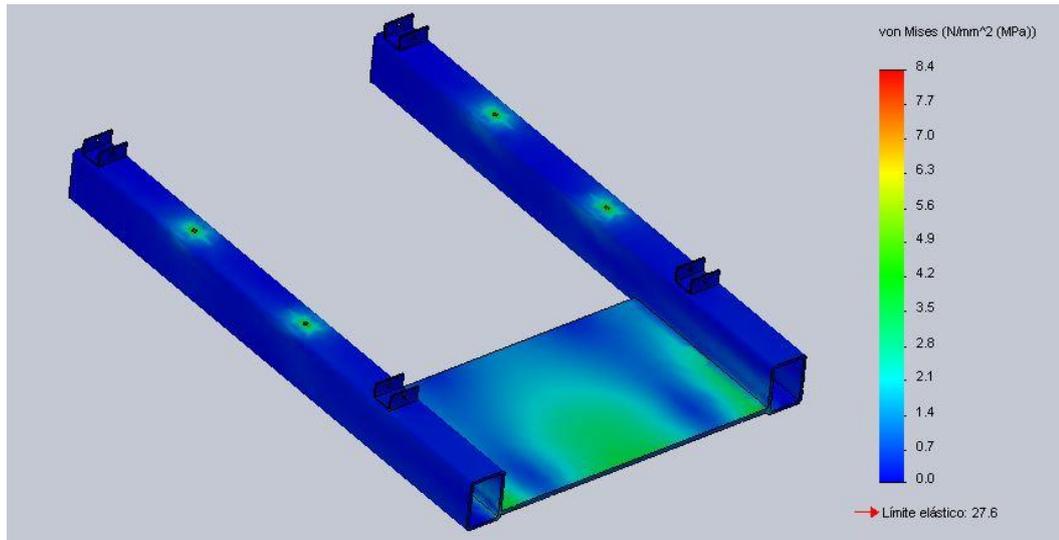


Figura 21: Tensiones de Von Mises estructura o base de la cinta de correr. Fuente propia

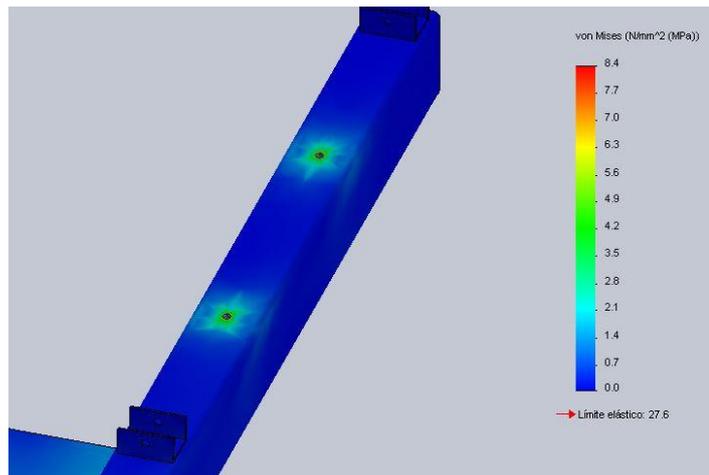


Figura 22: Ampliación de la imagen de tensiones de Von Mises en los orificios. Fuente propia

Como se puede observar en las figuras superiores (Fig 21 y 22) las tensiones máximas que soporta el material, cuando se aplican las fuerzas que hemos mencionado anteriormente, son inferiores al límite elástico del mismo. Ya que tenemos una tensión máxima, que se presenta en los orificios de la base, de unos 8,4 MPa y el límite elástico de la aleación de aluminio 1060 es de 27,6 MPa. Por tanto, podemos decir que este material con estas especificaciones y diseño soportará las cargas satisfactoriamente.

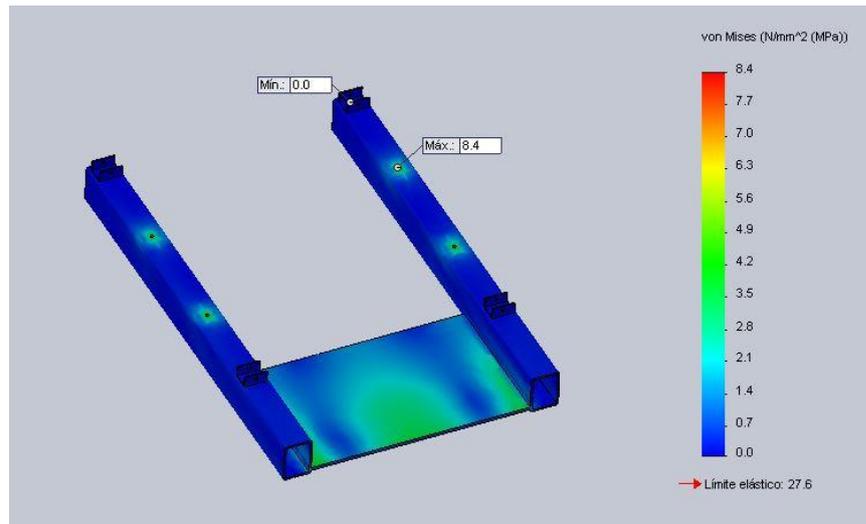


Figura 23: Tensiones máximas y mínimas estructura de la cinta de andar. Fuente propia

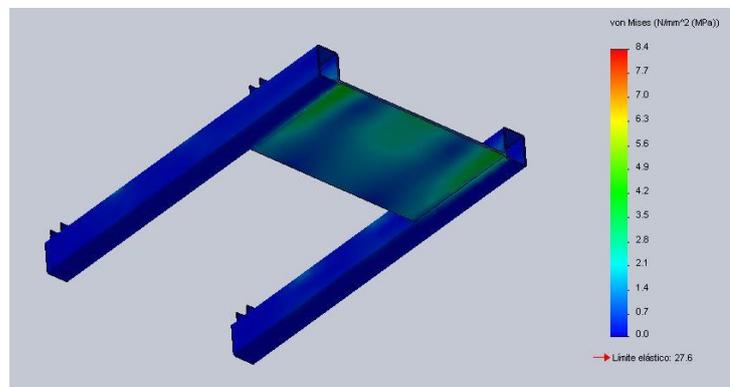


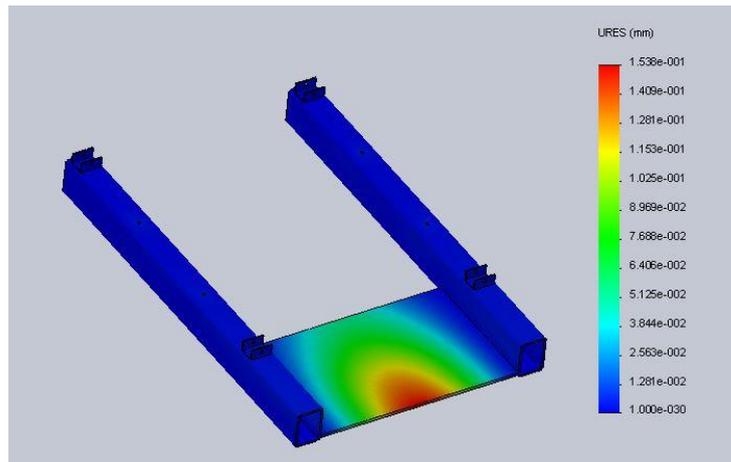
Figura 24: Tensiones de Von Mises parte inferior de la estructura de la cinta de andar. Fuente propia

Tensión Max [Mpa]	Limite elástico [Mpa]
8,4	27,6

Tabla 9: Comparación de la tensión máxima con el límite elástico del material

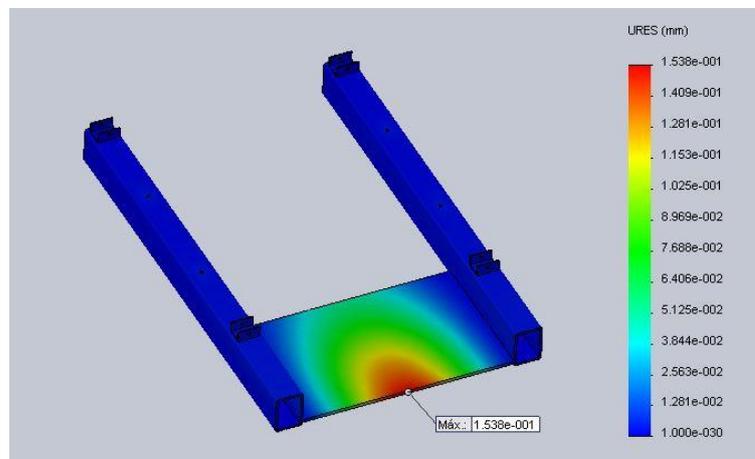
### 3.1.3 Desplazamientos

Al aplicar las restricciones, es decir, impedir que se desplace alguna parte del mecanismo y someter este a ciertas cargas o fuerzas externas se producirán desplazamientos de cada una de las partes del elemento. Estos desplazamientos también son calculados de manera gráfica por el programa de simulación SolidWorks y los resultados obtenidos para las condiciones que se han definido anteriormente son los siguientes:



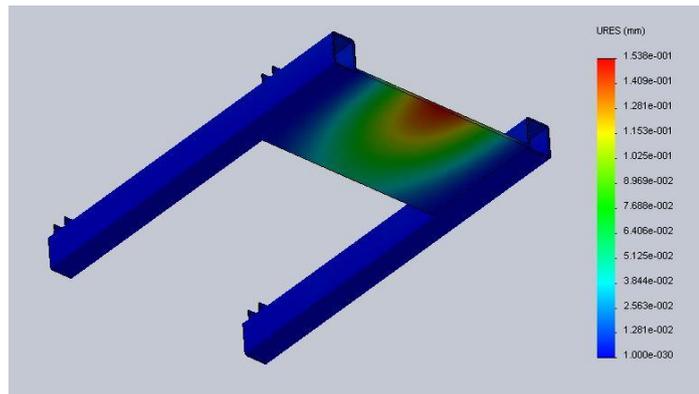
**Figura 25: Desplazamientos estructura cinta de andar. Fuente propia**

Como podemos apreciar en la figura o gráfico (Fig 25) los desplazamientos a los que se somete la estructura cuando aplicamos las cargas seleccionadas anteriormente son mínimos. Por tanto, cumplen con las especificaciones requeridas ya que el mayor desplazamiento que se produce se encuentra en la lámina de unión de los dos perfiles 50x70 y que soportará el peso del motor eléctrico. Dicho desplazamiento es de 0,16 mm.



**Figura 26: Desplazamiento máximo Cinta de Andar. Fuente propia**

Este desplazamiento es mínimo y se ha podido seleccionar una lámina de menor espesor, ya que esta cumple con bastante holgura los requisitos que se le imponían y el desplazamiento es muy pequeño. La razón por la cual se ha mantenido esta lámina es por la facilidad a la hora de montar ya que una unión soldada en aluminio de una lámina muy fina es muy difícil de realizar. Por tanto, se ha optado por mantener esta lámina de 6mm de espesor que facilita la operación de ensamblaje al soldar esta con los perfiles rectangulares.



**Figura 27: Desplazamientos en la parte inferior de la estructura. Fuente propia**

## 3.2 Tarima

El segundo y último elemento que se encuentra sometido a fuerzas o cargas externas en el conjunto de la cinta de andar es la tarima. Como se ha indicado en apartados anteriores la tarima es el elemento de madera que soporta el peso de las piernas del usuario al realizar el ejercicio. Esta tarima descansa sobre la estructura que se ha analizado anteriormente, por dicho motivo las cargas que soportan la parte superior de los perfiles de la base son las que le transmite la tarima a la misma a través de los soportes de goma.

El procedimiento de análisis de la tarima mediante el programa de simulación SolidWorks es exactamente igual que en el caso anterior. Se define el material del que estará fabricada, colocamos las restricciones de desplazamiento y las cargas que actúan sobre la misma y por último aplicamos la malla para obtener los resultados de tensiones y desplazamientos.

### 3.2.1 Material, restricciones de desplazamiento y cargas

El material seleccionado para realizar el análisis de la tarima mediante SolidWorks es madera. Realmente, en el diseño original que se llevará a cabo su fabricación, es madera contrachapada con un acabado exterior en melamina pero este programa, en el paquete de materiales con el que cuenta, solamente presenta un tipo de madera. Por tanto, se puede decir que no se trata de una material exactamente igual el que se aplicará en la realidad pero que como aproximación de las tensiones y desplazamientos que se producirán es bastante aceptable.

Las características que presenta el material seleccionado para realizar el análisis de simulación son las siguientes (Tabla 10):

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo de elasticidad	2999,99	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0,29	N/D
Módulo cortante	299,99	N/mm <sup>2</sup>
Densidad de masa	159,99	Kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	/	N/mm <sup>2</sup>
Límite elástico	19,99	N/mm <sup>2</sup>

Tabla 10: Características madera seleccionada para realizar la simulación en SolidWorks. Fuente Propia

A continuación, se colocan las restricciones de desplazamiento de la tarima, esta ira anclada a la estructura de la cinta de andar mediante los soportes de goma.

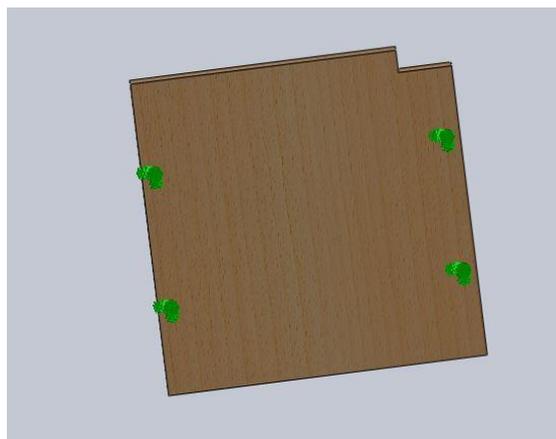


Figura 28: Restricciones de desplazamiento de la tarima. Fuente propia

Una vez colocadas las restricciones que sujetan la tarima procedemos con la aplicación de las fuerzas que actúan sobre ella. En este caso las únicas fuerzas que se presentan son las que provoca el usuario al colocar sus pies sobre la tarima. Se ha seleccionado una superficie de aplicación de la fuerza de dimensiones similares a las que podría ser la suela de un zapato. Realmente la aplicación de la carga en el momento de uso será de forma alternativa, ya que primero soportará la tarima el peso de una pierna y luego el de otra, puesto que el usuario realiza la acción de andar. Si bien es cierto esto, en determinados momentos se contará con ambas piernas colocadas sobre la tarima, por dicho motivo se ha realizado el análisis de tensiones y desplazamientos aplicando carga como si estuvieran las dos piernas apoyadas en la tarima de forma simultánea.

El valor o magnitud de esta fuerza es de 343 N (35 Kg) que si dividimos en cada una de las piernas obtendremos un valor por pierna de 172 N (15,5 Kg).

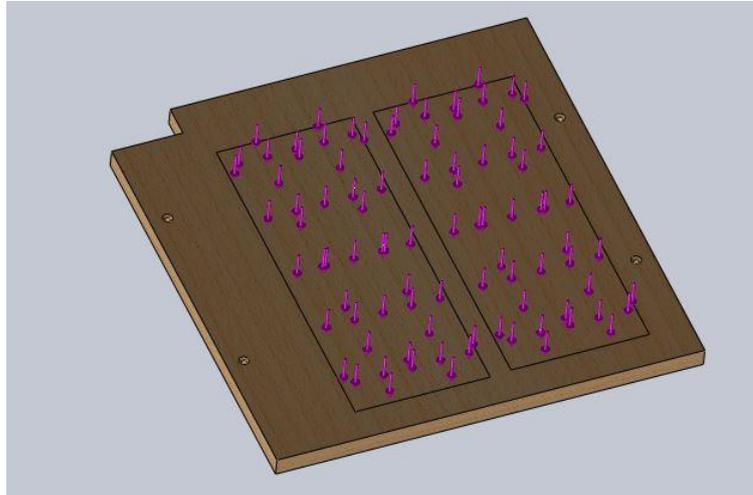


Figura 29: Superficie de aplicación de la fuerza o carga en la tarima. Fuente propia

Una vez se han colocado las restricciones y fuerzas que actúan sobre la tarima se procede a realizar la malla de la misma.

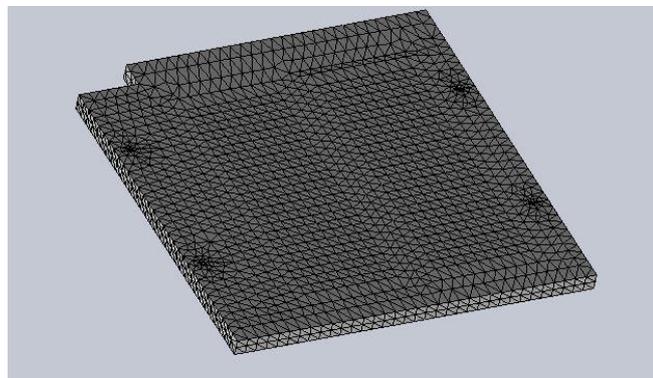


Figura 30: Malla de la tarima. Fuente propia

Por último, se obtienen los resultados de tensiones y desplazamientos que nos proporciona el software de simulación SolidWorks.

### 3.2.2 Tensiones

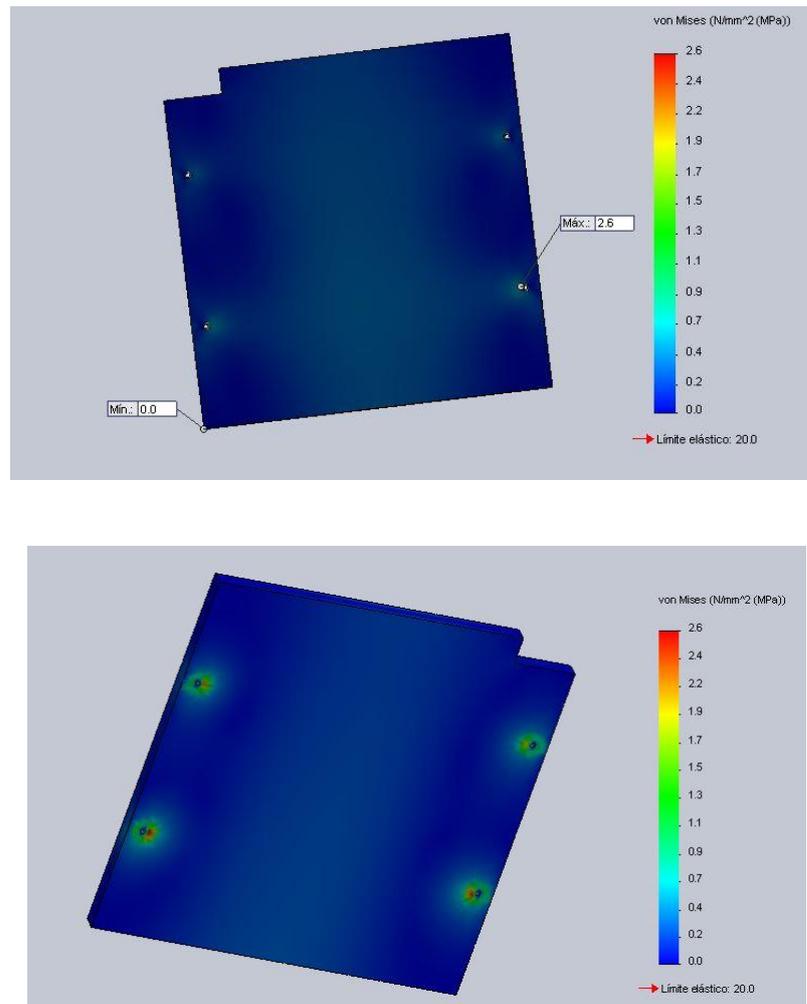


Figura 31: Tensiones en la tarima. Vista superior (arriba) y vista inferior (abajo). Fuente propia

Analizando ambas figuras o gráficas (Fig 31), se aprecia que las tensiones que aparecen en la tarima al aplicar la carga que hemos mencionado anteriormente son mucho menores que el límite elástico del material. Por tanto, una tarima de estas dimensiones cumplirá satisfactoriamente.

Como se puede observar en la siguiente figura (Fig 32) la zona en la que se producen las mayores tensiones en la tarima es en su parte inferior, concretamente cerca de los orificios donde se encuentran los apoyos de la tarima con la base o estructura de la cinta de andar.

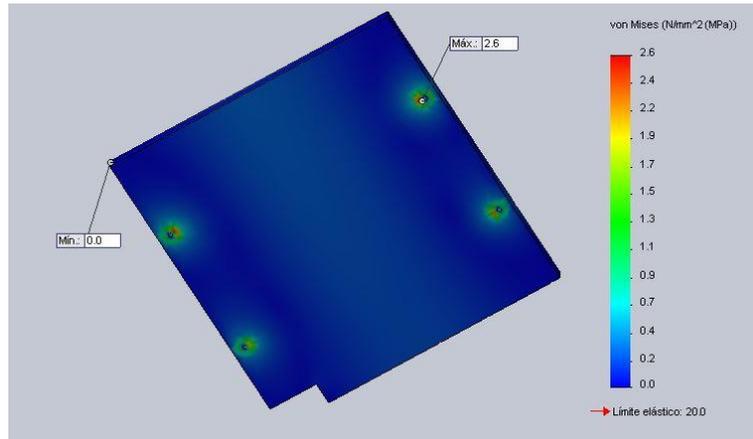


Figura 32: Tensiones máxima y mínima en la tarima. Fuente propia

Tensión Max [Mpa]	Limite elástico [Mpa]
2,6	20

Tabla 11: Comparación de la tensión máxima con el límite elástico del material

### 3.2.3 Desplazamientos

Al igual que en el caso anterior de la estructura de la cinta de andar, cuando aplicamos las restricciones, es decir, impedir que se desplace alguna parte del mecanismo y someter este a ciertas cargas o fuerzas externas se producirán desplazamientos de cada una de las partes del elemento. Estos desplazamientos también son calculados de manera gráfica por el programa de simulación SolidWorks y los resultados obtenidos para las condiciones que se han definido anteriormente son los siguientes:

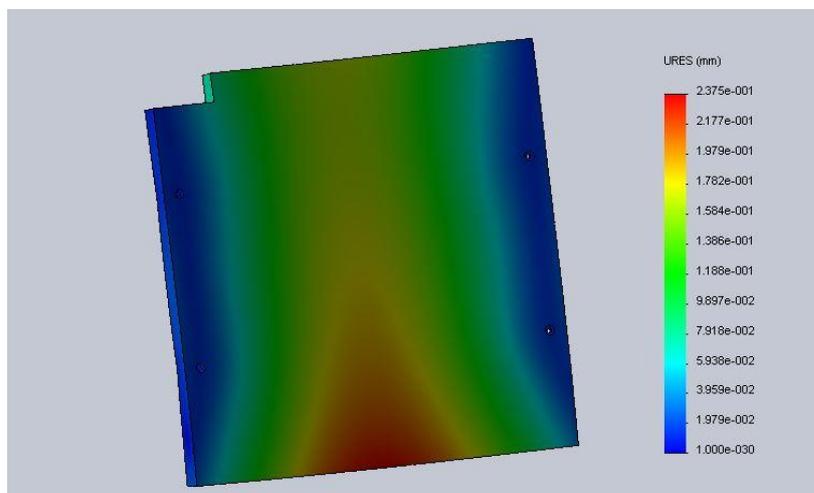
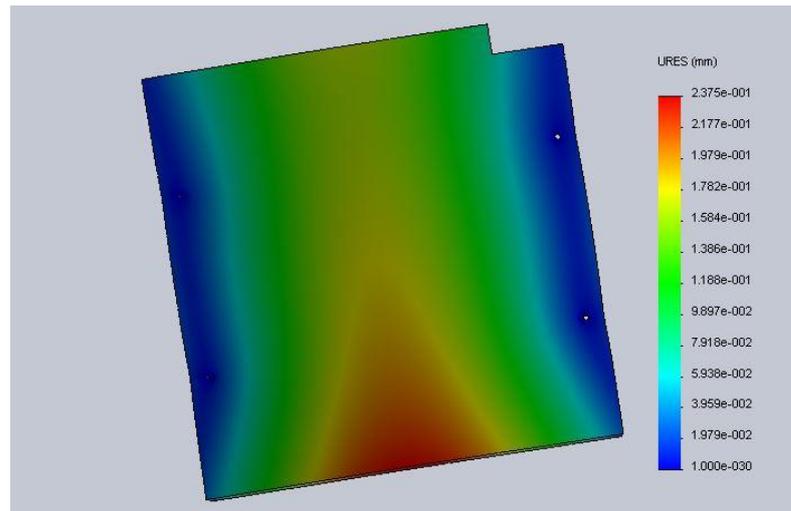


Figura 33: Desplazamientos parte superior tarima. Fuente propia



**Figura 34: Desplazamientos parte inferior tarima. Fuente propia**

Los desplazamientos máximos se producen en la parte central y trasera de la tarima como es lógico esperar. Como vemos, la magnitud mayor de estos desplazamientos, es decir, al máximo es de unos 0,24 mm. Por tanto, se puede confirmar que la tarima soportará la carga a la que está sometida y los desplazamientos serán mínimos.

#### 4. Presupuesto cinta de andar

Teniendo en cuenta todos los elementos o piezas que componen el mecanismo de la cinta de andar, en este apartado se detallará, a modo de estimación, el presupuesto de fabricación de dicha cinta de andar.

Los elementos seleccionados serán incluidos en el Anexo III: Catálogos de elementos seleccionados.

A continuación, se muestra una tabla (Tabla 12) donde se detallan cada uno de los elementos necesarios para llevar a cabo la fabricación del mecanismo así como el coste de cada una de las piezas y el coste de fabricación de las mismas.

Este presupuesto se trata de una estimación de los costes de fabricación del mecanismo, atendiendo, como ya hemos indicado anteriormente, a los materiales de los cuales se encuentra fabricado y la mano de obra para realizar la fabricación. Como indica la normativa, en cuanto a la fabricación de productos, se ha añadido un porcentaje destinado a los gastos generales (13%) y otro al beneficio industrial (6%).

<b>Presupuesto</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio unitario [€]</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Precio [€]</b>
Perfiles Base	2	3,29		
Placa Soporte del Motor	1	4,23		
Soporte "U"	4	1,23	12,30	28,03
Cilindro Hueco	2	3,72	/	7,44
Rodamiento	4	3,20	/	12,80
Soporte Rodillo	4	1,45	5,10	10,90
Polea	1	6,59	/	6,59
Tarima	1	5,27	/	5,27
"Silentblock"	4	1,06	/	4,25
Banda	1	38,5	/	38,5
Motor Eléctrico	1	100,70	/	100,70
Embellecedor delantero	1			
Embellecedor derecho	1			
Embellecedor izquierdo	1	4,23	14,11	18,34
Tornillo cabeza Allen M6x40	4	1,45	/	5,80
Tornillo cabeza avellanada M6x50	4	1,10	/	4,40
Tornillo cabeza avellanada M6x20	6	0,94	/	5,64
			<b>Precio Total [€]</b>	<b>248,66</b>
			Gastos Generales [13 %]	32,33
			Beneficio Industrial [6%]	14,91
			<b>PVP [€]</b>	<b>295,90</b>

Tabla 12: Estimación del presupuesto de fabricación de la cinta de andar.

Por tanto, la estimación del presupuesto final de fabricación de la cinta de andar asciende a **doscientos noventa y cinco euros con noventa céntimos [295,90 €]**.



**Escuela Superior de Ingeniería Y Tecnología**  
**Sección Industrial**  
**Grado en Ingeniería Mecánica**  
**Trabajo de Fin de Grado**

**Título:**

Estudio y propuestas de mejora, con sistemas mecánicos, de las máquinas destinadas al ejercicio físico de los usuarios del centro de día de mayores Las Nieves

**Anexo III: Catálogos de elementos seleccionados**

**Autor:** Eduardo Pérez Rodríguez

**Tutor Académico:** Isabel T. Martín Mateos

**Fecha:** Marzo 2019



## Índice Anexo III

### Anexo III: Catálogos de elementos seleccionados

1. Catálogo Rodamiento seleccionado “123 Rodamiento” .....	134
2. Catálogo Rodamientos “SKF” .....	134
3. Catálogo perfiles de aluminio Alu-Stock .....	135
4. Catálogo Motor Eléctrico “DKM” .....	137
5. Catálogo Interruptor Basculante “Cetronic” .....	139



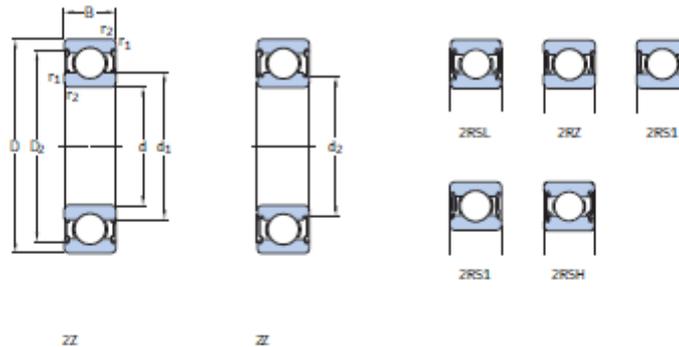
# 1. Catálogo Rodamiento seleccionado “123 Rodamiento”

## DATOS TÉCNICOS

- > Categoría: **Rodamientos de bolas**
- > Calidad: **Gama alta**
- > Marca: **Genérico**
- > Diámetro interior: **10 mm**
- > Diámetro exterior: **22 mm**
- > Espesor: **6 mm**
- > Peso: **0.009 kg**
- > N EAN13: **3663952000657**

# 2. Catálogo Rodamientos “SKF”

## 1.2 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas tapados d 17 – 20 mm

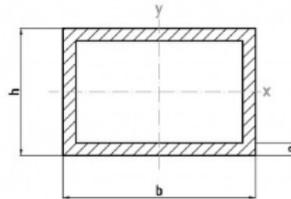


Dimensiones principales	d	D	B	Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga P <sub>L</sub>	Velocidades nominales		Masa	Designaciones	
				C	C <sub>0</sub>		Velocidad de referencia	Velocidad límite <sup>1)</sup>			Rodamientos tapados en ambos lados
	mm			kN		kN	r.p.m.		kg	-	
17	26	5	2,03	1,27	0,054	56 000	28 000	0,0082	61803-ZZ		
	26	5	2,03	1,27	0,054	56 000	28 000	0,0082	61803-ZRZ		
	26	5	2,03	1,27	0,054	=	16 000	0,0082	61803-ZRS1		
	30	7	4,62	2,55	0,308	50 000	26 000	0,037	61903-ZZ		
	30	7	4,62	2,55	0,308	50 000	26 000	0,038	61903-ZRZ		
	30	7	4,62	2,55	0,308	=	14 000	0,037	61903-ZRS1		
	35	8	6,37	3,25	0,337	45 000	22 000	0,032	62003-ZZ		
	35	10	5,85	3	0,327	49 000	25 000	0,039	E2.62003-ZZ		
	35	10	6,37	3,25	0,337	45 000	22 000	0,041	62003-ZZ	6203-Z	
	35	10	6,37	3,25	0,337	45 000	22 000	0,039	62003-ZRSL	6203-RSL	
	35	10	6,37	3,25	0,337	=	13 000	0,039	62003-ZRSH	6203-RSH	
	35	14	6,05	3,25	0,337	=	13 000	0,052	63003-ZRS1		
40	40	12	9,56	4,75	0,2	41 000	21 000	0,045	E2.6203-ZZ		
	40	12	9,95	4,75	0,2	38 000	19 000	0,048	6203-ZZ	6203-Z	
	40	12	9,95	4,75	0,2	38 000	19 000	0,067	6203-ZRSL	6203-RSL	
	40	12	9,95	4,75	0,2	=	12 000	0,067	6203-ZRSH	6203-RSH	
	40	16	9,56	4,75	0,2	=	12 000	0,089	62203-ZRS1		
	47	14	13,8	6,55	0,275	37 000	19 000	0,12	E2.6303-ZZ		
	47	14	14,3	6,55	0,275	34 000	17 000	0,12	6303-ZZ	6303-Z	
	47	14	14,3	6,55	0,275	34 000	17 000	0,12	6303-ZRSL	6303-RSL	
47	14	14,3	6,55	0,275	=	11 000	0,12	6303-ZRSH	6303-RSH		
	19	13,5	6,55	0,275	=	11 000	0,16	62303-ZRS1			
	20	32	7	4,03	2,32	0,304	45 000	22 000	0,038	61804-ZRZ	
		32	7	4,03	2,32	0,304	=	13 000	0,038	61804-ZRS1	
37		9	6,37	3,65	0,356	43 000	20 000	0,038	61904-ZRZ		
37		9	6,37	3,65	0,356	=	12 000	0,038	61904-ZRS1		
42	42	12	9,36	5	0,212	41 000	21 000	0,069	E2.6004-ZZ		
	42	12	9,95	5	0,212	38 000	19 000	0,071	6004-ZZ	6004-Z	
	42	12	9,95	5	0,212	38 000	19 000	0,067	6004-ZRSL	6004-RSL	
	42	12	9,95	5	0,212	=	11 000	0,067	6004-ZRSH	6004-RSH	
	42	16	9,36	5	0,212	=	11 000	0,086	63004-ZRS1		

### 3. Catálogo perfiles de aluminio Alu-Stock

Perfiles normalizados de aluminio

#### TUBOS RECTANGULARES DE ALUMINIO



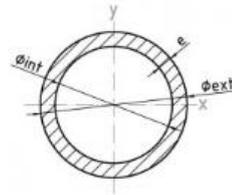
- Material disponible en Stock

- Material bajo pedido

<b>60 x 40</b>	1,5	0,825	7,940	14,899	3,970	4,966		-
<b>60 x 40</b>	2,0	1,089	10,227	19,315	5,114	6,438		-
<b>60 x 40</b>	2,5	1,347	12,349	23,474	6,174	7,825		-
<b>60 x 40</b>	3,0	1,599	14,313	27,385	7,157	9,128		-
<b>60 x 40</b>	4,0	2,087	17,801	34,505	8,900	11,502		-
<b>60 x 50</b>	3,0	1,769	24,167	32,263	9,667	10,754		-
<b>70 x 15</b>	1,5	0,697	1,004	12,799	1,339	3,657		-
<b>70 x 20</b>	1,5	0,740	1,924	14,559	1,924	4,160		-
<b>70 x 20</b>	2,0	0,975	2,414	18,834	2,414	5,381		-
<b>70 x 20</b>	3,0	1,429	3,203	26,583	3,203	7,595		-
<b>70 x 30</b>	1,5	0,825	4,760	18,078	3,174	5,165		-
<b>70 x 30</b>	2,0	1,089	6,083	23,459	4,055	6,703		-
<b>70 x 30</b>	2,5	1,347	7,286	28,536	4,858	8,153		-
<b>70 x 45</b>	2,0	1,259	15,250	30,397	6,778	8,685		-
<b>70 x 50</b>	2,0	1,315	19,382	32,710	7,753	9,346		-
<b>70 x 50</b>	3,0	1,939	27,485	46,797	10,994	13,371		-
<b>70 x 50</b>	4,0	2,540	34,638	59,502	13,855	17,001		-
<b>75 x 25</b>	2,0	1,089	4,286	25,256	3,429	6,735		-
<b>80 x 15</b>	2,0	1,032	1,407	23,761	1,876	5,940		-
<b>80 x 20</b>	1,5	0,825	2,181	20,658	2,181	5,164		-
<b>80 x 20</b>	2,0	1,089	2,739	26,803	2,739	6,701		-
<b>80 x 25</b>	1,5	0,868	3,584	22,969	2,867	5,742		-
<b>80 x 25</b>	2,0	1,145	4,551	29,846	3,641	7,461		-

Perfiles normalizados de aluminio

## TUBOS REDONDOS DE ALUMINIO



● - Material disponible en Stock

⊙ - Material bajo pedido

<b>48 x 42</b>	3,00	1,202	10,783	4,493	●	⊙
<b>48 x 44</b>	2,00	0,819	7,659	3,191	⊙	-
<b>49 x 44</b>	2,50	1,035	9,899	4,041	●	-
<b>50 x 30</b>	10,00	3,563	26,704	10,681	●	-
<b>50 x 40</b>	5,00	2,004	18,113	7,245	●	⊙
<b>50 x 42</b>	4,00	1,639	15,405	6,162	●	⊙
<b>50 x 44</b>	3,00	1,256	12,281	4,912	●	-
<b>50 x 45</b>	2,50	1,058	10,551	4,220	●	-
<b>50 x 46</b>	2,00	0,855	8,701	3,480	●	-
<b>50 x 47</b>	1,50	0,648	6,727	2,691	●	-
<b>50 x 47,4</b>	1,30	0,564	5,901	2,360	⊙	-
<b>51 x 47</b>	2,00	0,873	9,256	3,630	⊙	-
<b>52 x 40</b>	6,00	2,458	23,324	8,971	●	-
<b>52 x 46</b>	3,00	1,309	13,912	5,351	⊙	-
<b>54 x 50</b>	2,00	0,926	11,060	4,096	⊙	-
<b>55 x 40</b>	7,50	3,173	32,352	11,764	⊙	-
<b>55 x 43</b>	6,00	2,618	28,136	10,231	⊙	-
<b>55 x 45</b>	5,00	2,227	24,789	9,014	⊙	⊙
<b>55 x 50</b>	2,50	1,169	14,238	5,178	●	-
<b>55 x 52</b>	1,50	0,715	9,027	3,283	●	-
<b>56 x 46</b>	5,00	2,271	26,296	9,392	⊙	-
<b>57 x 52</b>	2,50	1,213	15,926	5,588	⊙	-
<b>60 x 30</b>	15,00	6,012	59,641	19,880	⊙	-

## 4. Catálogo Motor Eléctrico “DKM”



Induction Motor 60W(□90mm)

**60W** Induction Motor 60W(□90mm)

### Motor Specification

Model		Output W	Voltage V	Frequency Hz	Poles	Duty	Starting Torque		Rated Load			Capacitor µF / VAC	
91DG*-60F□-T: Gear Type Shaft 91DD*-60F□-T: D-Cut Type Shaft 91DK*-60F□-T: Key Type Shaft	Lead Wire Type						Terminal Box Type	kgfcm	N.m	Speed r/min	Current A		Torque kgfcm N.m
91DGA-60F□	91DGA-60F□-T	60	1φ110	60	4	Cont.	3.40	0.340	1600	1.40	4.60	0.480	16.0 / 250
91DGD-60F□	91DGD-60F□-T	60	1φ220	60	4	Cont.	4.20	0.420	1600	0.63	4.60	0.480	4.0 / 450
91DGE-60F□	91DGE-60F□-T	60	1φ220 1φ240	50	4	Cont.	3.40 4.00	0.340 0.400	1300	0.48 0.54	4.80 5.40	0.480 0.540	3.5 / 450
91DGG-60F□	91DGG-60F□-T	60	3φ220	50 60	4	Cont.	15.00 12.80	1.500 1.280	1350 1600	0.59 0.49	4.60 4.20	0.480 0.420	-
91DGG-60F□	91DGG-60F□-T	60	3φ380	50	4	Cont.	17.00	1.700	1350	0.33	4.80	0.480	-
				60			13.80	1.380	1600	0.29	4.60	0.480	
				50	4	Cont.	18.60	1.860	1350	0.36	5.20	0.520	
				60			15.20	1.520	1600	0.30	5.00	0.500	
				50	4	Cont.	20.00	2.000	1350	0.40	5.60	0.560	
				60			16.20	1.620	1600	0.33	5.20	0.520	
				50	4	Cont.	22.00	2.200	1350	0.44	6.00	0.600	
				60			18.20	1.820	1600	0.36	5.80	0.580	

- 1) Enter the phase & voltage code in the place \* and enter the model type of attaching Gearbox in the box (□) within the motor model name.
- 2) All models contain a built-in thermal protector.
- 3) Gear Type Shaft is for attaching Gearbox and D-Cut & Key Type Shafts are for using motor only.

### Max. Permissible Torque at Output Shaft of Gearbox

#### 60Hz

Motor Model	Gearbox Model	Gear Ratio	2	3	3.6	5	6	7.5	9	12.5	15	18	20	25	30	36	40	50	60	75	90	100	120	150	180	200	
91DGA-60F□	91DGA-60F□-T	kgfcm	7.0	10.5	12.5	17.4	20.9	26.1	31.4	39.4	47.3	56.7	57.1	71.4	85.7	102.8	114.2	142.8	171.4	192.2	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
91DGD-60F□	91DGD-60F□-T	N.m	0.68	1.02	1.23	1.71	2.05	2.56	3.07	3.86	4.63	5.56	5.60	7.00	8.40	10.08	11.20	13.99	16.79	18.83	19.60	19.60	19.60	19.60	19.60	19.60	19.60
91DGE-60F□	91DGE-60F□-T	kgfcm	-	10.5	12.5	-	20.9	-	31.4	39.4	47.3	56.7	57.1	71.4	85.7	102.8	-	142.8	171.4	192.2	200.6	256.2	300.0	300.0	300.0	300.0	
91DGG-60F□	91DGG-60F□-T	N.m	-	1.02	1.23	-	2.05	-	3.07	3.86	4.63	5.56	5.60	7.00	8.40	10.08	-	13.99	16.79	18.83	22.80	25.11	28.40	29.40	29.40	29.40	

Motor Model	Gearbox Model	Gear Ratio	10	12	15	18	25	30	36	50	60
91DGA-60F□	91DGA-60F□-T	kgfcm	34.4	40.3	48.5	55.9	73.5	83.2	96.8	126.0	122.4
91DGD-60F□	91DGD-60F□-T	N.m	3.38	3.95	4.75	5.48	7.20	8.15	9.48	12.35	12.00

Motor Model	Gearbox Model	Gear Ratio	7.5	10	15	20	25	30	40	50	60	80
91DGA-60F□	91DGA-60F□-T	kgfcm	26.5	34.0	47.9	60.5	69.3	80.8	99.1	113.4	126.0	132.7
91DGD-60F□	91DGD-60F□-T	N.m	2.58	3.33	4.69	5.93	6.78	7.90	9.71	11.11	12.35	13.00

#### 50Hz

Motor Model	Gearbox Model	Gear Ratio	2	3	3.6	5	6	7.5	9	12.5	15	18	20	25	30	36	40	50	60	75	90	100	120	150	180	200
91DGA-60F□	91DGA-60F□-T	kgfcm	8.6	12.9	15.5	21.6	25.9	32.4	38.8	48.8	58.5	70.2	70.7	88.4	106.1	127.3	141.4	176.8	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
91DGD-60F□	91DGD-60F□-T	N.m	0.85	1.27	1.52	2.11	2.54	3.17	3.81	4.76	5.73	6.88	6.93	8.66	10.40	12.48	13.86	17.33	19.60	19.60	19.60	19.60	19.60	19.60	19.60	
91DGE-60F□	91DGE-60F□-T	kgfcm	-	12.9	15.5	-	25.9	-	38.8	48.8	58.5	70.2	70.7	88.4	106.1	127.3	-	176.8	212.2	237.9	265.5	300.0	300.0	300.0	300.0	
91DGG-60F□	91DGG-60F□-T	N.m	-	1.27	1.52	-	2.54	-	3.81	4.76	5.73	6.88	6.93	8.66	10.40	12.48	-	17.33	20.79	23.31	27.96	29.40	29.40	29.40	29.40	

Motor Model	Gearbox Model	Gear Ratio	10	12	15	18	25	30	36	50	60
91DGA-60F□	91DGA-60F□-T	kgfcm	42.6	48.9	60.1	69.3	91.0	103.0	119.8	142.9	122.4
91DGD-60F□	91DGD-60F□-T	N.m	4.16	4.89	5.89	6.79	8.92	10.09	11.74	14.00	12.00

Motor Model	Gearbox Model	Gear Ratio	7.5	10	15	20	25	30	40	50	60	80
91DGA-60F□	91DGA-60F□-T	kgfcm	32.8	42.1	59.3	74.9	85.8	99.8	122.7	140.4	156.0	132.7
91DGD-60F□	91DGD-60F□-T	N.m	3.21	4.13	5.81	7.34	8.41	9.76	12.03	13.76	15.29	13.00

- 1) Enter the phase & voltage code in the box (□) within the motor model name.
- 2) Enter the gear ratio in the box (□) within the Gearbox model name.
- 3) A colored background indicates gear shaft rotation in the same direction as the motor shaft; a white background indicates rotation in the opposite direction.
- 4) The rotating speed is calculated by dividing the motor's synchronous speed (50Hz: 1,500r/min, 60Hz: 1,800r/min) by the gear ratio. The actual speed is 2~20% less than the displayed value, depending on the size of the load.

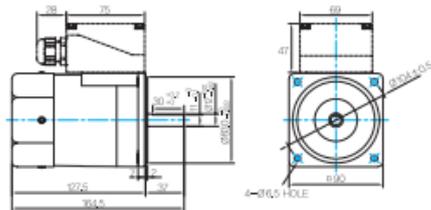
# B AC Motors

## Induction Motor 60W(□90mm)

### Dimensions

#### MOTOR ONLY

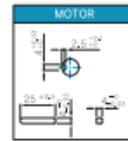
- MOTOR MODEL: 9IDD□-60F(-T) (GENERAL FAN)



#### MOTOR OUTPUT SHAFT

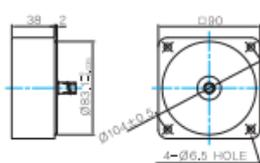
MODEL	SPEC
D-CUT TYPE	
9IDD□-60F	
KEY TYPE	
9IDK□-60F	

#### KEY SPEC



#### INTER-DECIMAL GEARBOX

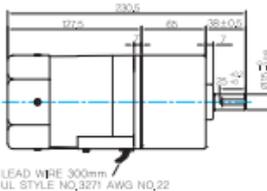
- MODEL: 9XD10□□



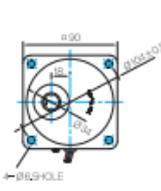
#### GEARED MOTOR

##### P TYPE GEARBOX

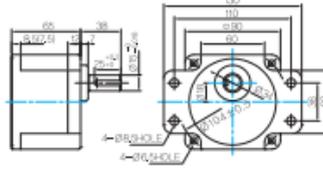
- MOTOR MODEL: 9IDG□-60FP (GENERAL FAN)



- GEARBOX MODEL: 9PBK□BH



- GEARBOX MODEL: 9PFK□BH



- GEARBOX OUTPUT SHAFT

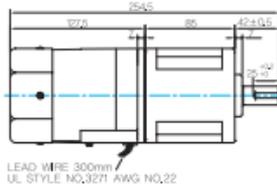
MODEL	SPEC
KEY TYPE	
9PBK□BH	
9PFK□BH	

#### KEY SPEC

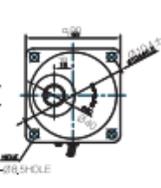


##### H TYPE GEARBOX

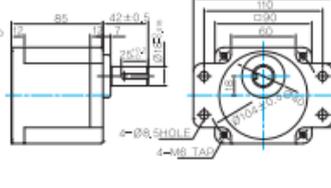
- MOTOR MODEL: 9IDG□-60FH (GENERAL FAN)



- GEARBOX MODEL: 9HBK□BH



- GEARBOX MODEL: 9HFK□BH



- GEARBOX OUTPUT SHAFT

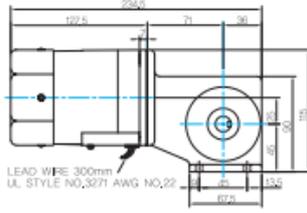
MODEL	SPEC
KEY TYPE	
9HBK□BH	
9HFK□BH	

#### KEY SPEC

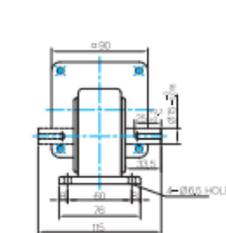


##### W TYPE GEARBOX

- MOTOR MODEL: 9IDG□-60FW (GENERAL FAN)



- GEARBOX MODEL: 9WD DBL/BR/BRL



#### KEY SPEC



**Motor Images**

9IDD□-60F	9IDD□-60F-T	9IDG□-60FP+9P8K□BH	9IDG□-60FP+9PFK□BH
			
9IDG□-60FH+9HBK□BH	9IDG□-60FH+9HFK□BH	9IDG□-60FW+9WD□BL	9IDG□-60FWH+9WH□-030
			

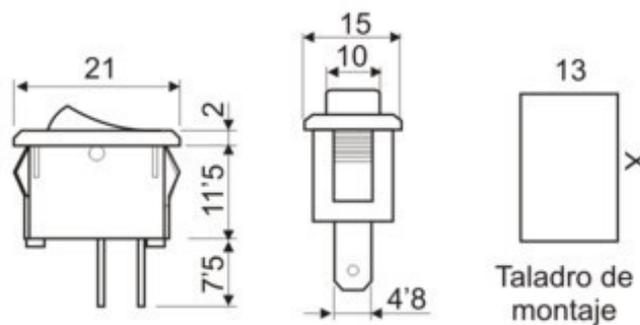
## 5. Catálogo Interruptor Basculante “Cetronic”



### 11.182C CONMUTADOR UNIPOLAR 2 POSICIONES

Conmutador unipolar. Tipo Conmutador (dos posiciones ON-ON).

- Potencia: 6A/250VAC
- Temperatura: 85°C
- Terminales: Faton 4.8 mm.
- Color del cuerpo y la tecla: Negro.





**Escuela Superior de Ingeniería Y Tecnología**  
**Sección Industrial**  
**Grado en Ingeniería Mecánica**  
**Trabajo de Fin de Grado**

**Título:**

Estudio y propuestas de mejora, con sistemas mecánicos,  
de las máquinas destinadas al ejercicio físico de los  
usuarios del centro de día de mayores Las Nieves

**Anexo IV: Planos**

**Autor:** Eduardo Pérez Rodríguez

**Tutor Académico:** Isabel T. Martín Mateos

**Fecha:** Marzo 2019



## Índice Anexo IV

### ANEXO IV: Planos

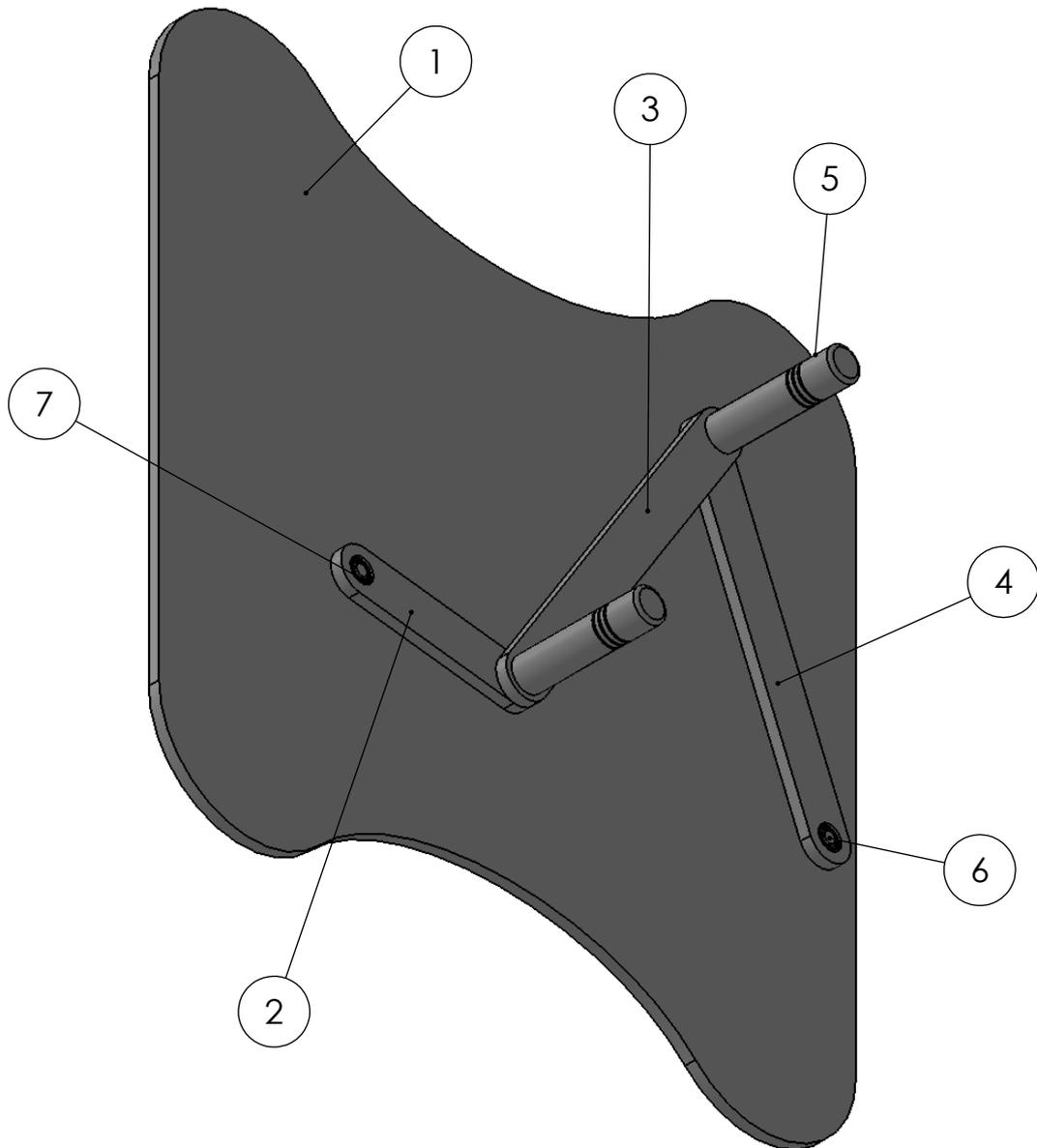
#### Planos Mecanismo de Cuatro Barras

Conjunto 1.00.....	145
Modelo explosionado 1.S1.....	146
Base 1.01.....	147
Manivela 1.02.....	148
Biela 1.03.....	149
Balancín 1.04.....	150
Agarre 1.05.....	151
Perno de unión 1.06.....	152

#### Planos Cinta de Andar

Conjunto 2.00.....	153
Lista de elementos 2.00.....	154
Modelo explosionado 2.S1.....	155
Lista de elementos 2.S1.....	156
Subconjunto Base Cinta de andar 2.01.....	157
Perfil Base 2.01.01.....	158
Base Motor 2.01.02.....	159
Soporte “U” 2.01.03.....	160
Subconjunto Rodillo Delantero 2.02.....	161
Modelo explosionado Rodillo Delantero 2.S2.....	162
Subconjunto Rodillo Trasero 2.03.....	163
Modelo explosionado Rodillo Trasero 2.S3.....	164
Cilindro Hueco 2.02.01.....	165
Soporte Rodillo 2.02.02.....	166
Polea Rodillo Delantero 2.02.03.....	167
Tarima 2.04.....	168
Embellecedor Delantero 2.05.....	169
Embellecedor Izquierdo 2.06.....	170
Embellecedor Derecho 2.07.....	171

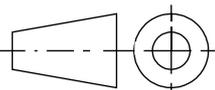


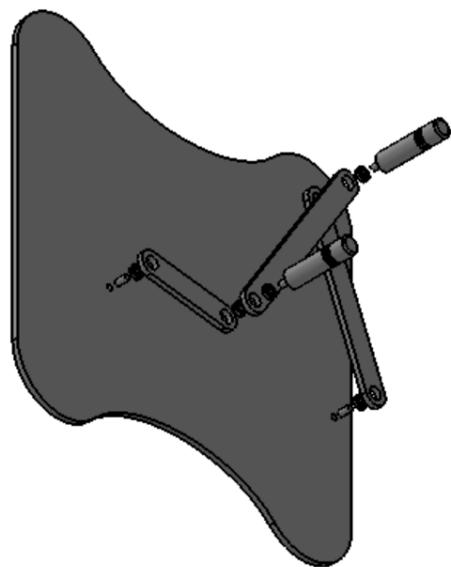
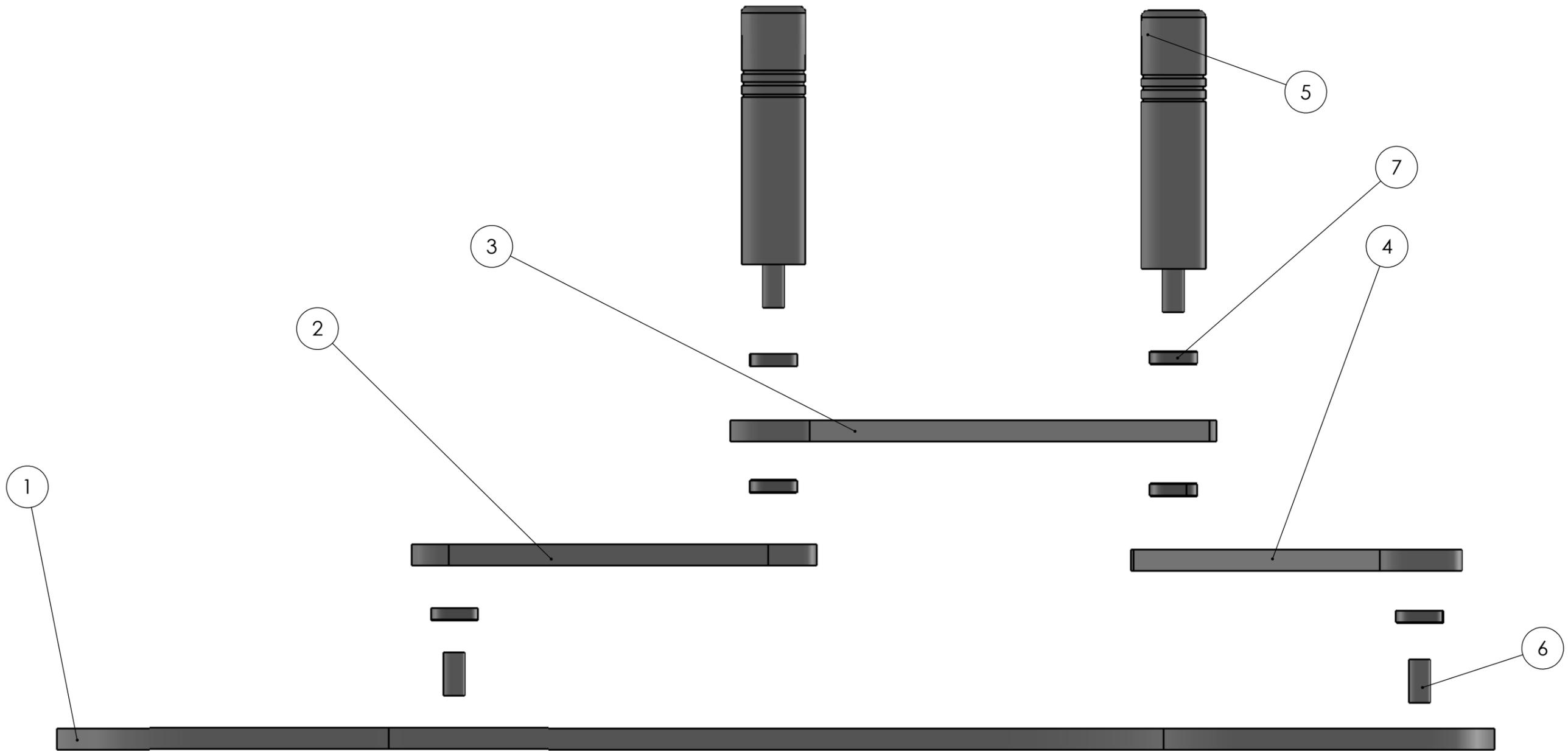


Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad
1	Base	Contrachapado	1
2	Manivela	Contrachapado	1
3	Biela	Contrachapado	1
4	Balancín	Contrachapado	1
5	Agarre	Madera de pino	2
6	Perno de unión	Madera de pino	2
7	Rodamiento	61900-2RS	6

### TFG

10/03/2019	<b>Autor</b>		<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	EDUARDO		
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		

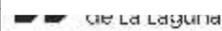
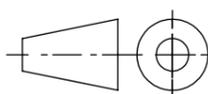
<b>ESCALA:</b> 1/5	Conjunto: MECANISMO DE CUATRO BARRAS		Conjunto Nº: 1.00
	Título: PLANO DE CONJUNTO		Plano Nº: 1.00

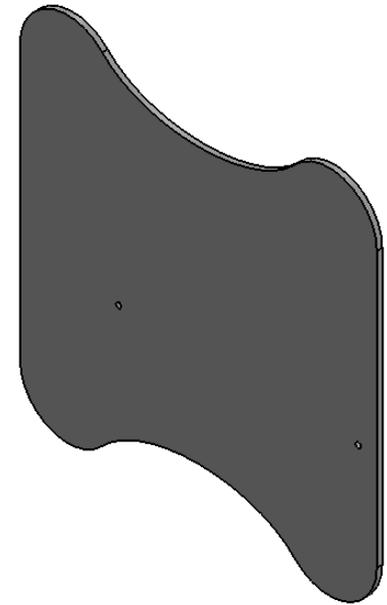
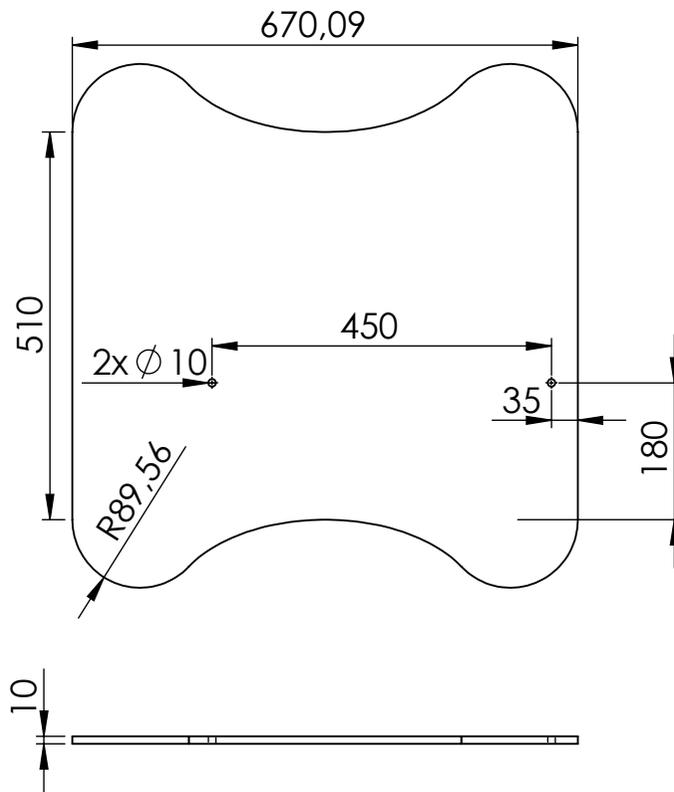


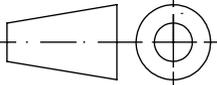
ESCALA  
1/10

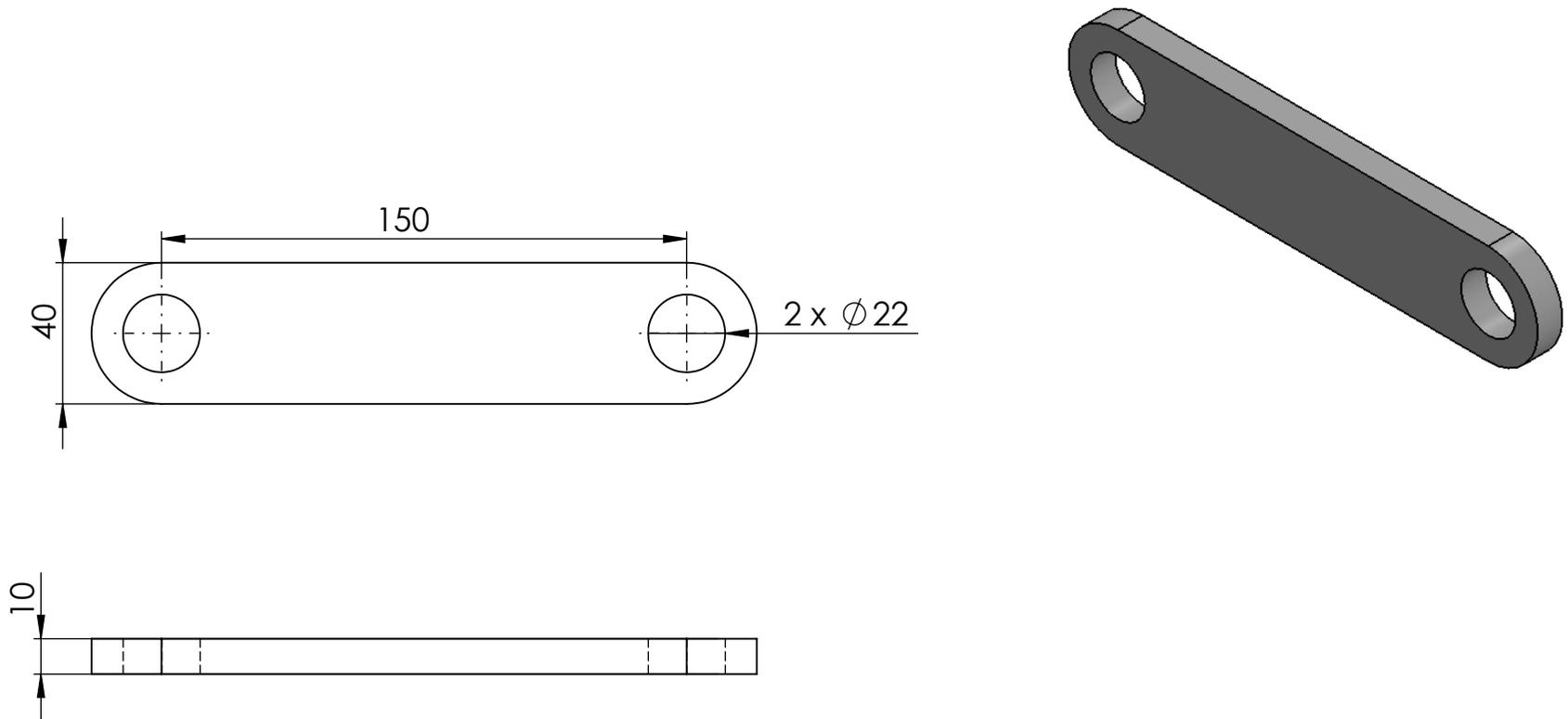
Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad
1	Base	Contrachapado	1
2	Manivela	Contrachapado	1
3	Biela	Contrachapado	1
4	Balancín	Contrachapado	1
5	Agarre	Madera de pino	2
6	Perno de unión	Madera de pino	2
7	Rodamiento	61900-2RS	6

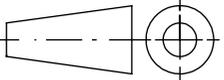
  

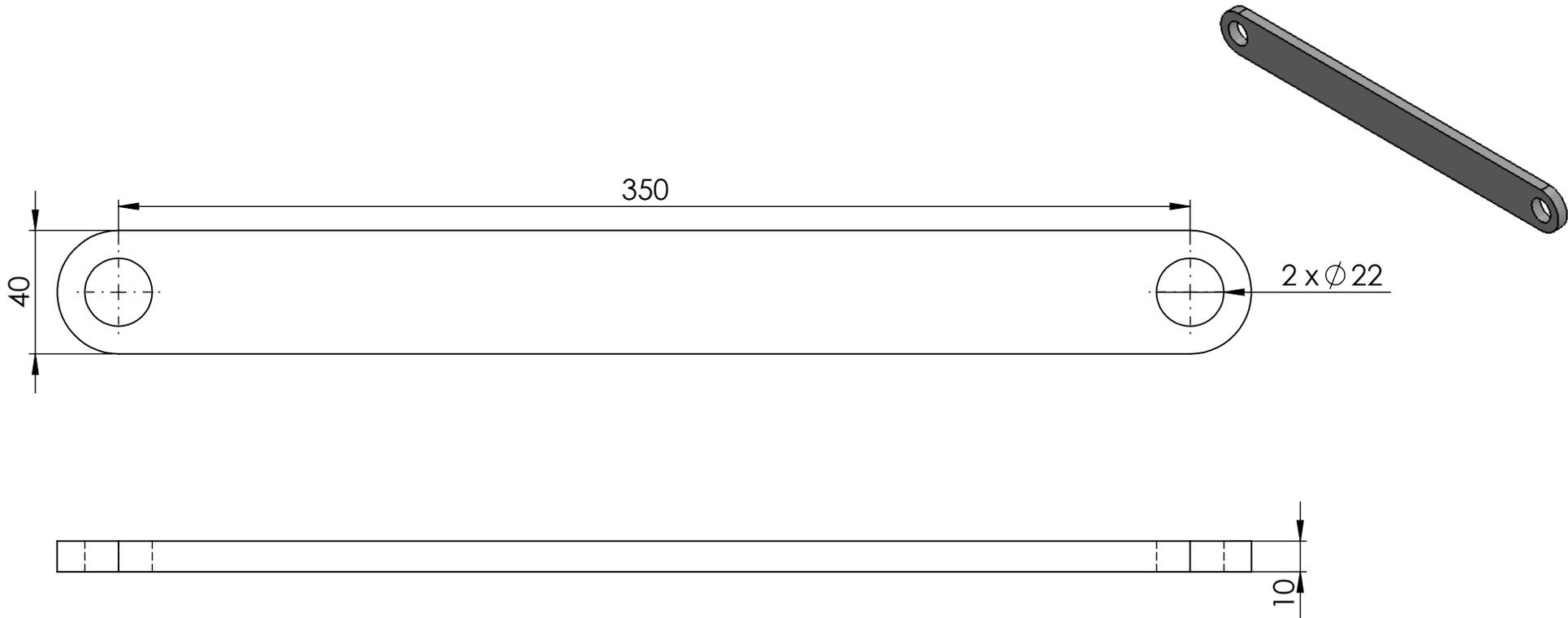
TFG			
10/03/2019	<b>Autor</b>	 Universidad de La Laguna	<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	EDUARDO		
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
<b>ESCALA:</b>	Conjunto:	MECANISMO DE CUATRO BARRAS	 Conjunto Nº: 1.00 Plano Nº: 1.S1
<b>1/2</b>	Título:	VISTA EXPLOSIONADA	

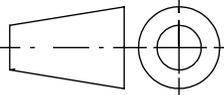


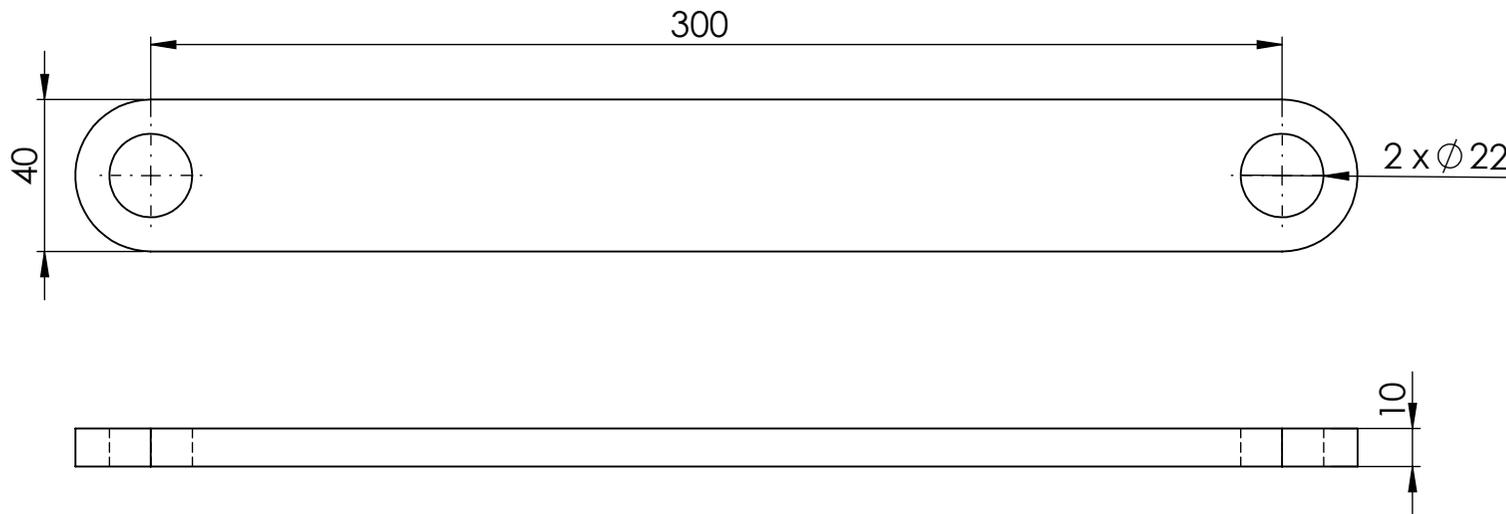
Nº de elemento	Nº de Pieza	Material	Cantidad
1	Base	Contrachapado	1
<b>TFG</b>			
10/03/2019	<b>Autor</b>	 <b>Universidad</b> de La Laguna	<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	EDUARDO		
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
<b>ESCALA:</b> 1/10	Conjunto:	MECANISMO DE CUATRO BARRAS	
	Título:	BASE	



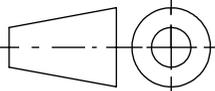
Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad
2	Manivela	Contrachapado	1
<b>TFG</b>			
10/03/2019	<b>Autor</b>	 <b>Universidad</b> de La Laguna	<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	EDUARDO		
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
<b>ESCALA:</b>	Conjunto:	MECANISMO DE CUATRO BARRAS	
<b>1/2</b>	Título:	MANIVELA	

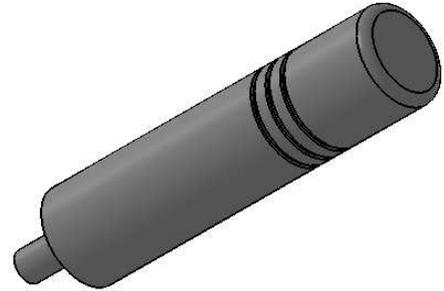
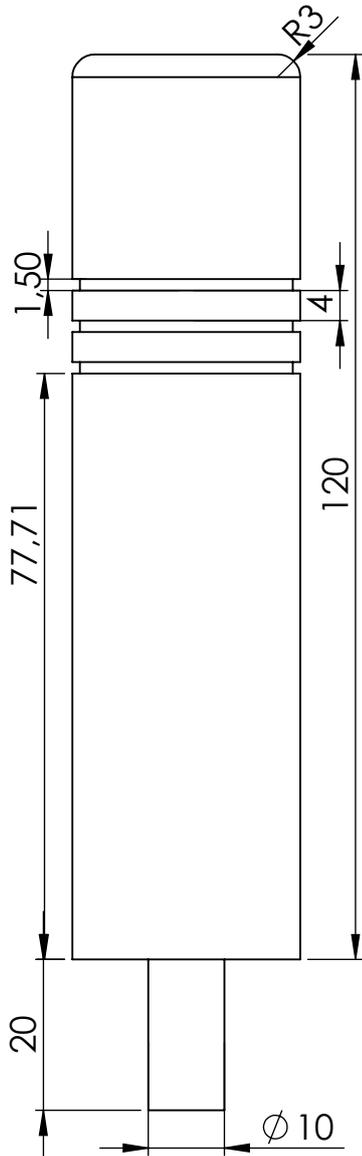
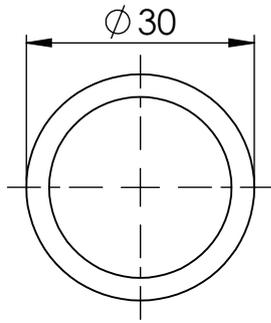


Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad	
3	Biela	Contrachapado	1	
<b>TFG</b>				
10/03/2019	<b>Autor</b>	 <b>Universidad</b> de La Laguna	<b>ESCUELA SUPERIOR</b> <b>INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	EDUARDO			
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
<b>ESCALA:</b> 1/2	Conjunto:	MECANISMO DE CUATRO BARRAS		Conjunto Nº: 1.00
	Título:	BIELA		Plano Nº: 1.03



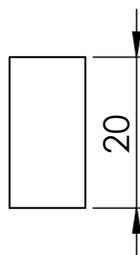
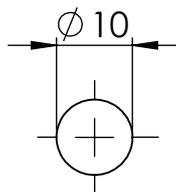
ESCALA  
1/5

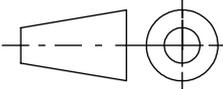
Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad
4	Balancín	Contrachapado	1
<b>TFG</b>			
10/03/2019	<b>Autor</b>	 <b>Universidad</b> de La Laguna	<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	EDUARDO		
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
<b>ESCALA:</b>	Conjunto:		Conjunto Nº: 1.00
<b>1/2</b>	Título:		BALANCÍN

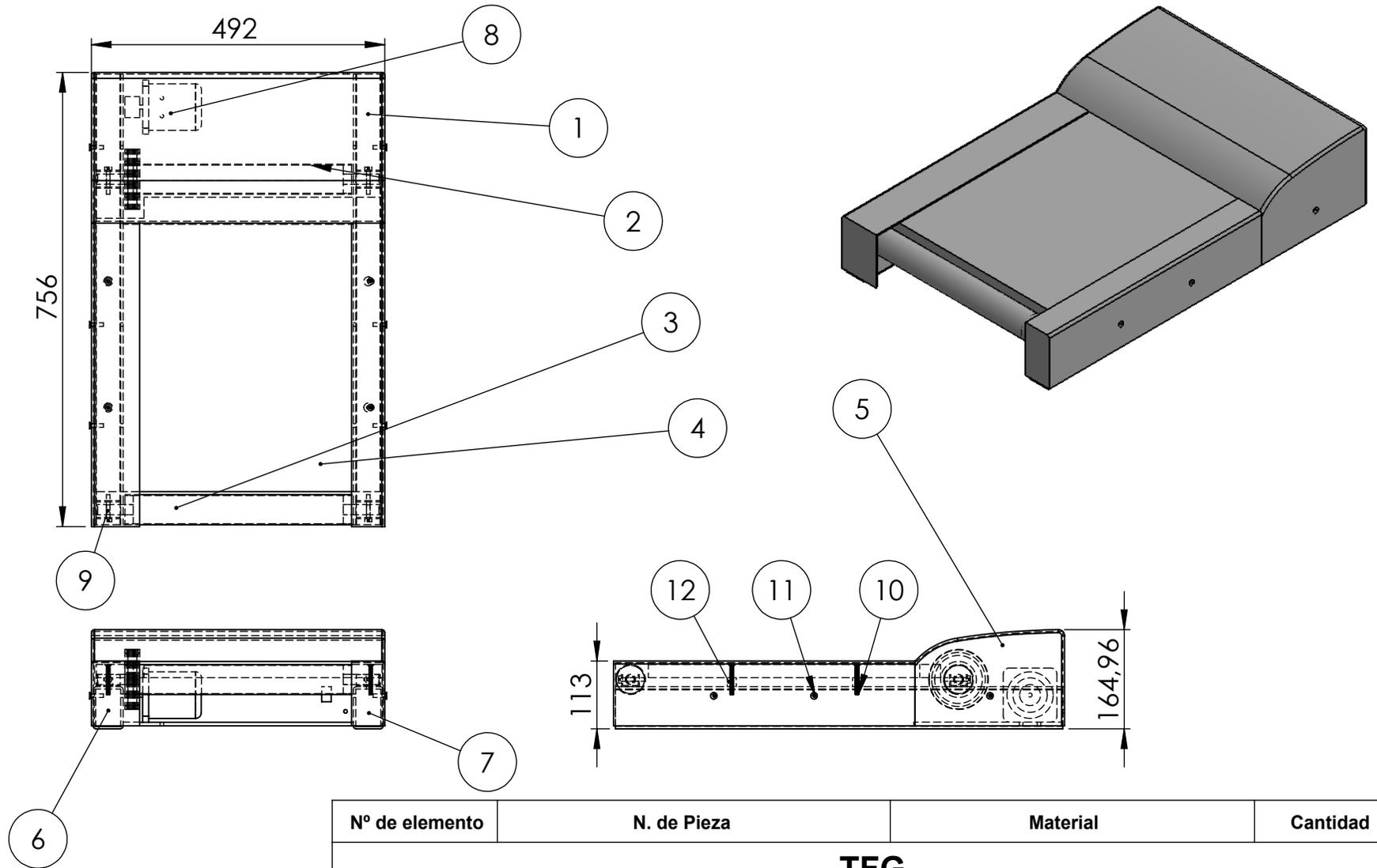


ESCALA  
1/2

Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad
5	Agarre	Madera de Pino	2
<b>TFG</b>			
10/03/2019	<b>Autor</b>		<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	EDUARDO		
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
<b>ESCALA:</b> 1/1	Conjunto:	MECANISMO DE CUATRO BARRAS	
	Título:	AGARRE	



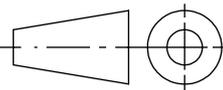
Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad	
6	Perno de unión	Madera de pino	2	
<b>TFG</b>				
10/03/2019	<b>Autor</b>	 <b>Universidad de La Laguna</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	EDUARDO			
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
<b>ESCALA:</b> 1/1	Conjunto:	MECANISMO DE CUATRO BARRAS		Conjunto Nº: 1.00
	Título:	PERNO DE UNIÓN		Plano Nº: 1.06

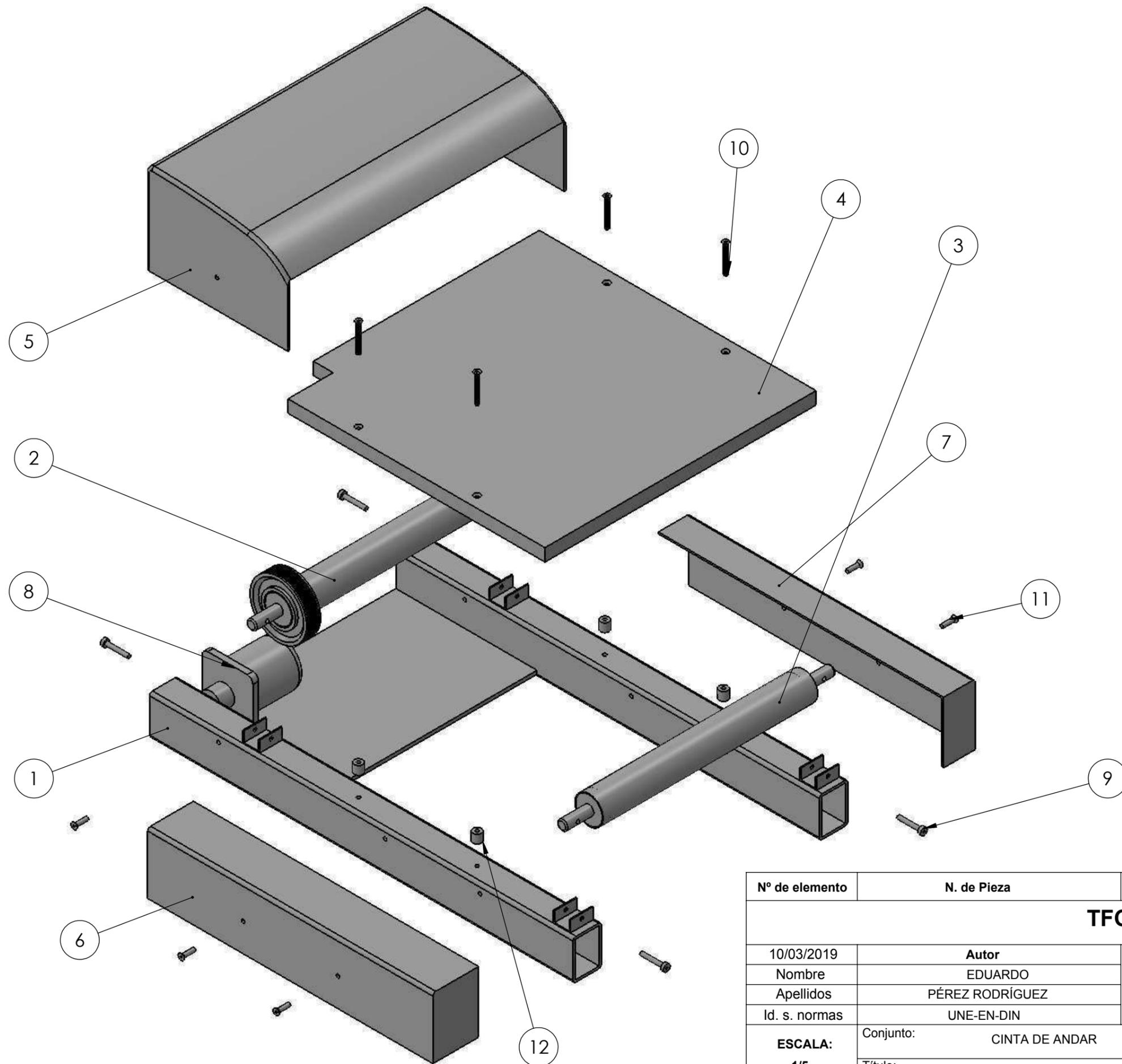


Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad
<b>TFG</b>			
10/03/2019	<b>Autor</b>	 <b>Universidad de La Laguna</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	EDUARDO		
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
<b>ESCALA:</b> 1/10	Conjunto:	CINTA DE ANDAR	 Conjunto Nº: 2.00 Plano Nº: 2.00
	Título:	CONJUNTO CINTA DE ANDAR	

Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad
1	Base Cinta de Andar	Aleación aluminio 1060	1
2	Rodillo Delantero	Aleación aluminio 1060	1
3	Rodillo Trasero	Aleación aluminio 1060	1
4	Tarima	Contrachapado recubierto de melamina	1
5	Embellecedor Delantero	Polipropileno	1
6	Embellecedor Izquierdo	Polipropileno	1
7	Embellecedor Derecho	Polipropileno	1
8	Motor Eléctrico	DKM 9IDGE-60F	1
9	Tornillo	Cabeza Allen M6x40	4
10	Tornillo	Cabeza avellanada M6x50	4
11	Tornillo	Cabeza avellanada M6x20	6
12	"SilentBlock"	M6x15x15	4

## TFG

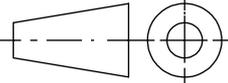
10/03/2019	<b>Autor</b>	 <b>Universidad de La Laguna</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	EDUARDO		
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
<b>ESCALA:</b> 1/10	Conjunto:	CINTA DE ANDAR	
	Título:	CONJUNTO CINTA DE ANDAR	
			Conjunto Nº: 2.00
			Plano Nº: 2.00

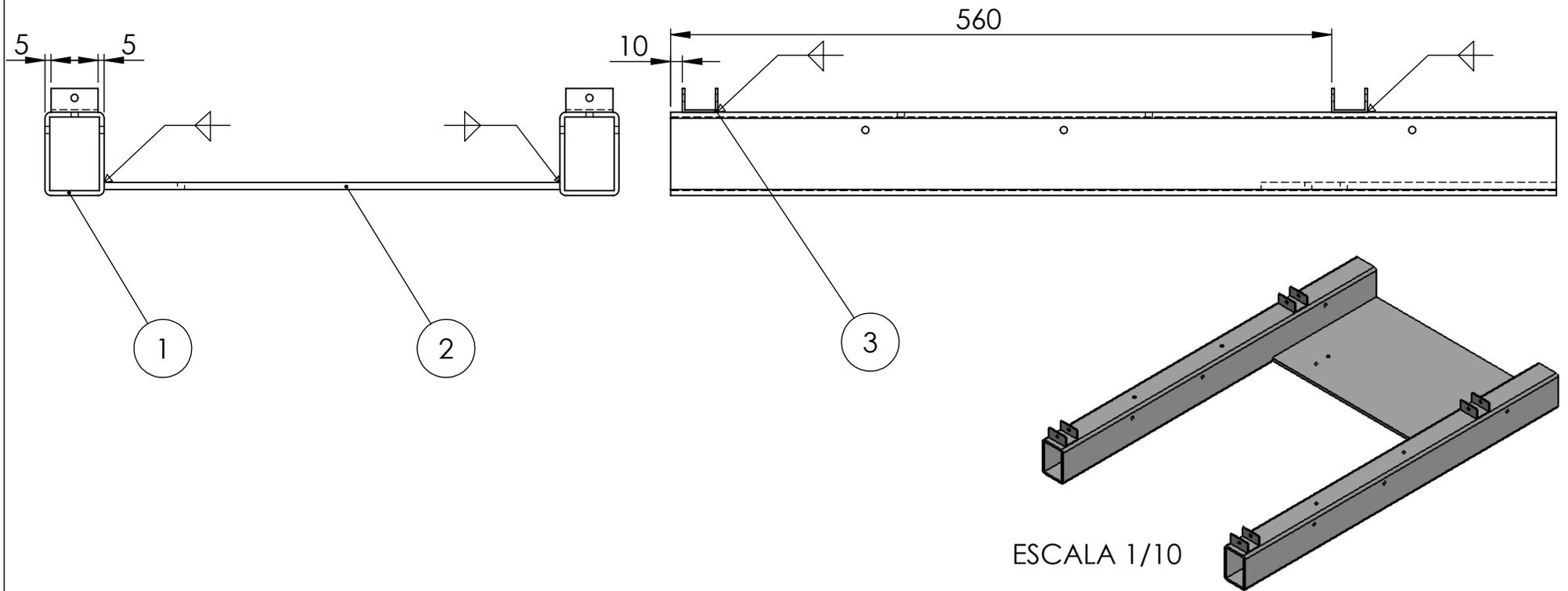


Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad
<b>TFG</b>			
10/03/2019	<b>Autor</b>	<b>Universidad</b> de La Laguna	<b>ESCUELA SUPERIOR</b> <b>INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	EDUARDO		
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
<b>ESCALA:</b> 1/5	Conjunto: CINTA DE ANDAR		Conjunto Nº: 2.00
	Título: VISTA EXPLOSIONADA CINTA DE ANDAR		Plano Nº: 2.S1

Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad
1	Base Cinta de Andar	Aleación aluminio 1060	1
2	Rodillo Delantero	Aleación aluminio 1060	1
3	Rodillo Trasero	Aleación aluminio 1060	1
4	Tarima	Contrachapado recubierto de melamina	1
5	Embellecedor Delantero	Polipropileno	1
6	Embellecedor Izquierdo	Polipropileno	1
7	Embellecedor Derecho	Polipropileno	1
8	Motor Eléctrico	DKM 9IDGE-60F	1
9	Tornillo	Cabeza Allen M6x40	4
10	Tornillo	Cabeza avellanada M6x50	4
11	Tornillo	Cabeza avellanada M6x20	6
12	"SilentBlock"	M6x15x15	4

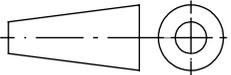
## TFG

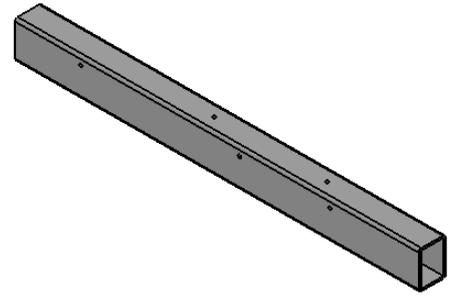
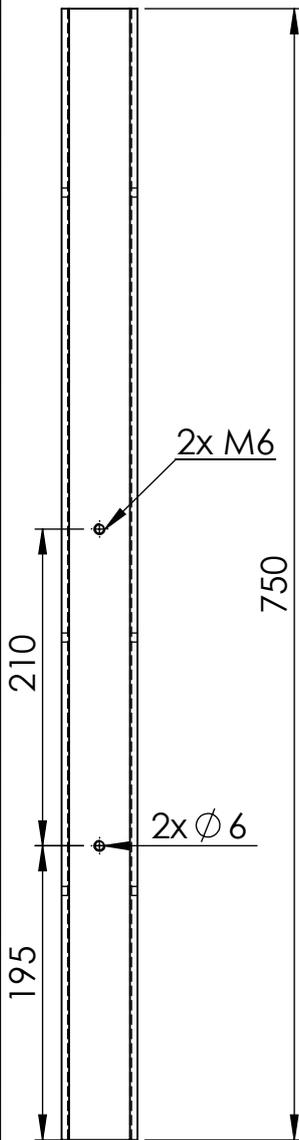
10/03/2019	<b>Autor</b>	 <b>Universidad</b> de La Laguna	<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	EDUARDO		
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
<b>ESCALA:</b> <b>1/5</b>	Conjunto:	CINTA DE ANDAR	
	Título:	VISTA EXPLOSIONADA CINTA DE ANDAR	
			Conjunto Nº: 2.00
			Plano Nº: 2.S3



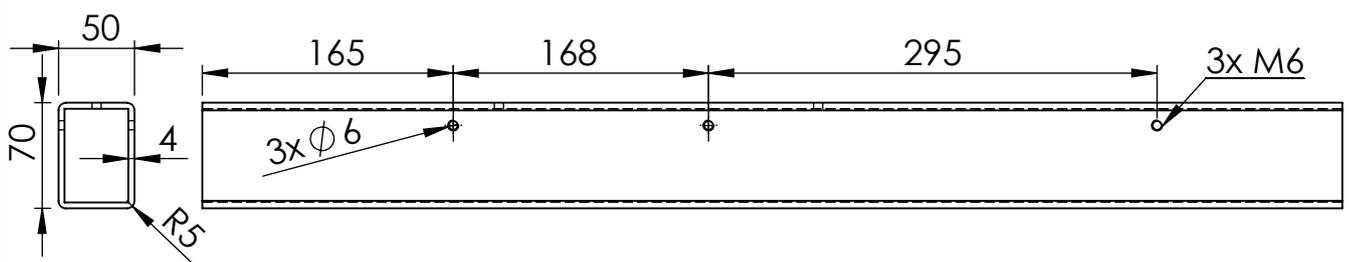
Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad
1	Perfil Base	Aleación aluminio 1060	2
2	Base Motor	Aleación aluminio 1060	1
3	Soporte "U"	Aleación aluminio 1060	4

**TFG**

10/03/2019	<b>Autor</b>		 <b>Universidad de La Laguna</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	EDUARDO				
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ				
Id. s. normas	UNE-EN-DIN				
<b>ESCALA:</b> 1/5	Conjunto:	CINTA DE ANDAR	Subconjunto:	RODILLOS	 Conjunto Nº: 2.00 Plano Nº: 2.01
	Título:	SUBCONJUNTO BASE CINTA DE ANDAR			



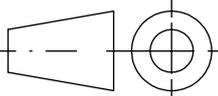
ESCALA 1/10

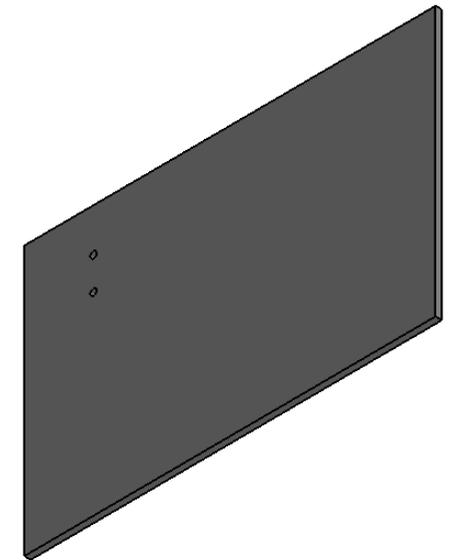
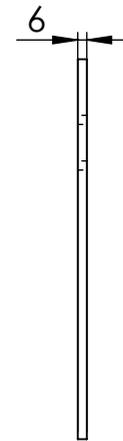
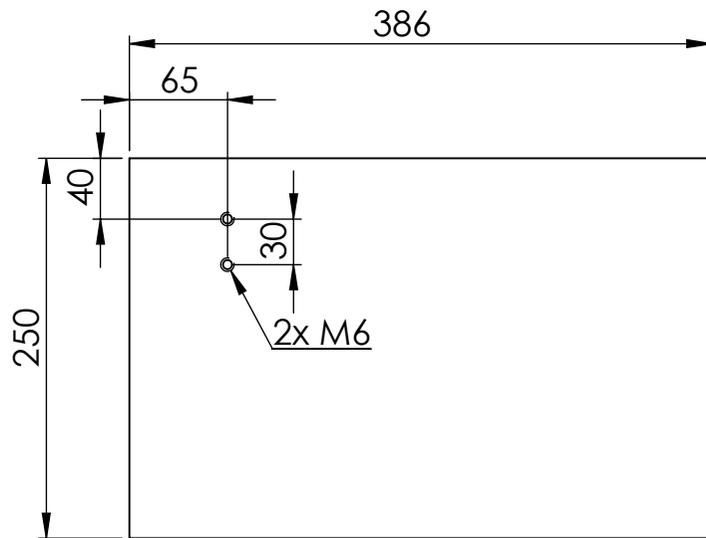


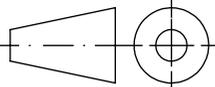
Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad
1	Perfil base	Aleacion aluminio 1060	2

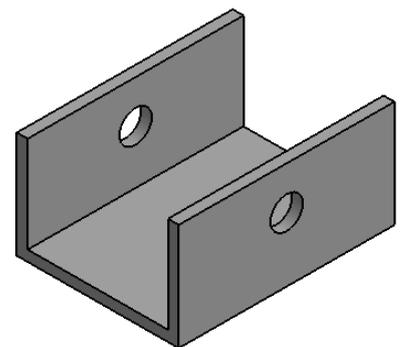
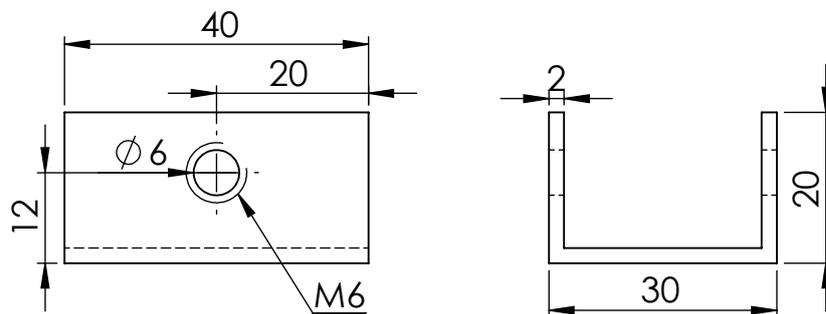
**TFG**

10/03/2019	<b>Autor</b>		 <b>Universidad de La Laguna</b> ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	EDUARDO		
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		

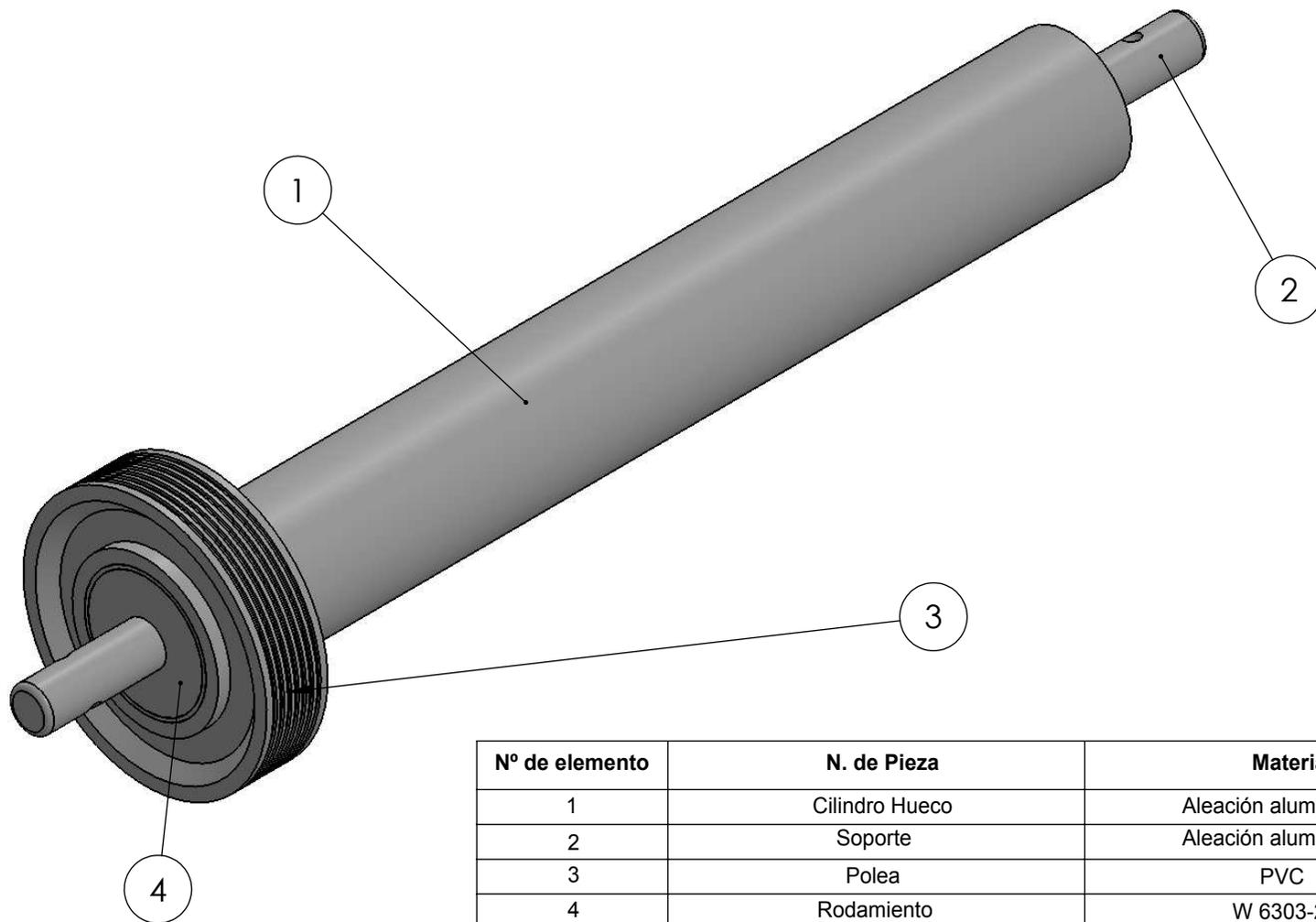
<b>ESCALA:</b> 1/5	Conjunto: CINTA DE ANDAR	Subconjunto: BASE		Conjunto Nº: 2.00
	Título: PERFIL BASE			Plano Nº: 2.01.01



Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad
2	Base Motor	Aleación aluminio 1060	1
<b>TFG</b>			
10/03/2019	<b>Autor</b>		 <b>Universidad de La Laguna</b> <b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	EDUARDO		
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
<b>ESCALA:</b> 1/5	Conjunto:	CINTA DE ANDAR	Subconjunto: BASE
	Título:	BASE MOTOR	
			
			Conjunto Nº: 2.00 Plano Nº: 2.01.02

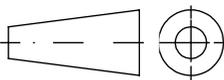


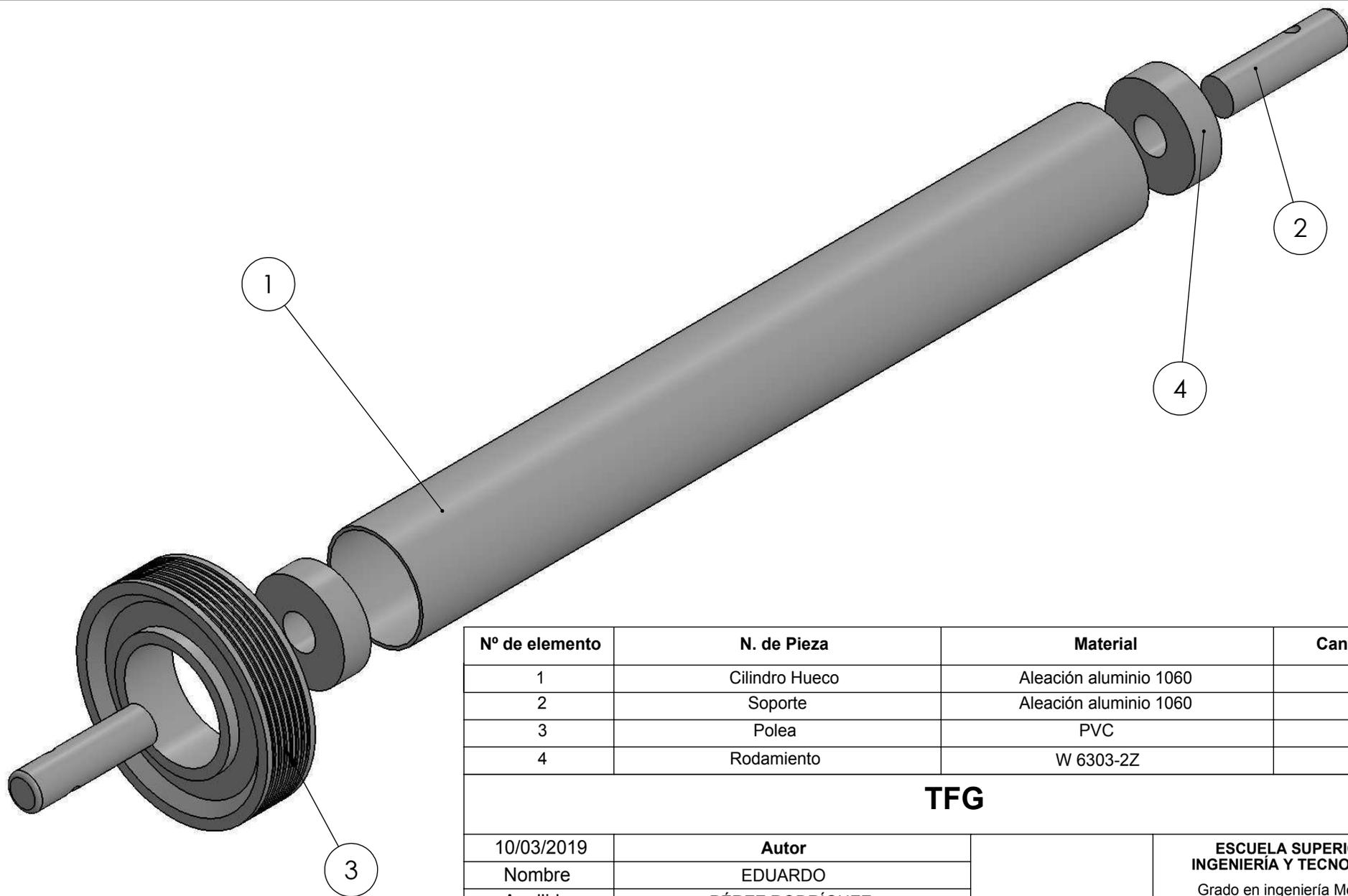
Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad			
3	Soporte "U"	Aleación de aluminio 1060	4			
<b>TFG</b>						
10/03/2019	<b>Autor</b>		<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna			
Nombre	EDUARDO					
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ					
Id. s. normas	UNE-EN-DIN					
<b>ESCALA:</b> 1/1	Conjunto:	CINTA DE ANDAR	Subconjunto:	BASE		Conjunto Nº: 2.00
	Título:	SOPORTE "U"				Plano Nº: 2.01.03



Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad
1	Cilindro Hueco	Aleación aluminio 1060	1
2	Soporte	Aleación aluminio 1060	2
3	Polea	PVC	1
4	Rodamiento	W 6303-2Z	2

**TFG**

10/03/2019	<b>Autor</b>		 <b>Universidad de La Laguna</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	EDUARDO				
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ				
Id. s. normas	UNE-EN-DIN				
<b>ESCALA:</b> 1/2	Conjunto:	CINTA DE ANDAR	Subconjunto:	RODILLOS	
	Título:	SUBCONJUNTO RODILLO DELANTERO			

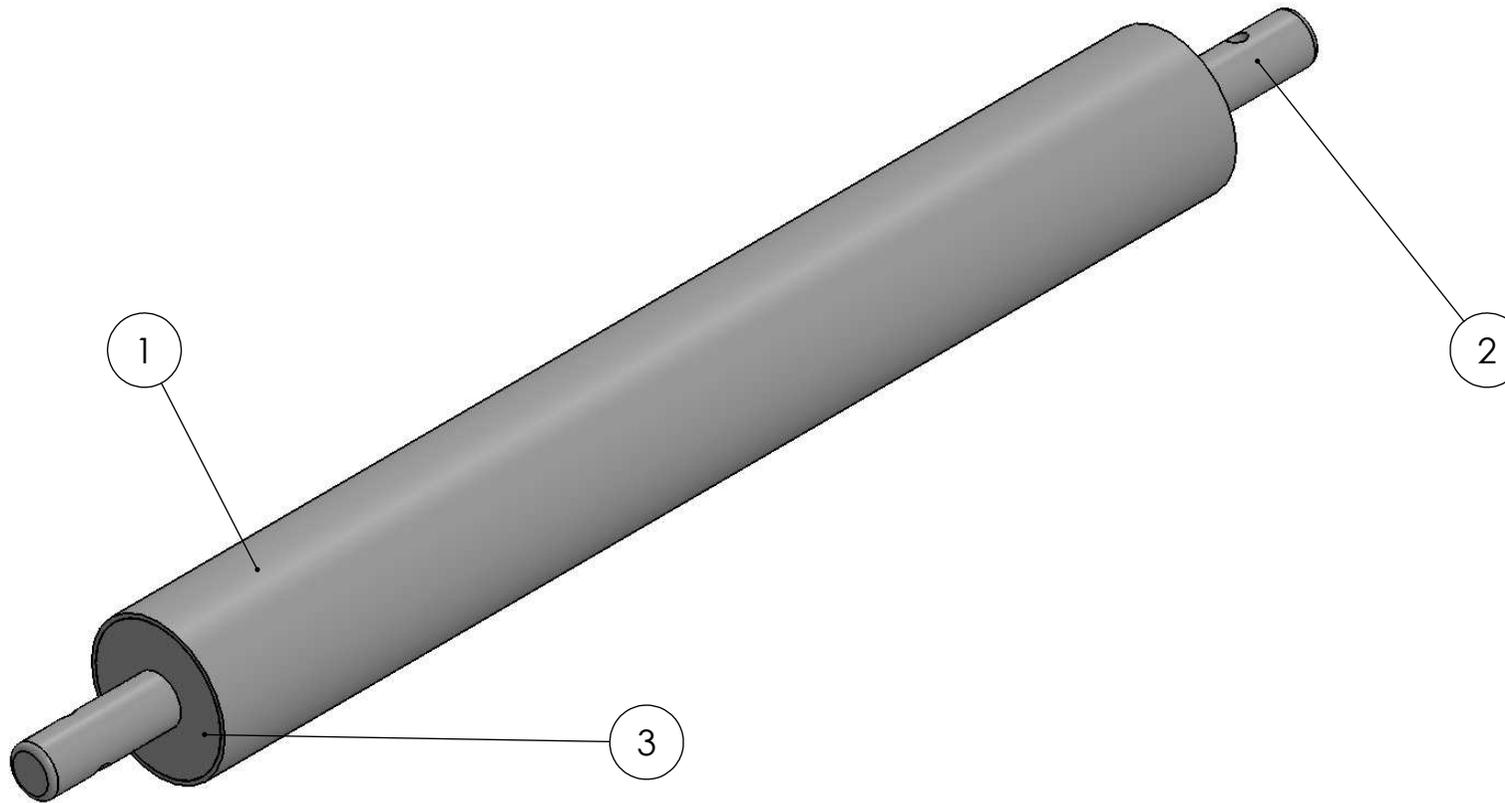


Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad
1	Cilindro Hueco	Aleación aluminio 1060	1
2	Soporte	Aleación aluminio 1060	2
3	Polea	PVC	1
4	Rodamiento	W 6303-2Z	2

**TFG**

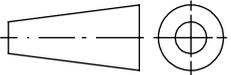
10/03/2019	<b>Autor</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	EDUARDO	
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN	

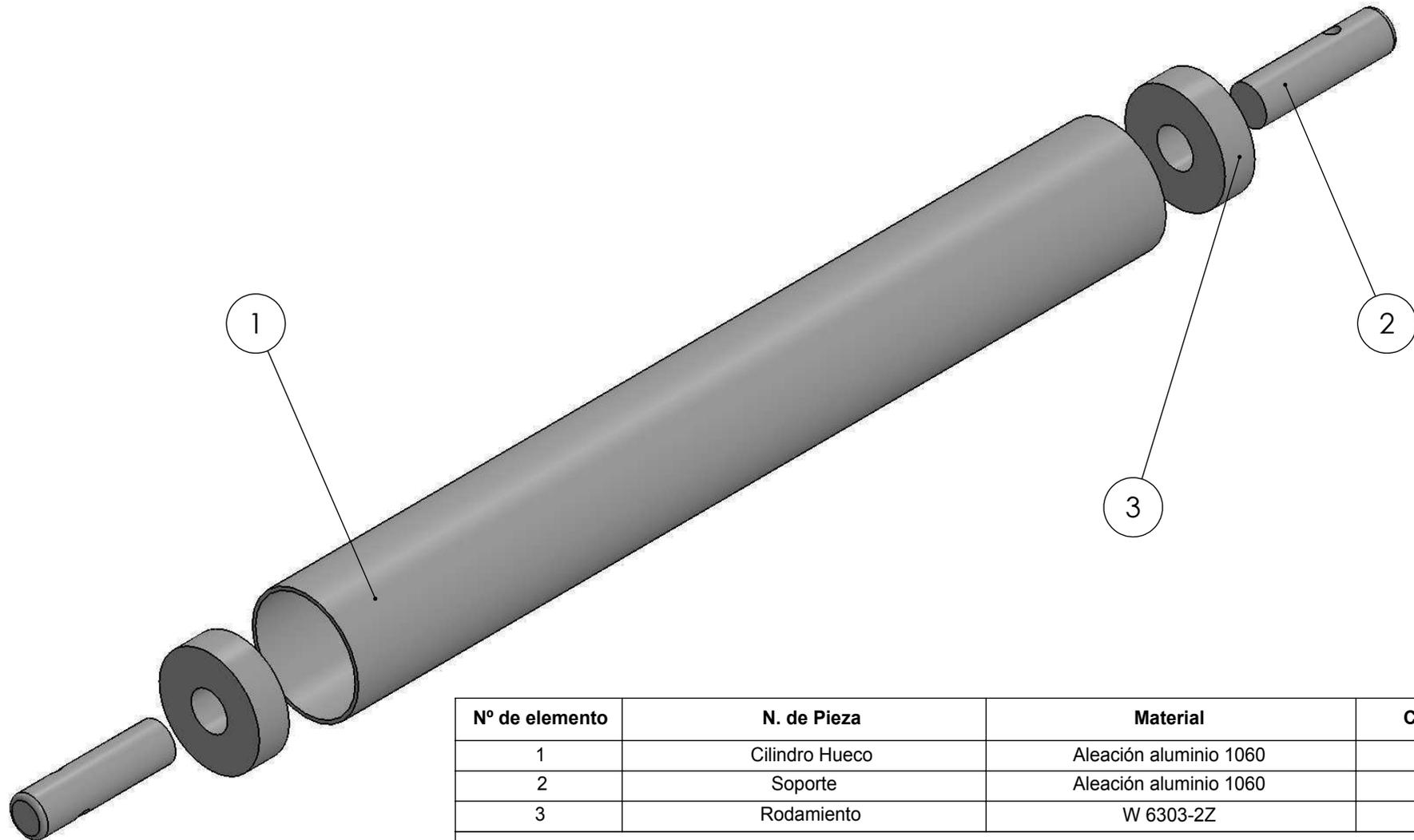
<b>ESCALA:</b> 1/2	Conjunto: CINTA DE ANDAR	Subconjunto: RODILLOS		Conjunto Nº: 2.00
	Título: VISTA EXPLOSIONADA RODILLO DELANTERO			Plano Nº: 2.S2



Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad
1	Cilindro Hueco	Aleación aluminio 1060	1
2	Soporte	Aleación aluminio 1060	2
3	Rodamiento	W 6303-2Z	2

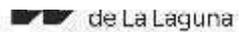
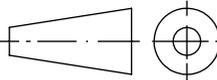
**TFG**

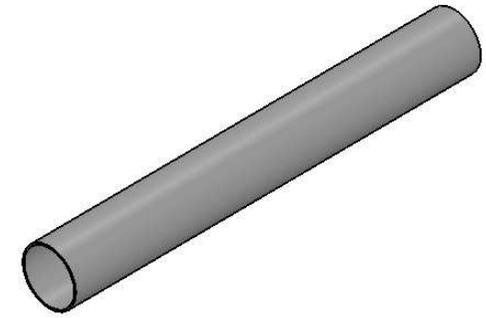
10/03/2019	<b>Autor</b>		 <b>Universidad de La Laguna</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	EDUARDO				
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ				
Id. s. normas	UNE-EN-DIN				
<b>ESCALA:</b> 1/2	Conjunto:	CINTA DE ANDAR	Subconjunto:	RODILLOS	 Conjunto Nº: 2.00 Plano Nº: 2.03
	Título:	SUBCONJUNTO RODILLO TRASERO			



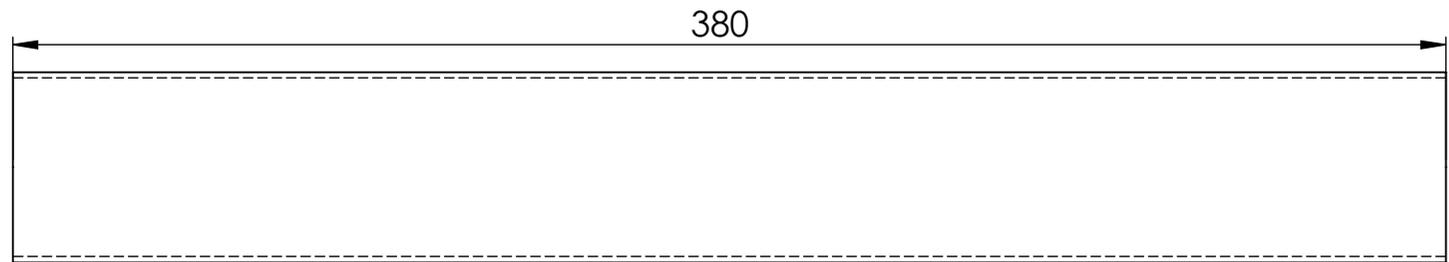
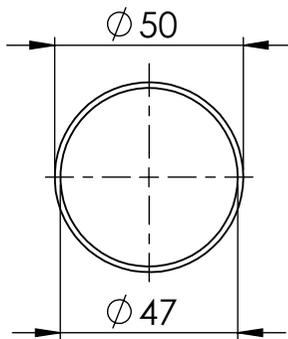
Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad
1	Cilindro Hueco	Aleación aluminio 1060	1
2	Soporte	Aleación aluminio 1060	2
3	Rodamiento	W 6303-2Z	2

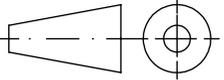
### TFG

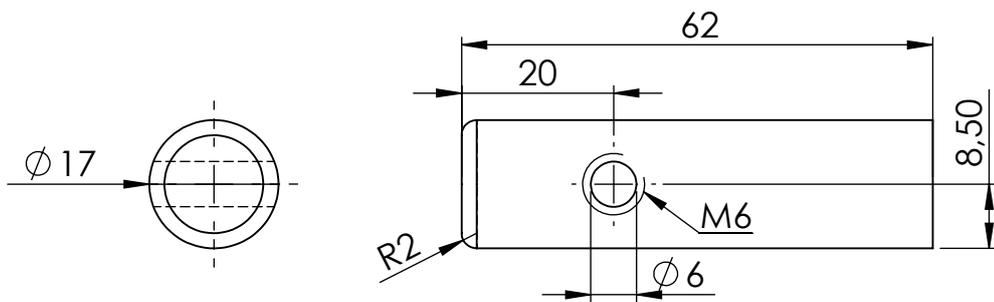
10/03/2019	<b>Autor</b>		 de La Laguna	<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	EDUARDO			
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
<b>ESCALA:</b> 1/2	Conjunto:	CINTA DE ANDAR	Subconjunto:	RODILLOS
	Título:	VISTA EXPLOSIONADA RODILLO TRASERO		
				Conjunto Nº: 2.00 Plano Nº: 2.S3



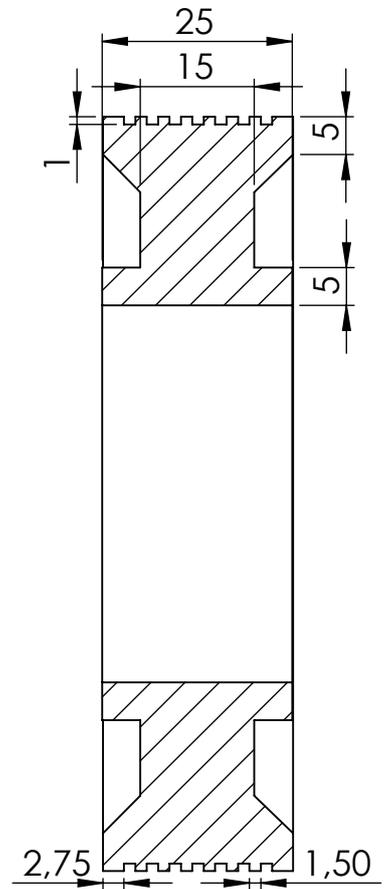
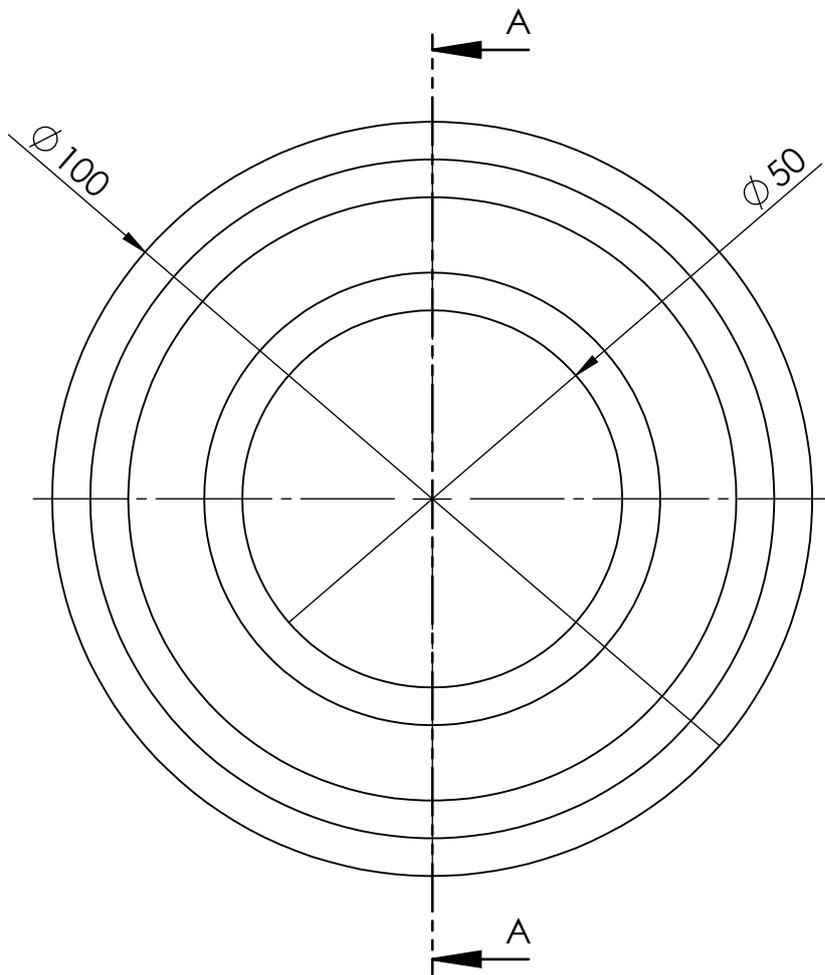
ESCALA 1/5



Nº de Pieza	N. de Pieza	Material	Cantidad		
1	Cilindro hueco	Aleación aluminio 1060	2		
<b>TFG</b>					
10/03/2019	<b>Autor</b>		 <b>Universidad de La Laguna</b> <b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna		
Nombre	EDUARDO				
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ				
Id. s. normas	UNE-EN-DIN				
<b>ESCALA:</b> 1/2	Conjunto:	CINTA DE ANDAR	Subconjunto:	RODILLOS	 Conjunto Nº: 2.00 Plano Nº: 2.02.01
	Título:	CILINDRO HUECO			

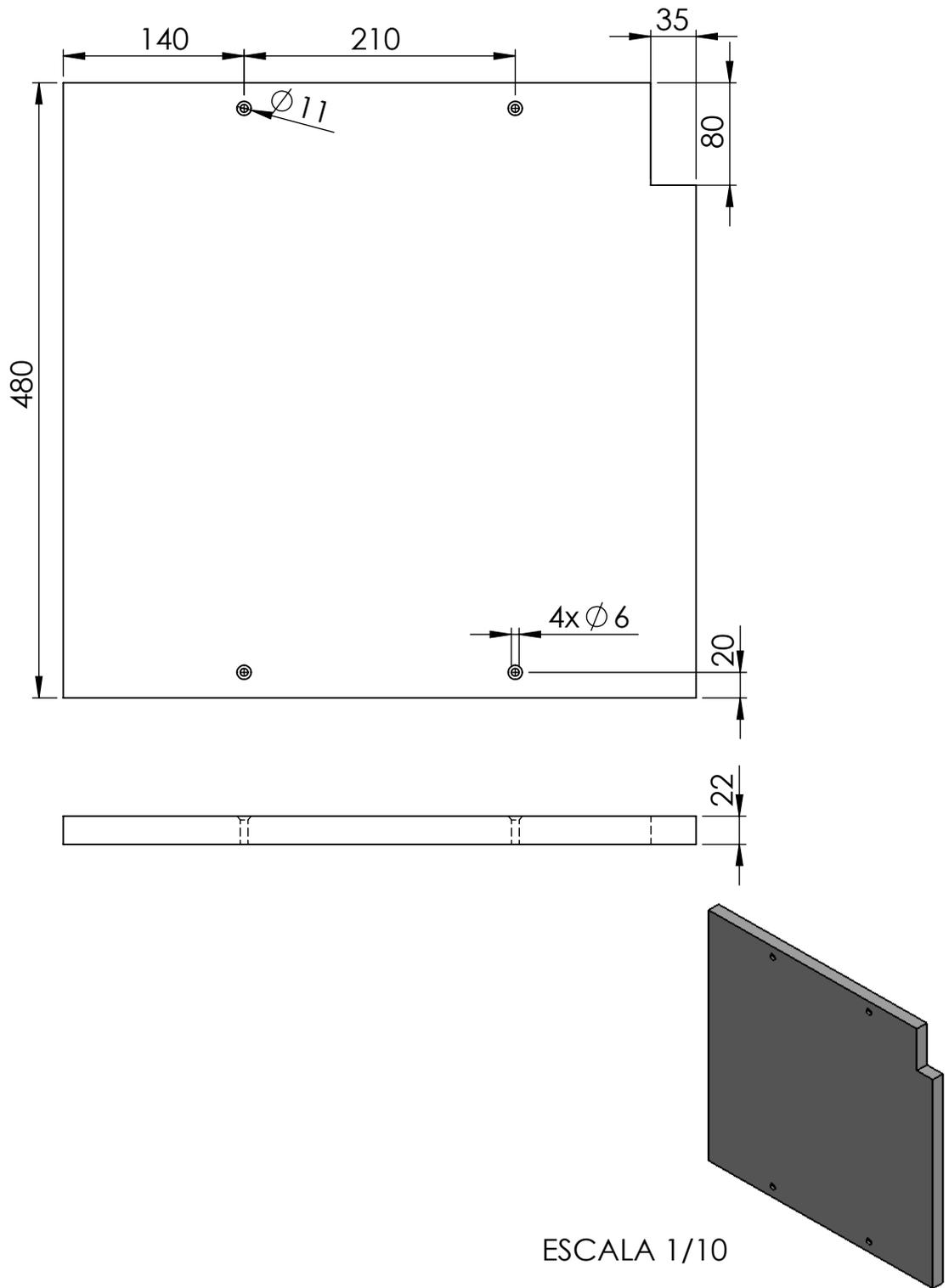


Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad
2	Soporte rodillo	Aleación aluminio 1060	4
<b>TFG</b>			
10/03/2019	<b>Autor</b>		<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	EDUARDO		
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
<b>ESCALA:</b> 1/1	Conjunto: CINTA DE ANDAR	Subconjunto: RODILLOS	
	Título: SOPORTE RODILLO		

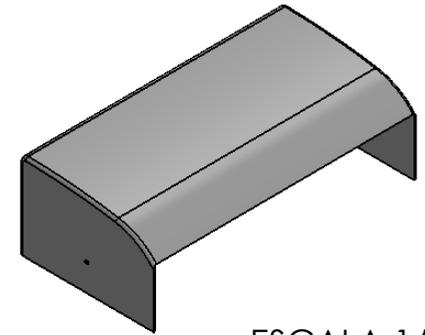


SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 1

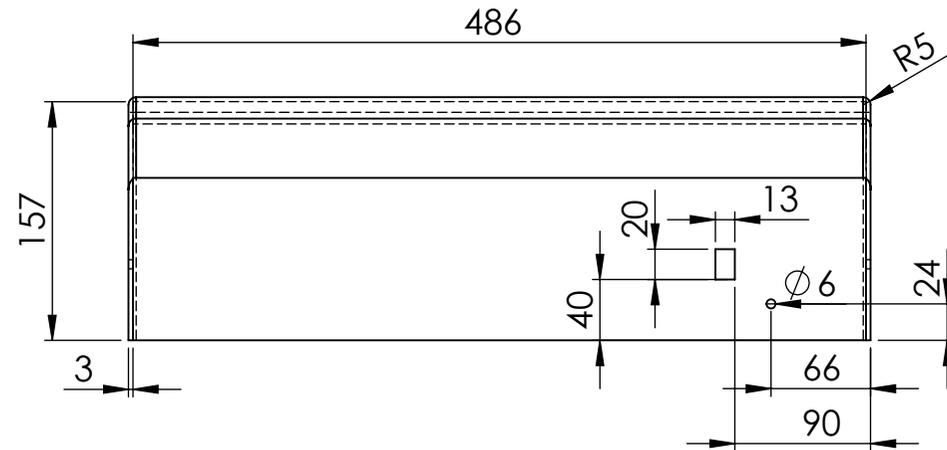
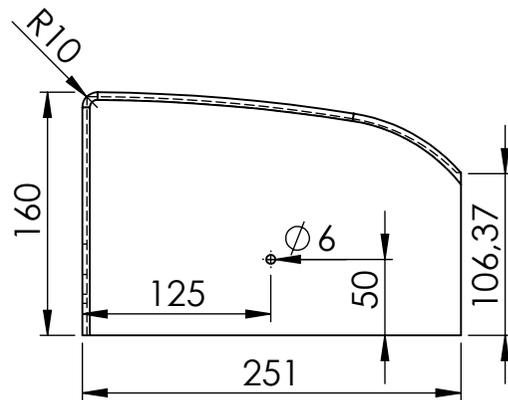
Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad			
3	Polea Rodillo Delantero	PVC	1			
<b>TFG</b>						
10/03/2019	<b>Autor</b>		<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna			
Nombre	EDUARDO					
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ					
Id. s. normas	UNE-EN-DIN					
<b>ESCALA:</b> 1/1	Conjunto:	CINTA DE ANDAR	Subconjunto:	RODILLOS		Conjunto Nº: 2.00
	Título:	POLEA RODILLO DELANTERO				Plano Nº: 2.02.03



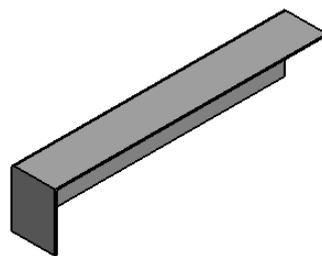
Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad
4	Tarima	Contrachapado recubierto de melamina	1
<b>TFG</b>			
10/03/2019	<b>Autor</b>		<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	EDUARDO		
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
<b>ESCALA:</b> 1/5	Conjunto:	CINTA DE ANDAR	
	Título:	TARIMA	
			Conjunto Nº: 2.00
			Plano Nº: 2.04



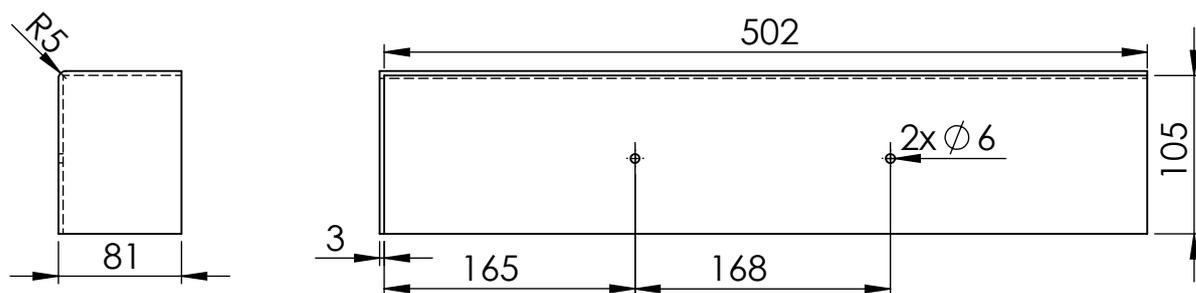
ESCALA 1/10



Nº de Pieza	N. de Pieza	Material	Cantidad	
5	Embelledor delantero	Polipropileno	1	
<b>TFG</b>				
10/03/2019	<b>Autor</b>	 <b>Universidad de La Laguna</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	EDUARDO			
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
<b>ESCALA:</b> 1/5	Conjunto:	CINTA DE ANDAR		Conjunto Nº: 2.00
	Título:	EMBELLEDOR DELANTERO		Plano Nº: 2.05



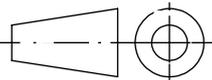
ESCALA 1/10

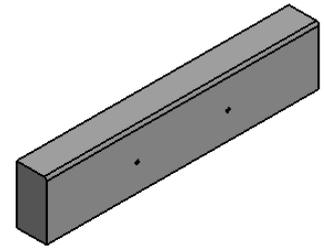


Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad
6	Embellecedor Izquierdo	Polipropileno	1

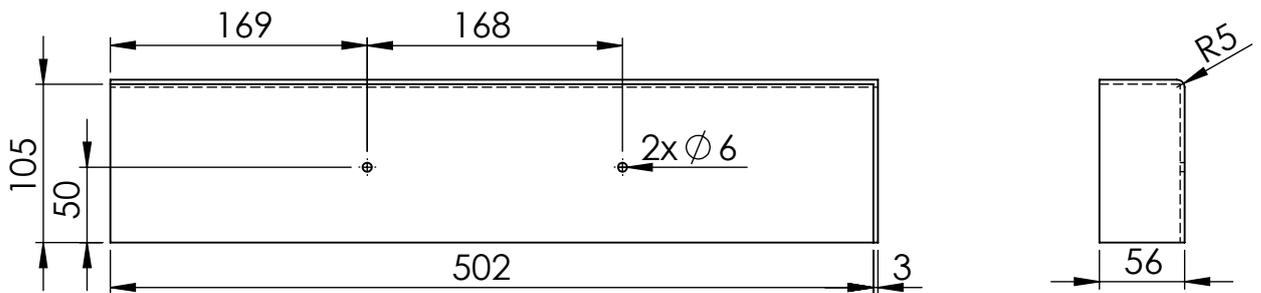
**TFG**

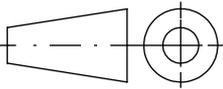
10/03/2019	<b>Autor</b>	 <b>Universidad de La Laguna</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	EDUARDO		
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		

<b>ESCALA:</b> 1/5	Conjunto: CINTA DE ANDAR		Conjunto Nº: 2.00
	Título: EMBELLECEDOR IZQUIERDO		Plano Nº: 2.06



ESCALA 1/10



Nº de elemento	N. de Pieza	Material	Cantidad
7	Embelecedor lado derecho	Polipropileno	1
<b>TFG</b>			
10/03/2019	<b>Autor</b>	 <b>Universidad de La Laguna</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA</b> Grado en ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	EDUARDO		
Apellidos	PÉREZ RODRÍGUEZ		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
<b>ESCALA:</b> 1/5	Conjunto:	CINTA DE ANDAR	 Conjunto Nº: 2.00 Plano Nº: 2.07
	Título:	EMBELLECEDOR DERECHO	