



TRABAJO FIN DE GRADO

# **Diseño y desarrollo de un andador plegable fabricado en plástico para personas mayores**

Design and development of a folding plastic walking frame for elderly people

Documento de Memoria

## **Autor**

Pablo Ortega Cebrián

## **Directora**

Aránzazu Martínez Pérez

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de Zaragoza (EINA)

2022

# ÍNDICE

<b>0. OBJETIVO, RESUMEN Y PLANIFICACIÓN.....</b>	<b>5</b>
OBJETIVO .....	5
RESUMEN.....	5
PLANIFICACIÓN .....	6
<b>1. INFORMACIÓN .....</b>	<b>7</b>
1.1 LESIONES Y NECESIDADES .....	7
1.2 TIPOS DE ANDADORES .....	8
1.3 MATERIALES.....	10
1.4 NORMATIVA.....	10
1.5 FACTORES DE DISEÑO EN INYECCIÓN DE PLÁSTICOS .....	10
1.6 PROCESO DE INYECCIÓN.....	11
<b>2. ESTUDIO DE MERCADO .....</b>	<b>12</b>
CONCLUSIONES .....	12
<b>3. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE PRODUCTO.....</b>	<b>14</b>
<b>4. ESTUDIO DE LA ERGONOMÍA.....</b>	<b>16</b>
4.1 USUARIO / TAREA MÁS CRÍTICO .....	16
4.2 POSTURA IDEAL.....	17
4.3 PLANO DE TRABAJO .....	18
4.4 RESTO DE ELEMENTOS .....	18
4.5 ESPACIO RESULTANTE.....	18
<b>5. GENERACIÓN DE CONCEPTOS .....</b>	<b>21</b>
CONCEPTO 1. CARRITO .....	25
CONCEPTO 2. ANTENA.....	26
CONCEPTO 3. TRÍPODE .....	27
SELECCIÓN DE CONCEPTO .....	28
<b>6. DESARROLLO DEL CONCEPTO ELEGIDO.....</b>	<b>30</b>
6.1 ASIENTO .....	31
UNIONES ENTRE PIEZAS .....	35
<b>7. ANÁLISIS RESISTENTE.....</b>	<b>38</b>
7.1 ANÁLISIS RESISTENTE DEL ASIENTO .....	39
7.2 ANÁLISIS RESISTENTE DEL CHASIS .....	43
7.3 ANÁLISIS RESISTENTE DE LA EMPUÑADURA.....	51
7.4 ANÁLISIS RESISTENTE DEL RESPALDO.....	56
7.5 CONCLUSIONES ACERCA DE LOS ANÁLISIS RESISTENTES POR ELEMENTOS FINITOS .....	61

<b>7.6 CÁLCULO ANALÍTICO DE RESISTENCIA DE LOS ENGARCES .....</b>	<b>62</b>
<b>8. CONCLUSIONES ACERCA DE LOS MATERIALES.....</b>	<b>65</b>
<b>9. ESTUDIO DE INYECCIÓN .....</b>	<b>66</b>
<b>10. ESTIMACIÓN DEL COSTE DE FABRICACIÓN DE LAS PIEZAS INYECTADAS .....</b>	<b>74</b>
<b>11. CONCLUSIONES, LÍNEAS FUTURAS, PLANOS, RENDERS .....</b>	<b>77</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>LÍNEAS FUTURAS.....</b>	<b>77</b>
<b>PLANOS .....</b>	<b>78</b>
<b>RENDERS .....</b>	<b>85</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA DE MEMORIA .....</b>	<b>91</b>
<b>REFERENCIAS DE TEXTOS .....</b>	<b>91</b>
<b>REFERENCIAS DE IMÁGENES .....</b>	<b>93</b>

Esta memoria cuenta con 98 páginas y 14.200 palabras. Estos valores superan lo recomendado por la EINA. Se ha procurado por todos los medios ajustarse a los límites fijados en dichas recomendaciones, aunque finalmente no ha sido posible dada la extensión del trabajo y la cantidad de imágenes insertadas en el texto.

## **Agradecimientos**

A mi familia, amigos, grupo de Jaire; por el apoyo de estos meses donde si algo he aprendido es lo importante que es rodearte de personas que te escuchen y te animen a continuar en todo momento.

A Arantza, por tirar hacia adelante y hacerme ver cosas que no se aprecian a simple vista como el trabajo constante y la dedicación plena.

# **0. OBJETIVO, RESUMEN Y PLANIFICACIÓN**

## **OBJETIVO**

El objetivo de este proyecto consiste en el diseño y desarrollo de un andador plegable para personas mayores fabricado mediante inyección de plástico. Debe ser un andador ligero y sencillo de plegar, ocupando poco espacio durante el transporte.

El andador deberá cumplir la normativa vigente y asegurar que puede ser fabricado mediante inyección de plástico.

## **RESUMEN**

El proyecto comienza con una fase de investigación en la que se recaba información acerca de los motivos por los que es necesario utilizar andador, los tipos de andador, las partes y materiales de los andadores y la normativa actual; además de un estudio de mercado de la oferta de andadores. También se investiga acerca de aspectos clave y procesos de fabricación mediante inyección de plástico.

A continuación, se plantean las EDP´s del proyecto y se realiza un estudio ergonómico para conocer las medidas básicas del andador. Seguidamente se proceden a plantear conceptos que den respuestas a las EDP´s planteadas. De estos conceptos, se selecciona uno a desarrollar.

En la fase de desarrollo se plantean los modelos 3D de todas las partes del andador que van a ser fabricadas mediante inyección de plástico. Es clave ser consciente de que se trata del diseño de un conjunto, no de una pieza, ya que todas las piezas interaccionan; además de que el método de producción es la inyección de plástico.

El diseño 3D se ve reforzado mediante estudios resistentes para asegurar el buen funcionamiento de las piezas. Finalmente, mediante estimación y simulación, se obtienen los costes de producción de las piezas. Como punto final se incluyen conclusiones, planos, renders y líneas de trabajo futuras.

## PLANIFICACIÓN

	L	M	X	J	V	S	D
FEBRERO	28	1	2	3	4	5	6
MARZO	7	8	9	10	11	12	13
	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27
	28	29	30	31	1	2	3
ABRIL	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17
	18	19	20	21	22	23	24
	25	26	27	28	29	30	1
MAYO	2	3	4	5	6	7	8
	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29
	30	31	1	2	3	4	5
JUNIO	6	7	8	9	10	11	12
	13	14	15	16	17	18	19
	20	21	22	23	24	25	26
	27	28	29	30	1	2	3
JULIO	4	5	6	7	8	9	10

Figura 0.1 | Calendario de planificación del proyecto

Leyenda:

- Apartado 1. Información
- Apartado 2. Estudio de mercado
- Apartado 3. Especificaciones de diseño de producto
- Apartado 4. Estudio de la ergonomía
- Apartado 5. Generación de conceptos
- Apartado 6. Desarrollo del concepto elegido
- Apartado 7. Análisis resistente
- Apartado 8. Conclusiones acerca de los materiales
- Apartado 9. Estudio de inyección
- Apartado 10. Estimación del coste de fabr. de las piezas inyectadas
- Apartado 11. Conclusiones, líneas futuras, planos, renders
- Depósito
- Defensa

# 1. INFORMACIÓN

La RAE define andador como *un aparato consistente en un armazón con patas, generalmente rematadas con ruedas, útil para aprender a andar los niños o para ayudar a desplazarse quien tiene dificultad para ello*. Dicha definición deja libertad para distintas configuraciones de número de patas, ruedas en cada pata; de la misma manera que no da más información acerca de otros elementos como asientos o cestas que el andador pueda llevar. [1]

## 1.1 LESIONES Y NECESIDADES

Para acabar necesitando usar un andador se pueden haber dado previamente multitud de situaciones, casi tantas como usuarios de dispositivos de ayuda al caminar puede haber. Se analizan los cambios asociados a la edad y las lesiones más frecuentes en personas mayores derivadas de estos cambios. De esta manera se van a obtener relaciones entre las lesiones y el tipo de andadores apropiados en cada caso.

Dolencias más frecuentes entre personas mayores:

- **Cambios derivados de la edad.** De una manera directa no se corresponden con el uso de dispositivos de ayuda al caminar, sin embargo; cada vez más se propone a personas afectadas el uso de dispositivos para poder prevenir caídas y sus posteriores lesiones.

Con la edad aparecen dificultades para mantener la postura erguida, desplazarse, sentarse, acostarse y levantarse, asociado a déficits en los sistemas visual, neurológico, musculoesquelético y cardiovascular. Son cambios fisiológicos propios del envejecimiento que van a aumentar el riesgo de caídas.

- **Alteraciones de la visión**
- **Cambios en el equilibrio**
  
- **Lesiones derivadas de caídas.** Las caídas conllevan contusión, heridas, hipotermia (*un anciano que vive solo sufre una caída intempestiva y es incapaz de levantarse, permaneciendo muchas horas en el suelo*), rabdomiólisis (*destrucción de la fibra muscular, cuyos componentes se liberan al torrente sanguíneo, pudiendo resultar tóxicos, es literalmente la disolución del músculo que se caracteriza por la filtración de los contenidos de las células musculares*), infecciones, deshidratación, fracturas, inmovilidad, dependencia, e incluso muerte.
  - **Epíffisis distal de radio**
  - **Humerales**
  - **Vertebrales**
  - **Pelvis**
  - **Cadera**
  - **Miedo a caer**
  - **Cambios en los hábitos de vida.** [2]

Toda la información se completa en el Anexo 1.

## 1.2 TIPOS DE ANDADORES

Existen distintos tipos de andadores según el **criterio de diferenciación** que se quiera escoger. Para este trabajo se escoge el criterio de **número de ruedas**, al que en cada caso se le añadirán los criterios de diferenciación secundarios que se crean convenientes.

Se comienza señalando las distintas partes de un andador:



Figura 1.2.0 | Partes de un andador

- **Estructura:** armazón del andador. Se utilizan materiales resistentes como acero, hierro o aluminio. Puede ser plegable.
- **Empuñadura:** parte por la que se agarra y dirige el andador. Debe permitir sujetar el andador con comodidad y seguridad.
- **Patas:** normalmente llevan cuatro, aunque pueden llevar tres también.
- **Conteras:** remates de goma o caucho, para evitar que aquellas patas que los lleven deslicen y el andador pierda estabilidad.
- **Ruedas:** elementos que permite el movimiento fluido del andador durante su uso. [3]



Además, también se debe conocer la diferencia entre un andador y un *rollator* antes de comenzar:



Figura 1.2.1 | Andador



Figura 1.2.2 | Rollator

#### Características Andador

- Las patas no tienen ruedas.
- El andador debe ser levantado y apoyado a cada paso.
- No tiene asiento.
- Algunos andadores tienen 2 ruedas en las patas delanteras, son andadores híbridos.

#### Características Rollator

- Todas las patas tienen ruedas.
- Se mueve deslizando, mientras se empuja.
- Tiene un asiento.

Las diferencias que se pueden encontrar entre un andador y un *rollator* son las siguientes. En primer lugar, lo más destacable, las **ruedas**. Mientras que el *rollator* tiene ruedas en todas sus patas, el andador puede tener como máximo en dos de ellas. Derivado de la presencia de ruedas, la **forma de uso**; para usar un andador usualmente se levanta y se deposita en una posición adelantada respecto a la inicial, mientras que con un *rollator* simplemente debe ser empujado. Continuando con el uso, se necesita más esfuerzo físico para usar un andador que para usar un *rollator*, ya que el andador debe ser levantado, y el *rollator* empujado.

Otras diferencias notables que se pueden encontrar son el **tamaño**, más grande en los *rollator*, y la **estabilidad**. Un andador siempre va a ser más estable que un *rollator* debido a la presencia de menos ruedas en sus patas.

[4]

Se pueden consultar el tipo de andadores que existen en el Anexo 1 [5-9].

## 1.3 MATERIALES

Se ha realizado un completo estudio de los materiales que se utilizan en este tipo de producto y que se puede consultar en el Anexo 1 [8-10].

## 1.4 NORMATIVA

La normativa aplicada a este tipo de dispositivos móviles se encuentra recogida dentro de un marco de documentos que facilitan las condiciones de vida a las personas mayores. Tanto si deciden modificar su residencia como si deciden mudarse a centros residenciales.

Las normas asociadas a la temática de este trabajo se encuentran dentro de la raíz UNE-EN ISO 11199. Las normas existentes son las siguientes:

- UNE-EN ISO 11199-1:2000. Ayudas para caminar manejadas por ambos brazos. Requisitos y métodos de ensayo. Parte 1: Andadores. (ISO 11199-1:1999).
- UNE-EN ISO 11199-2:2000. Ayudas para caminar manejadas por ambos brazos. Requisitos y métodos de ensayo. Parte 2: Andadores con ruedas. (ISO 11199-2:1999).
- UNE-EN ISO 11199-2:2005. Ayudas para caminar manejadas por ambos brazos. Requisitos y métodos de ensayo. Parte 2: Andadores con ruedas. (ISO 11199-2:2005).
- UNE-EN ISO 11199-2:2021 (RATIFICADA). Ayudas para caminar manejadas por ambos brazos. Requisitos y métodos de ensayo. Parte 2: Andadores con ruedas. (ISO 11199-2:2021). (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en octubre de 2021.)
- UNE-EN ISO 11199-3:2005. Ayudas para caminar manejadas por ambos brazos. Requisitos y métodos de ensayo. Parte 3: Andadores con apoyo para la parte superior del cuerpo. (ISO 11199-3:2005).

De estas normas, se mantienen vigentes las dos últimas. El resto han sido anuladas al haber sido actualizadas con las que han ido publicando posteriormente.

Los detalles de la normativa se pueden consultar en el Anexo 1 [11-13].

## 1.5 FACTORES DE DISEÑO EN INYECCIÓN DE PLÁSTICOS

A la hora de plantear diseños de piezas que van a ser fabricadas mediante la inyección de plásticos hay distintos factores que se deben tener en cuenta para obtener mejores resultados, tanto en la fabricación como en el posterior uso que se le vaya a dar a la pieza. Estos son el espesor, redondeos, nervados, ángulos de salida y contrasalidas. Todo ello se detalla en el Anexo 1 [14-18].

## 1.6 PROCESO DE INYECCIÓN

El proceso de inyección de plásticos consiste en la fundición del material, que está en forma de granza (pequeños granos del material) y su posterior entrada en el molde mediante la acción de giro y avance de un husillo, para posteriormente enfriar el material y extraerlo del molde.

Para conocer y describir las fases de inyección y entender los cambios a los que está sujeto el material durante las fases del proceso, es necesario previamente conocer las partes y los espacios donde estos cambios tienen lugar. La máquina empleada para la inyección de plástico tiene el siguiente esquema:

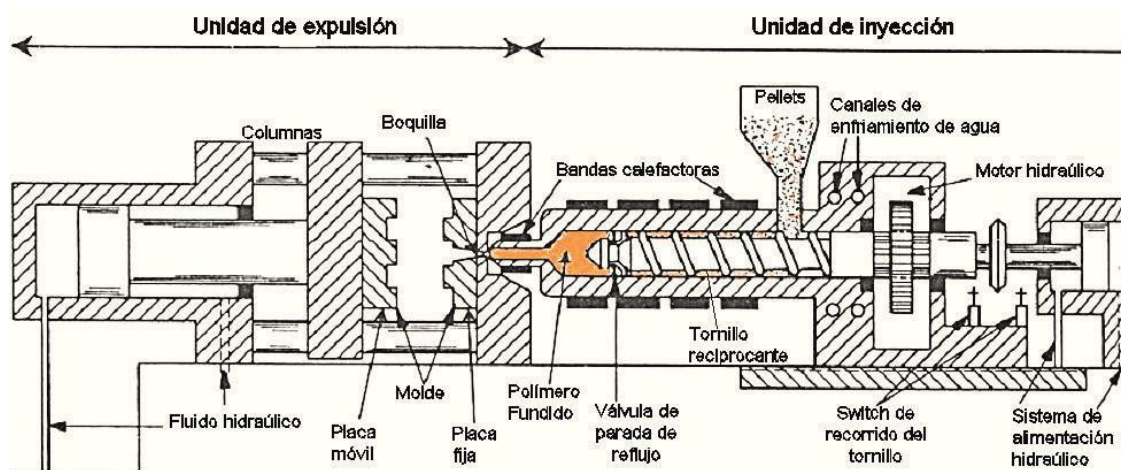


Figura 1.6.0 | Esquema de máquina de inyección

Se puede consultar el detalle de la morfología de la máquina de inyección en el Anexo 1.

En cuanto al propio ciclo de inyección, tiene las siguientes fases: Dosificación, Llenado, Compactación y enfriamiento. Todas estas fases están descritas en el Anexo 1 [19-20].

## 2. ESTUDIO DE MERCADO

Se analizan las distintas alternativas que ofrece el mercado para obtener conclusiones que permitan detectar un hueco que no esté cubierto por la oferta actual de andadores. Para realizar una clasificación se emplea el criterio de diferenciación expuesto en el apartado 1.2 *Tipos de andadores*, el número de ruedas. [21, 22]

Toda la información de los andadores estudiados se encuentra en el Anexo 2, y en esta memoria se presentan las conclusiones obtenidas.

### CONCLUSIONES

#### ➤ Andadores sin ruedas

- Rango de precios entre 39 y 78 euros. Se dan precios más elevados por mayores prestaciones: bariátricos, de incorporación...
- Estructura básica y sencilla.
- El material empleado es el aluminio, al ser un andador sencillo, el menor peso le favorece en la percepción como minimalista.
- Misma estructura: dos arcos laterales y dos barras horizontales que unen los arcos.
- El peso varía de los 2,5 a los 3 kg.
- Peso soportado de los 100 a los 150 Kg.
- Andadores con movimiento recíproco en la mayoría de los casos.
- Capacidad de ser plegados en la mayoría de los casos.
- Variación de altura de los 10 a los 18 cm.

#### ➤ Andadores de dos ruedas

- Rango de precios entre 57 y 71 euros. Los de mayor precio incluyen accesorios como asientos y bolsas. Los más baratos se limitan a la estructura metálica. Los bariátricos son más caros del arco de precios dado.
- Los materiales empleados son acero y aluminio, con el aluminio siendo predominante y apareciendo en todos los diseños en mayor o menor medida.
- El peso varía de los 2,10 a los 6 Kg. La diferencia de peso se debe a si se usa acero o aluminio en los componentes además de los accesorios que incluye.
- El peso soportado se mueve entre los 100 y los 150 Kg.
- Las ruedas empleadas son de tipo fijo.
- Variación de altura de los 9 a los 20 cm.
- Como características, son plegables e incorporan la capacidad de regular la altura de las empuñaduras. Los que incorporan asiento también permiten regular la altura.
- Las dimensiones del asiento rondan los 20 x 40 cm.

#### ➤ Andadores de tres ruedas

- Los andadores de tres ruedas tienen siempre la misma estructura.

- El rango de precios va desde los 80 hasta los 110 euros.
- El material empleado en fabricar este tipo de andadores es el acero, ya que al disponer de menos apoyos hace falta un material más resistente.
- Las empuñaduras son regulables en cuanto a la altura.
- Incorpora accesorios como bolsa, bandeja y cesta.
- Todos disponen de frenos de maneta.
- Las ruedas empleadas son fijas en el caso de las patas traseras y móvil en la delantera.
- El peso varía entre los 6 y los 7 Kg.
- El peso soportado va de los 100 a los 135 Kg.
- Variación de altura de los 13 a los 15 cm.

➤ **Andadores de cuatro ruedas**

- Los precios de este tipo de andador varían desde los 80 hasta los 263 euros. El gran rango de precios se debe a que estos andadores son los que más se han desarrollado y donde se introducen la mayoría de las novedades tecnológicas. En caso de necesidades especiales, como es el caso de andadores bariátricos, el precio aumenta.
- Fabricados la mayoría en aluminio, también se utiliza el acero para dar forma a algunas de sus partes.
- Las empuñaduras son regulables en altura en todos los casos.
- Los frenos pueden ser de maneta o de presión. En algunos casos se incorporan frenos de doble función, para frenar durante la marcha y para mantener el andador quieto en estático.
- La capacidad de ser plegado es común a todos los modelos.
- La altura de las empuñaduras es variable para adaptarse a todos los usuarios.
- Incorporan varios accesorios, entre los que el respaldo es muy habitual. Al respaldo se le pueden sumar una cesta, posapiés...
- El peso de este tipo de andador varía entre los 4 y los 8 Kg.
- El peso soportado va de los 110 a los 150 Kg.
- Las ruedas traseras son siempre fijas, mientras que las delanteras pueden ser fijas o móviles; siendo la segunda opción la más habitual.
- La altura puede variar de los 11 a los 22 cm.

### 3. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE PRODUCTO

La categorización de estas EDP´s se realiza en primer lugar según su condición, si son deseables u obligatorias; y en segundo lugar mostrando de dónde se han obtenido:

- Planteamiento del trabajo. Estas EDP´s provienen del propio enunciado desde el que se plantea el trabajo.
- Normativa. A partir de la normativa referente a andadores que se ha expuesto en el apartado 1.4 *Normativa*.
- Estudio de mercado. Según las similitudes y características que se han observado en el apartado 2. *Estudio de mercado*.

Las distintas especificaciones que se obtienen son las siguientes:

Nº	Descripción	Condición	Procedencia
1	Diseño planteado en el menor número de piezas posible	Deseable	Planteamiento del trabajo
2	Fabricación de las piezas mediante inyección de plástico	Obligatoria	Planteamiento del trabajo
3	Capacidad del andador de ser plegado	Obligatoria	Planteamiento del trabajo
4	Doble función andador – silla de ducha	Obligatoria	Planteamiento del trabajo
5	Todos los sistemas telescópicos deben ser auto bloqueantes o disponer de un dispositivo de bloqueo que impida movimientos repentinos	Obligatoria	Normativa
6	El diámetro de la empuñadura debe estar entre 20 y 50 mm	Obligatoria	Normativa
7	Disponer de orificios de salida para drenaje de líquidos	Obligatoria	Normativa
8	Las partes del andador deben ser accesibles para limpieza y desinfección	Obligatoria	Normativa
9	El material empleado no debe causar daño a la piel o a la ropa del usuario durante el uso	Obligatoria	Normativa
10	Emplear materiales que puedan ser reciclados	Deseable	Normativa
11	Cualquier parte móvil que funcione a presión que pudiera resultar peligrosa debe ir protegido mediante seguros que solamente puedan retirarse con la herramienta adecuada	Obligatoria	Normativa
12	El espacio entre partes del andador que se muevan unas respecto de otras debe seguir las medidas indicadas en la <i>Figura 1.4.0</i>	Obligatoria	Normativa
13	Las partes móviles deben ser accesibles para inspección en caso de que el	Obligatoria	Normativa

	servicio técnico de la empresa fabricante no se encargue de las reparaciones.		
14	Los agujeros presentes en el andador deben cumplir las medidas expuestas en la <i>Figura 1.4.0</i>	Obligatoria	Normativa
15	Si el andador cuenta con sistemas de plegado o ajuste de los mecanismos debe cumplir las medidas expuestas en la <i>Figura 1.4.0</i>	Obligatoria	Normativa
16	En caso de tener un mecanismo para ajustar la altura, puede variar como máximo en 25 cm. Debe ser asegurado tras su uso	Obligatoria	Normativa
17	En caso de disponer de un sistema de plegado se deben incorporar medios para evitar atrapamientos.	Obligatoria	Normativa
18	Peso del andador en torno a los 5 Kg	Deseable	Estudio de mercado
19	Peso soportado de 100 a 150 Kg	Deseable	Estudio de mercado
20	Precio de venta al público menor a los 100 euros	Deseable	Estudio de mercado
21	Capacidad de incorporar accesorios externos al diseño	Deseable	Estudio de mercado
22	Variación de altura mínima: 10 cm	Obligatoria	Estudio de mercado
23	Altura del asiento regulable	Deseable	Estudio de mercado
24	Capacidad de poner y quitar las ruedas de una forma sencilla	Deseable	Estudio de mercado
25	Incorporar frenos de doble función	Deseable	Estudio de mercado
26	Fabricar en un color distinto a la estructura los elementos de interacción del usuario con el andador	Deseable	Estudio de mercado
27	En caso de incorporar asiento, debe tener unas medidas cercanas a 40x25 cm	Deseable	Estudio de mercado
28	Ancho total del andador entre 45 y 65 cm	Deseable	Estudio de mercado
29	Profundidad total entre 50 y 70 cm según tipo de andador	Deseable	Estudio de mercado
30	Cables de frenos sujetos a las barras de la estructura siguiendo su recorrido	Deseable	Estudio de mercado

*Figura 3.0.0 | Tabla de EDP´s del andador a diseñar*

## 4. ESTUDIO DE LA ERGONOMÍA

Para **conocer** qué **medidas** dar a cada una de las piezas que se van a diseñar es necesario realizar previamente un **estudio ergonómico**. Este estudio parte de las tareas que realiza el usuario al utilizar el andador para obtener cuáles son las posturas corporales más cómodas para su realización, y de esta manera terminar obteniendo las medidas adecuadas.

El sistema de trabajo que se va a realizar responde a la siguiente tabla:

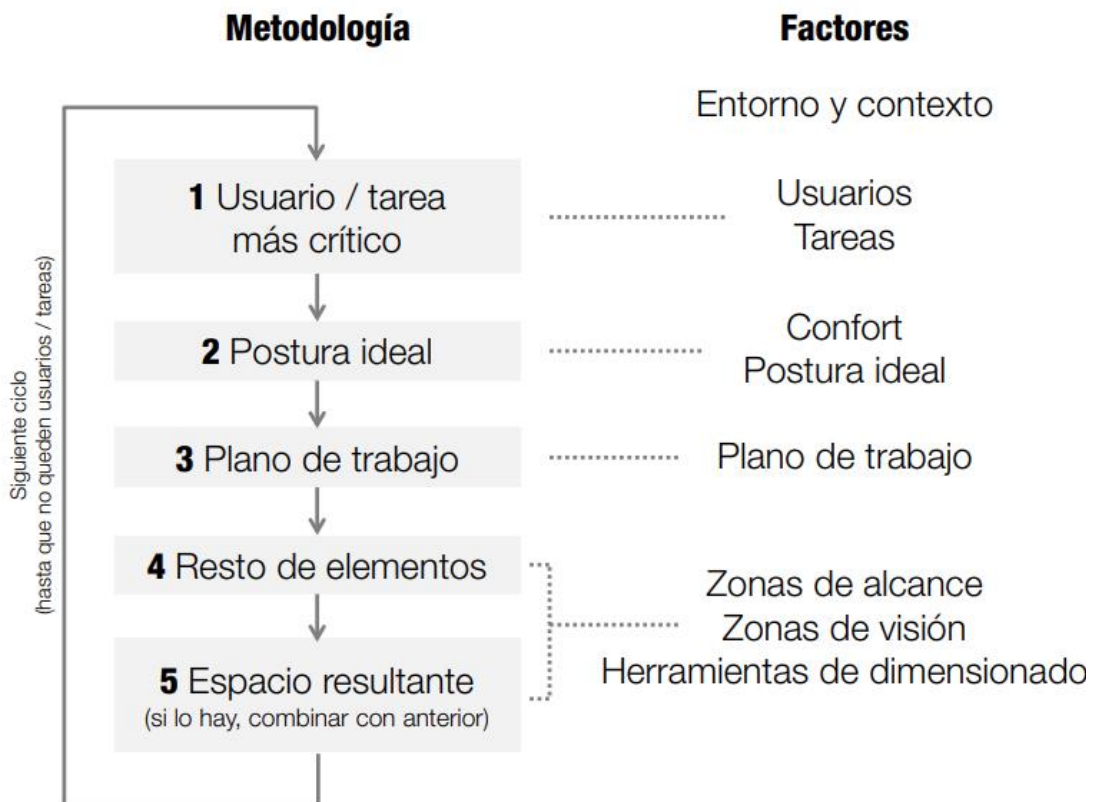


Figura 4.0.0 | Sistema de trabajo de ergonomía

### 4.1 USUARIO / TAREA MÁS CRÍTICO

Lo primero que se deberá conocer es a quién va dirigido el producto. En este caso, el **usuario objetivo** son **personas mayores** que tengan alguna **dolencia física** por la cual necesiten ayudarse de un elemento externo para realizar labores de desplazamiento. Se utilizan **tablas antropométricas** de la población española, cogiendo en especial el percentil 95 de hombre y el percentil 5 de mujer. [23]

A continuación, se establecen las tareas a desarrollar por el usuario. En este caso se debe tener en cuenta la secuencia de uso como andador y como silla de ducha.

- Tarea 1. Agarrar y empujar el andador para desplazarse
- Tarea 2. Levantar el andador para meterlo en la ducha
- Tarea 3. Sentarse en el asiento



De estas tres tareas, la primera se realiza cuando se emplea el producto como un andador, la segunda cuando se emplea como silla de ducha y la tercera en ambas situaciones. La **tarea más crítica** es la de **agarrar y empujar el andador** al desplazarse, ya que es la que más tiempo pasa realizando el usuario. A continuación, la segunda tarea más crítica es la de sentarse en el asiento.

Se deben tener en cuenta las siguientes condiciones:

- La altura de las empuñaduras es variable
- La altura del asiento es variable

Las medidas que se deben obtener son:

- Altura (variable) de las empuñaduras
- Anchura de las empuñaduras
- Altura de los elementos de agarre superiores, solidaria a las empuñaduras
- Altura (variable) del asiento
- Distancia horizontal a la que colocar el asiento respecto al usuario, las empuñaduras y los agarres superiores.

## 4.2 POSTURA IDEAL

La postura ideal para realizar una tarea es aquella en la que el usuario ejerce el menor esfuerzo posible. Las posturas ideales en cada una de las tareas son las siguientes:

- **Tarea 1.** El esfuerzo a realizar es empujar el andador. **Con el cuerpo y el tronco rectos con una pequeña inclinación hacia adelante.** Se debe tener en cuenta que según las dolencias o situación del usuario la postura puede variar de la tratada como postura ideal. El propio andador sirve para cargar el peso corporal.
- **Tarea 2.** El esfuerzo que se realiza es el de levantar desde el suelo el andador. **Con el cuerpo recto y los brazos en diagonal en dirección hacia abajo.** Se debe tener en cuenta el peso del andador y el hecho de que el usuario objetivo no cuenta con excesiva fuerza.

Esta medida puede verse modificada por necesidades del diseño, ya que de las que se obtienen es la menos importante. En todo caso, siempre es mejor sumarle altura que restarle, para que el usuario en ningún caso tuviera que agacharse de más para levantarla.

- **Tarea 3.** No se realiza ningún esfuerzo. **Postura sedente.** El usuario se sienta en el asiento que está incorporado y se apoya en el respaldo.

En esta postura se tiene en cuenta que, de colocarse la persona mayor con todas sus extremidades a noventa grados, el proceso de levantarse del asiento puede ser costoso y costarle un esfuerzo. Por ello, se opta por dar una altura a la/s medida/s obtenidas de **40 mm más de lo que**

**se obtenga.** De esta manera, el usuario se sentará en la zona más exterior de la parte frontal del asiento, sin llegar a formar la postura sedente. Será más fácil levantarse de la silla. Esto provoca un aumento de alrededor de 40 mm en las medidas de la altura de la empuñadura.

### 4.3 PLANO DE TRABAJO

El plano de trabajo es la **zona del espacio en la que el usuario realiza su tarea**. Este plano se posiciona según la postura ideal de la tarea, se suele tomar el **codo como referencia**. Cuando hace falta realizar un esfuerzo mayor en la tarea, se le da menos altura; cuando hace falta mayor precisión, la altura es mayor. Los planos de trabajo en cada tarea son los siguientes:

- Tarea 1. El plano de trabajo se encuentra a la altura de las empuñaduras del andador.
- Tarea 2. En este caso, se podrían plantear distintos planos de trabajo. Sin embargo, se intenta que el plano de trabajo se ubique lo más alto posible para que el usuario no tenga que doblar la espalda.
- Tarea 3. El plano de trabajo en este caso es claro, el asiento. No se trata de un plano de trabajo donde se realice alguna labor, simplemente se trata de un lugar para descansar.

### 4.4 RESTO DE ELEMENTOS

El resto de los elementos con los que interacciona el usuario son los mencionados anteriormente: las **empuñaduras**, los **agarres superiores** y el **asiento**. Además, se debe contar también con la profundidad de la que dispone el andador, pero en esta fase del trabajo no tiene tanta importancia como tendrá en la parte del diseño.

### 4.5 ESPACIO RESULTANTE

A continuación, se van a ir presentando los pasos seguidos para obtener las medidas especificadas en el apartado *4.1 Usuario / tarea más crítico*.

#### ➤ **ALTURA DE LA EMPUÑADURA**

Se establece como elemento común el suelo, y de posición horizontal el inicio de la empuñadura. Al tener el andador la capacidad de variar la altura de las empuñaduras, no se debe seleccionar uno de los dos percentiles para el diseño.

- **Mínima: 76 cm**
- **Máxima: 91 cm**

#### ➤ **ALTURA DEL AGARRE SUPERIOR**

Se establece como elemento común el suelo, no hace falta una marca vertical por la forma que tendrá el agarre, que no será un cilindro con una sola dirección. Al tener el andador la capacidad de variar la altura

de los agarres (solidario a las empuñaduras), no se debe seleccionar uno de los dos percentiles para el diseño.

- **Mínima: 73,6 cm**
- **Máxima: 92,8 cm**

#### ➤ **ALTURA DEL ASIENTO**

Se establece como elemento común el suelo. Al tener el andador la capacidad de variar la altura del asiento, no debemos seleccionar uno de los dos percentiles para el diseño.

- **Mínima: 40 cm**
- **Máxima: 54 cm**

#### ➤ **DISTANCIA ENTRE LAS EMPUÑADURAS**

Se encuentra que la anchura máxima entre empuñaduras es de 41,5 cm y la mínima es de 27,4 cm. Por el método RULA de valoraciones posturales se conoce que si una tarea se realiza a un lado del cuerpo la incomodidad aumenta. Mientras que si se realiza delante del cuerpo la comodidad no varía. Por este motivo se elige que la medida entre las empuñaduras sea la mínima, **27, 4 cm**. Sin embargo, esta medida va ligada a la anchura del asiento, por lo que, si esta dimensión es mayor, la distancia entre empuñaduras pasará a ser la anchura del asiento.

#### ➤ **MEDIDAS DEL ASIENTO**

En este caso, la medida que marca el **ancho del asiento** que va a tener el asiento es el **percentil 95 de hombre**. Ya que, para esta medida, todas las menores podrán sentarse en el asiento sin ningún tipo de problema. Los **41, 6 cm** marcan el límite superior necesario para que todas las personas quepan en él.

Para el desarrollo, la distancia expuesta será la mínima requerida para el dimensionado del asiento.

La **profundidad del asiento** se obtiene también del espacio que necesita el asiento del **percentil 95 de hombre**. Se toma la medida desde el **final de la espalda** hasta la **mitad del muslo** cuando se está en una postura sedente con la pierna formando un grado de 90°. La medida son **36,6 cm**, todos los perfiles de personas tienen espacio para sentarse en el asiento con esta distancia.

Para el desarrollo, la distancia expuesta será la mínima requerida para el dimensionado del asiento.

#### ➤ **DISTANCIA HORIZONTAL A LA QUE COLOCAR EL ASIENTO RESPECTO AL USUARIO**

Como conclusión se obtiene que colocando el **inicio del asiento como máximo en la misma posición horizontal que el inicio de la**

**empuñadura**, durante la marcha el usuario no golpeará el asiento con la rodilla.

Todo el proceso de obtención de medidas está detallado con imágenes y explicaciones en el Anexo 3.

## 5. GENERACIÓN DE CONCEPTOS

La generación de conceptos de andadores se enmarca en unas características para no abarcar demasiado contenido en cuanto a andadores analizados se refiere. Dichas **características** son las **medidas obtenidas**, y los **condicionantes** (movimiento solidario al regular la empuñadura y los agarres superiores) que suponen y se exponen en el apartado 4. *Estudio de la ergonomía*; y las propias características según las que se analizan los modelos de andadores. Los conceptos son de **andadores con dos ruedas**.

En primer lugar, se realizan bocetos de posibles **perfiles de las piezas laterales** del andador, el chasis, como una manera de comenzar con el proceso de creatividad. Se realizan distintas propuestas, sin atender en este momento de la ideación a necesidades más específicas que se tendrán en cuenta en fases más adelantadas del diseño.

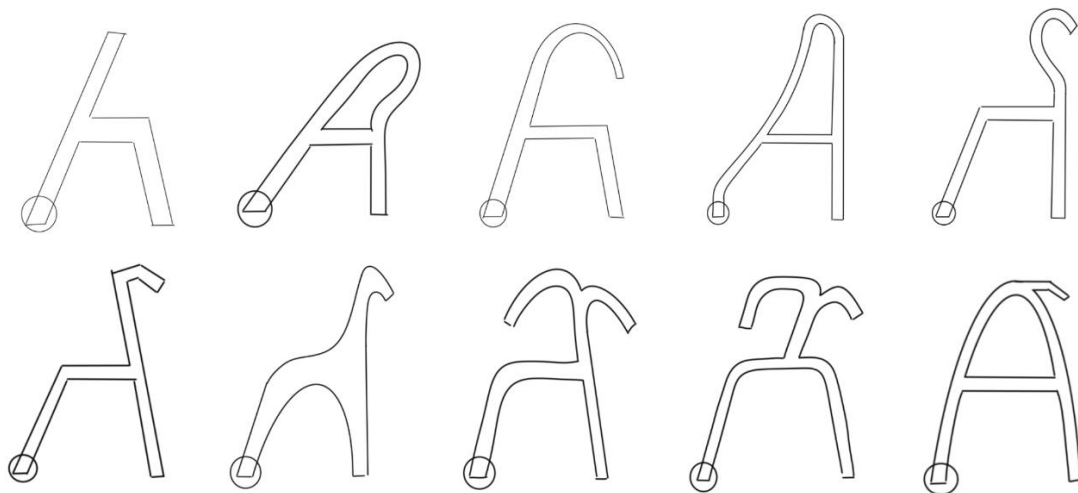


Figura 5.0.0 | Bocetos de perfiles del andador

Al observar los distintos diseños iniciales algunos de ellos se perciben más dinámicos y ligeros que otros, percibidos como más estáticos y lentos. Para ello se analizan los planos y rectas que componen cada diseño, buscando respuestas a estas percepciones.

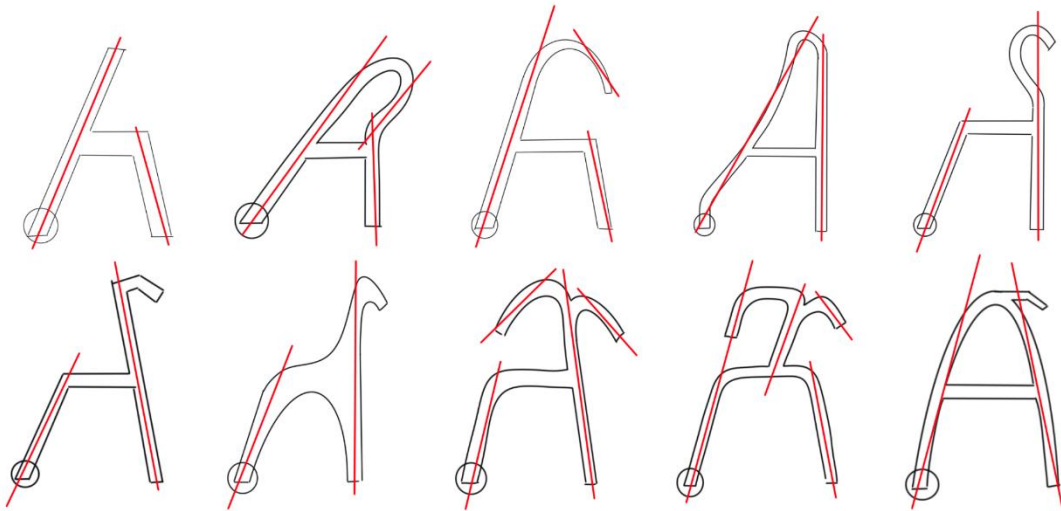


Figura 5.0.1 | Rectas de los bocetos de perfiles

En base a la anterior imagen se pueden obtener varias **conclusiones**:

- La presencia de **líneas diagonales** aporta **dinamismo** al diseño del andador.
- Cuanta más **inclinación**, más sensación de **ligereza y velocidad**.
- Las líneas **verticales** generan la sensación de que el andador se va a **quedar enganchado** al comenzar a usarlo.
- Cuanta **más longitud**, más **se maximiza el efecto** mencionado en los tres puntos anteriores.
- La presencia de dos diagonales en sentidos opuestos cuyas extensiones se cruzan no resta de una manera importante carácter al andador. Con indiferencia de las longitudes de cada recta.

A continuación, tras el bocetado de los conceptos, se es consciente de las cuatro zonas que tiene un andador, y que juegan un papel clave en el planteamiento del diseño:



Figura 5.0.2 / Zonas de un andador

Esta delimitación de zonas, sumada al planteamiento de realizar el menor número de piezas para **simplificar el diseño** y **reducir costes**, resulta en una conclusión muy interesante: **realizar una sola pieza de chasis** que sirva para ambos lados del andador.

Para ello, se debe diseñar una pieza que **no tenga “mano”**, es decir, que sea igual para el lado izquierdo como para el lado derecho del andador. En cuanto al diseño, si se trabaja con **simetrías**, se puede lograr un diseño sin mano.

Para elegir el eje respecto del que hacer simétrica la pieza se trabaja con las cuatro zonas antes mencionadas y las dualidades resultantes:

➤ **EJE VERTICAL**

- Respaldo – Empuñadura
- Rueda – Pata

Este caso permite que las extremidades que vayan a apoyar con el suelo sean iguales, diferenciando el extremo entre si tiene rueda o contera. Además, las zonas del respaldo y la empuñadura también son más similares al ser más cortas.

➤ **EJE HORIZONTAL**

- Respaldo – Rueda
- Empuñadura – Pata

Este caso provoca mayor similitud entre las cuatro zonas del diseño, ya que responden todas en este caso a la forma necesaria de las extremidades que apoyan en el suelo.

Se continúa, analizando y planteando distintos **sistemas de regulación de altura** para las empuñaduras y para los agarres superiores. Hay que señalar que los sistemas que se van a presentar a continuación se orientan a obtener maneras de desplazar y fijar componentes, no a definir conceptos finales y cuyos componentes deban ser los expuestos en cada caso.

- Sistema telescópico
- Sistema piñón cremallera
- Sistema de pasador
- Sistema de bisagra

Se muestran a continuación imágenes en miniatura de las ideas propuestas, que se pueden consultar a mayor tamaño y con la correspondiente descripción en el Anexo 4.

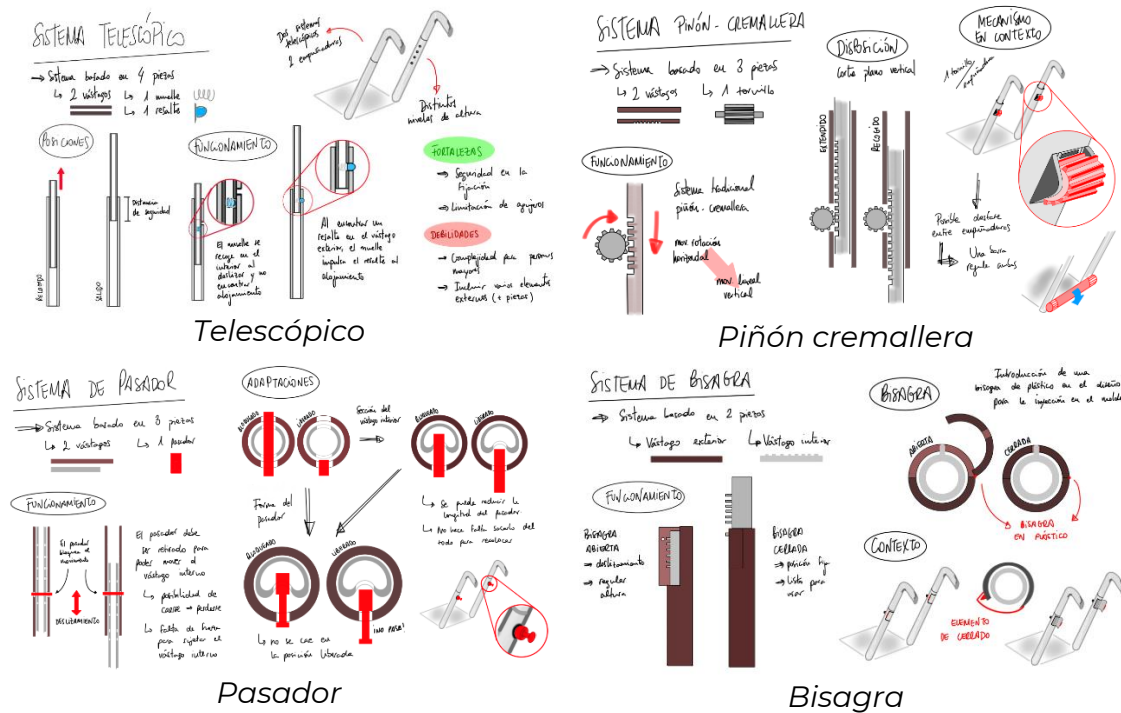


Figura 5.1.0 | Sistemas de regulación de altura

Tras haber investigado distintos sistemas de regulación de la altura, se buscan **métodos de plegado** del andador.

El primero de los sistemas planteados cuenta con un **mecanismo de deslizadera** y el segundo de **puzzle**. De la misma manera, se muestran imágenes en miniatura, que se pueden consultar a mayor tamaño y con la correspondiente descripción en el Anexo 4.

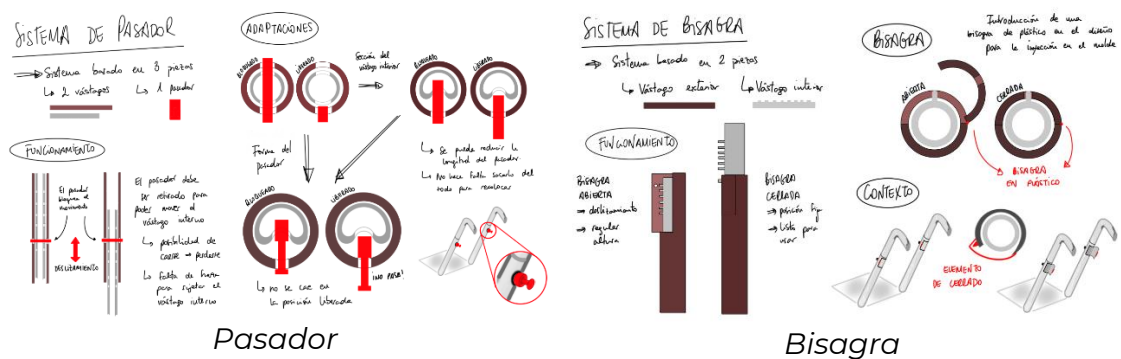


Figura 5.1.1 | Métodos de plegado

Tras haber realizado el planteamiento de estos perfiles de andador, sistemas de regulación de altura y desplegado, razonamientos... se llega a los tres siguientes conceptos:



## CONCEPTO 1. CARRITO

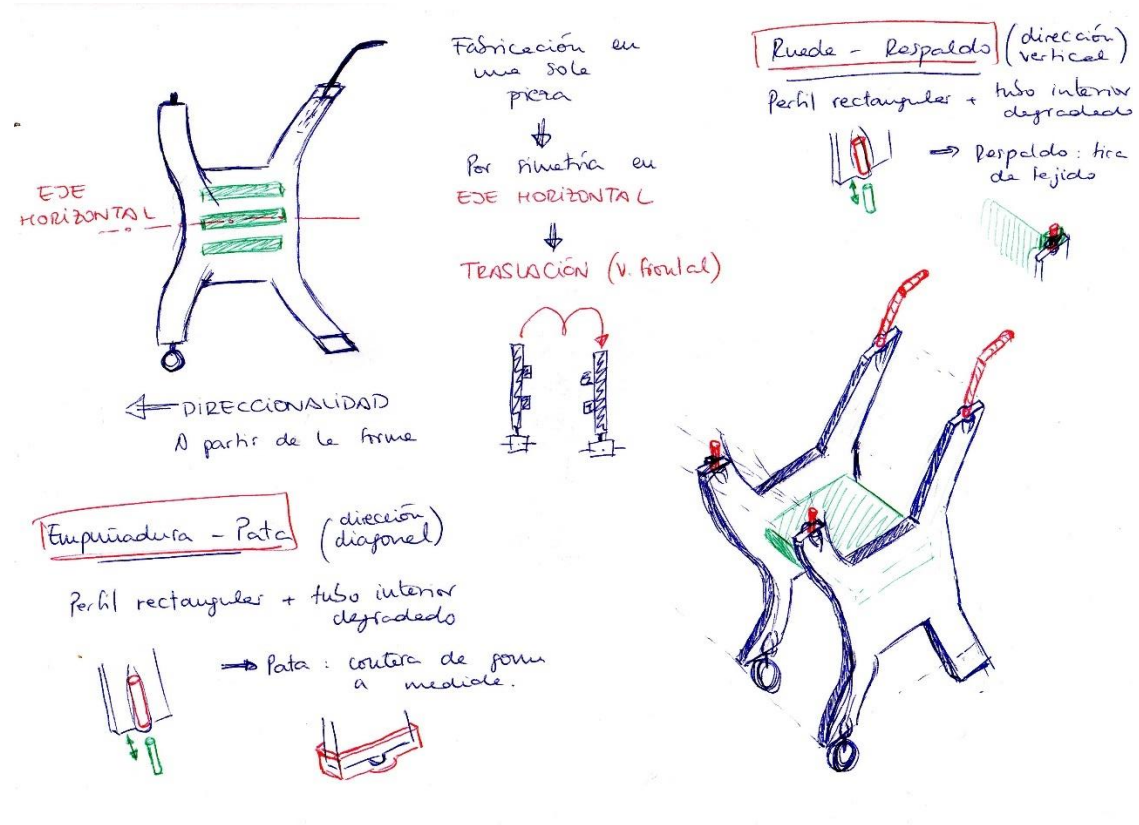


Figura 5.2.0 | Concepto 1. Carrito

El concepto Carrito es un ejemplo de caso de **simetría en el eje horizontal**. En este caso, las extremidades del respaldo y la rueda deben ser iguales entre ellas, y las extremidades de la empuñadura y la pata también.

Se trata de un concepto que cuenta con una superficie central que permite ubicar el **asiento a tres alturas**.

Para la dualidad Rueda – Respaldo se plantea la presencia de un **agujero cilíndrico con forma de tubo en un perfil rectangular**. En él se pueden introducir, o unos elementos cilíndricos externos, para posteriormente colocar una tira textil en el caso del respaldo; o la propia rueda con el vástago en el caso de la extremidad de la rueda.

En el caso de la dualidad Empuñadura – Pata, el sistema es muy similar. En la extremidad de la empuñadura se introduce la pieza diseñada para ello por el agujero con forma de tubo. En el caso de la pata simplemente se coloca una contera de goma que de la misma altura que la rueda.

La presencia de **diagonales** en las extremidades aporta dinamismo y direccionalidad, dando una sensación de ligereza al andador.

## CONCEPTO 2. ANTENA

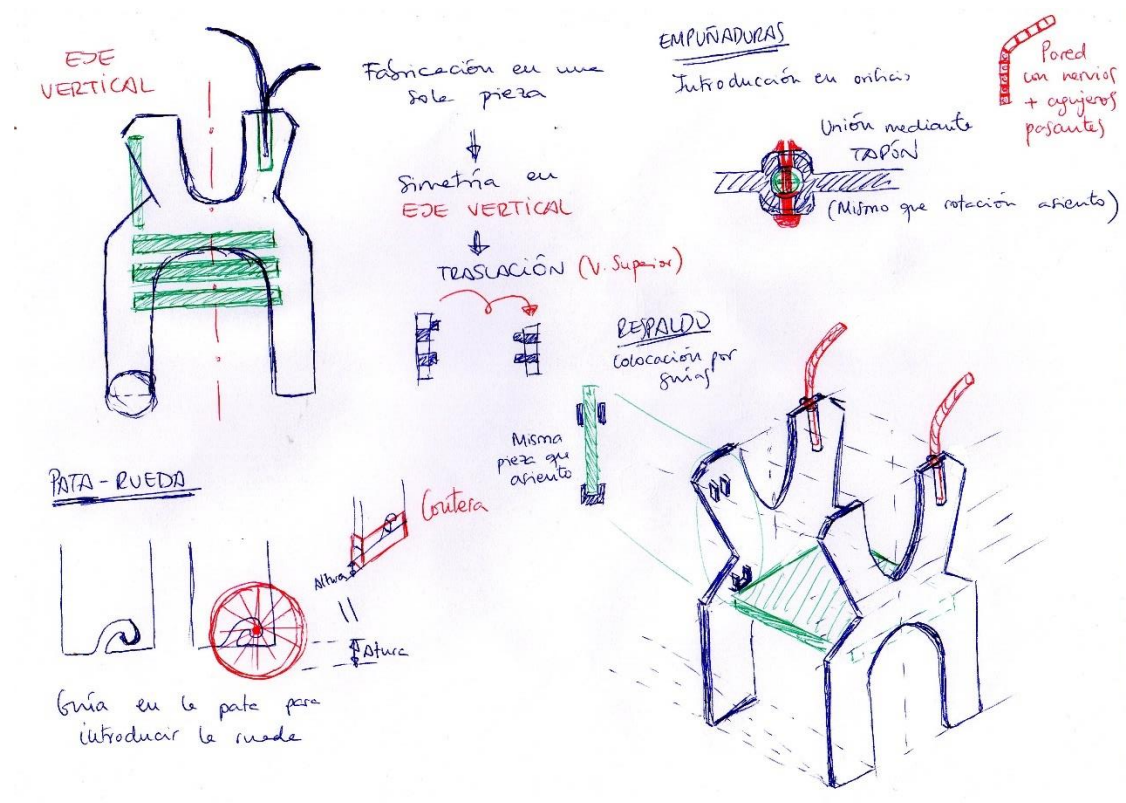


Figura 5.3.0 | Concepto 2. Antena

El concepto Antena parte de la **simetría del eje vertical**. Presenta **líneas verticales** que aportan estabilidad al andador, pero a la vez hacen que se vea más tosco, pesado y estático. De esta manera se percibe como un sólido robusto que quizás no se acerca al mensaje de practicidad y ligereza que se desea transmitir con el proyecto.

La dualidad Pata – Rueda se presenta en un **perfil rectangular**, en el que se realiza un **recorte en forma de voluta** con la intención de encajar el eje de la rueda móvil. Para la pata simplemente se coloca una contera que aporte estabilidad y altura.

En el caso de la empuñadura se plantea un **agujero cilíndrico** en el que introducir la pieza de agarre. Para asegurar la empuñadura se introducen unas uniones mediante **tapones**, que hacen de pasadores atravesando chasis y empuñadura; de esta manera la altura queda fija. La pieza de la empuñadura y el chasis cuentan con los agujeros que el tapón atraviesa.

Finalmente, el **respaldo** se incorpora introduciendo un elemento saliente en la pared del chasis. **Tres salientes**, dos que hacen de pared y uno de base, que fijan la posición del respaldo. El respaldo además es la misma pieza que el asiento para introducir el menor número de piezas posibles en el conjunto.

## CONCEPTO 3. TRÍPODE

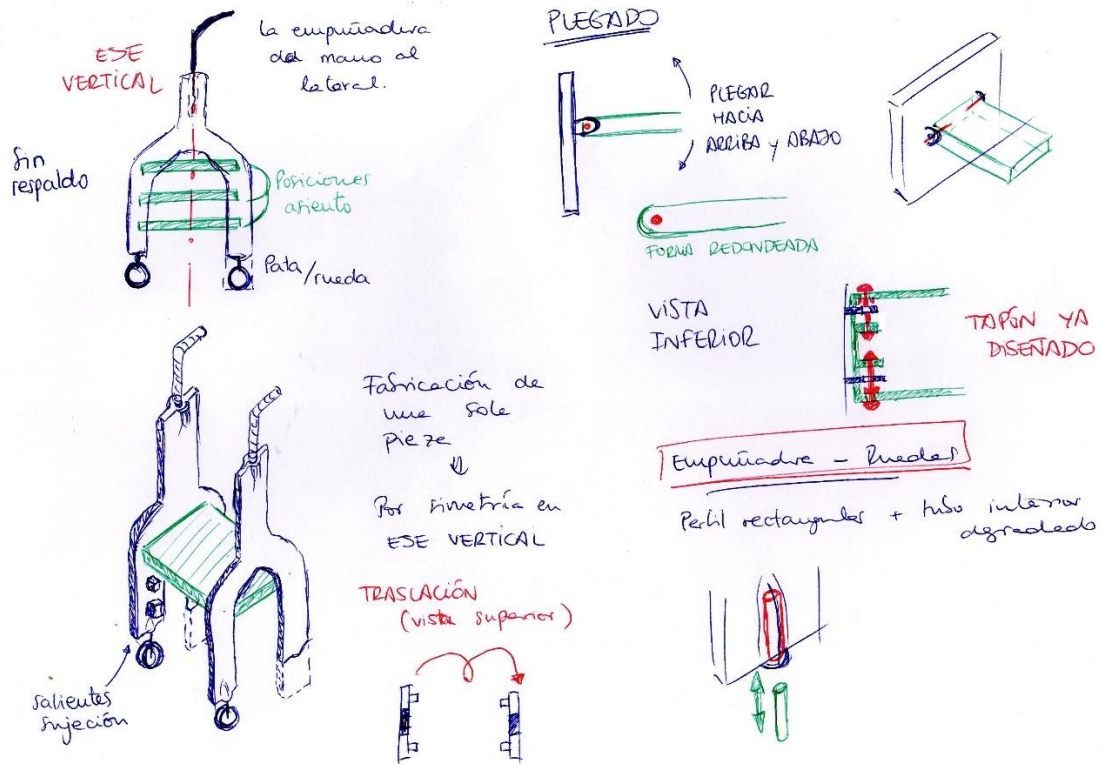


Figura 5.4.0 | Concepto 3. Trípole

El concepto Trípole nace como resultado de la **mezcla** de los dos anteriores. Por un lado, se considera que **la simetría en el eje vertical** tiene más sentido pensado en las dualidades de las zonas del perfil del andador vistas anteriormente. Por otro lado, introducir **una sola extremidad superior** reduce la cantidad de material y “libera la zona superior” para que el usuario tenga mayor movilidad cuando está sentado. Además, ayuda también a que el andador se perciba más ligero.

El andador permite colocar el **asiento a tres alturas y ser plegado** en todas ellas. Para ello, se cuenta con **salientes** y **tapon** que **crean una bisagra**, con el tapón como eje de giro del asiento.

Las **empuñaduras** se introducen como en los casos anteriores, mediante un **agujero cilíndrico** en el perfil del andador. Mismo sistema que en caso de las patas, que deben llevar vástago incorporado.

Finalmente, el **respaldo** se decide dejar para la **fase del desarrollo de concepto**, ya que su importancia dentro del andador es menor y será resuelto cuando otras solicitudes más importantes reciban su solución definitiva.

Para resolver la fijación de la empuñadura a varias alturas se idea el siguiente sistema:

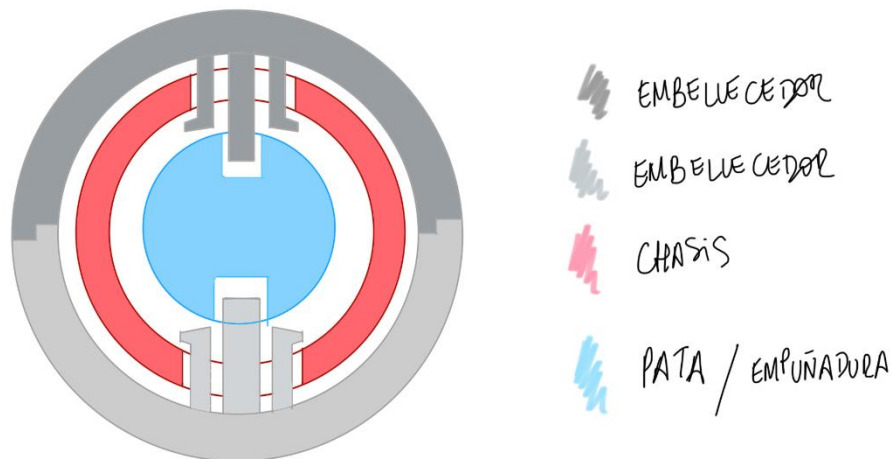


Figura 5.4.1 | Sistema de fijación

Para colocar la pata o la empuñadura a la altura deseada en primer lugar se deben colocar distintos alojamientos mediante torretas en el dicho elemento.

El anclaje se realiza mediante varios clips, se cuenta con dos embellecedores exteriores con clips en el interior. Estos clips entran por un agujero en el chasis para clipar en la parte interior del agujero con forma de cilindro. Entre las dos cabezas de los clips se encuentra un vástago que entra en la torreta antes mencionada. De esta manera se consigue fijar la altura deseada.

## SELECCIÓN DE CONCEPTO

Para seleccionar uno de los conceptos obtenidos, se realiza una tabla de ponderación en base a unos criterios que se explican a continuación. Cada criterio recibe una nota del 1 al 5, siendo el 5 lo máximo y el 1 lo mínimo.

- **Menor número de piezas distintas en el conjunto.** Número de piezas distintas que se encuentran en el conjunto, también se tiene en cuenta el número de piezas totales.
- **Facilidad de montaje.** Sencillez a la hora de realizar el montaje del conjunto, tanto en fábrica como por el usuario.
- **Ergonomía.** Adaptación del conjunto a las necesidades del usuario durante el uso.
- **Percepción.** Manera en la que se reconoce el producto y se da a entender al usuario que la utilización del andador es sencilla y poco costosa.
- **Simplicidad de diseño de las piezas.** Las piezas planteadas son sencillas y no entrañan complejidad.
- **Seguridad tras montaje.** Los métodos de unión de las piezas del andador se mantienen con el paso del tiempo y no corren riesgo de separarse.

- **Facilidad de plegado y transporte.** Sencillez para plegar el asiento y transportarlo de cualquier manera.
- **Capacidad de modificar las medidas.** Capacidad para adaptarse a los distintos perfiles de usuario.
- **Sostenibilidad.** Compromiso con el medio ambiente por el número de piezas, materiales, fabricación...
- **Capacidad de fabricación.** Las piezas pueden ser fabricadas mediante inyección de plástico.

Criterios	Carrito	Antena	Trípode
Menor número de piezas en el conjunto	3	3	4
Facilidad de montaje	3	4	3
Ergonomía	3	3	5
Percepción	4	2	3
Simplicidad de diseño de las piezas	2	3	4
Seguridad tras montaje	4	2	4
Facilidad de plegado y transporte	3	3	3
Capacidad de modificar las medidas	5	4	3
Sostenibilidad	4	3	5
Capacidad de fabricación	4	4	4
<b>Puntuación total</b>	<b>35</b>	<b>31</b>	<b>38</b>

*Figura 5.5.0 | Tabla de valoración de conceptos*

El concepto elegido finalmente para desarrollar es el **Concepto 3. Trípode**. Durante la siguiente fase se van a desarrollar las distintas piezas del conjunto atendiendo a las demandas del diseño. Tomando decisiones clave durante el proceso, para poder adecuar y adaptar todos los componentes a las necesidades de los usuarios.

## 6. DESARROLLO DEL CONCEPTO ELEGIDO

El desarrollo del concepto seleccionado se realiza **pieza a pieza**. No es un proceso lineal, sino que a medida que se diseña cada pieza puede ocurrir que haya que realizar modificaciones en piezas desarrolladas con anterioridad, es un **proceso iterativo**. En este apartado se van a exponer las características de diseño destacables que deben ser mencionadas para comprender la complejidad y relación entre las piezas presentes. El aspecto del andador es el siguiente y está formado por diferentes piezas:

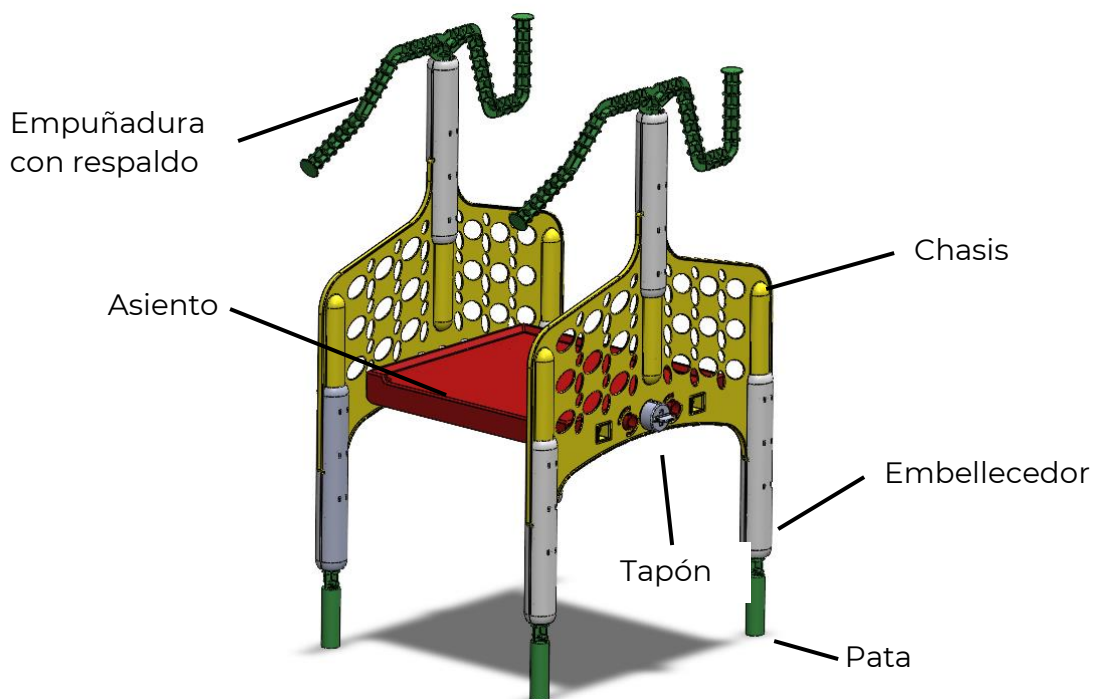


Figura 6.0.0 | Andador

- Asiento. Superficie horizontal sobre la que se sienta el usuario.
- Chasis. Pieza estructural que da soporte al andador.
- Pata. Cilindro nervado con alojamiento para la rueda. Regula la altura del asiento.
- Empuñadura. Elemento con el que el usuario empuja el andador, incorpora también vástagos para introducir el respaldo.
- Embellecedor. Pieza que asegura la unión de las patas con el chasis. Da un acabado estético a la pieza.
- Tapón de asiento. Fija el asiento en la posición horizontal durante el uso del andador.
- Tapón-bisagra. Permite el giro del asiento respecto al chasis.

A modo de ejemplo, se va a plasmar en la memoria la descripción de modelado de una de las piezas del conjunto. En el Anexo 5, se puede consultar esa misma descripción detallada para el resto de las piezas. Se ha elegido el asiento como pieza para mostrar en este documento. [25]

## 6.1 ASIENTO

El asiento es la pieza sobre la que se sienta el usuario, hay un asiento en cada andador. Para su desarrollo se trabaja sobre una superficie plana, lugar en el que se sienta el usuario, a partir de ella se introducen el resto de los elementos que debe incorporar la pieza.

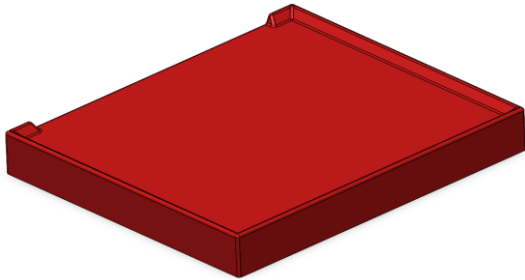


Figura 6.1.0 | Límite perimetral asiento

El asiento incorpora un **límite perimetral** en forma de pirámide que realiza una doble función.

Por un lado, permite crear un espacio en el que el usuario pueda colocar una almohada para aumentar la comodidad al sentarse y, por otro lado, al no ser

un límite perimetral completo, muestra tanto a la persona que va a montar el andador como al usuario la posición correcta para el montaje y para su utilización.

Se realiza un **vaciado** de la pieza para obtener el **espesor** de pieza adecuado, **2,5 mm**. En las paredes laterales del asiento se abren **cuatro recortes rectangulares**, dos en cada lado, que permiten la entrada de los elementos del chasis para permitir el plegado del asiento.

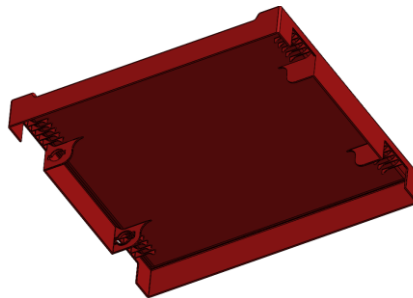


Figura 6.1.1 | Vista inferior elementos del interior

**Alrededor** de estos **recortes**, en la parte interior del asiento, se introducen los siguientes elementos:

- **Nervio de fijación.** Se sitúa un nervio en la parte más cercana al plano medio del asiento para que, además de soportar cargas, sirva como elemento de colocación del tapón-bisagra que va a permitir el giro.

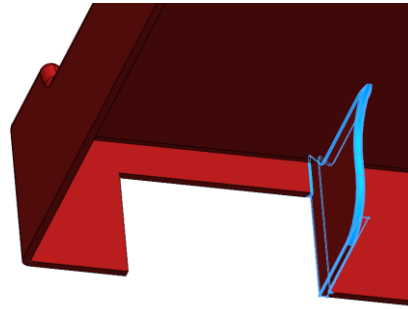


Figura 6.1.2 | Nervio de fijación del asiento

- **Nervios de apoyo.** Con el andador montado, estos nervios apoyan sobre los elementos del chasis para permitir el plegado del asiento, distribuyendo así la fuerza que ejerce el usuario al sentarse. Su perfil es el mismo que el de dichos elementos, para que se adapten perfectamente a la superficie.

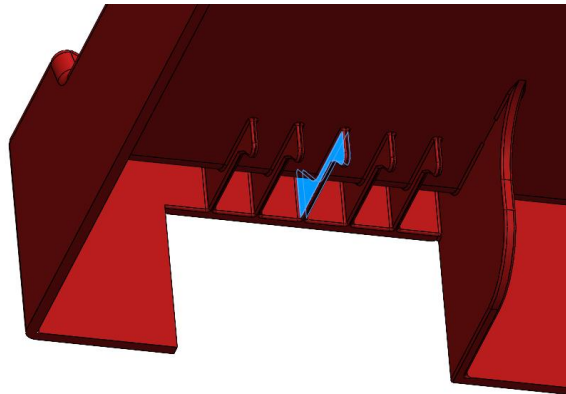


Figura 6.1.3 | Nervios de apoyo del asiento

- **Recorte para tapón-bisagra.** Este recorte solamente está presente en los nervios de fijación de uno de los lados del asiento, ya que en el otro lado no son necesarios. Cuentan con un **saliente perimetral** que refuerza el recorte.

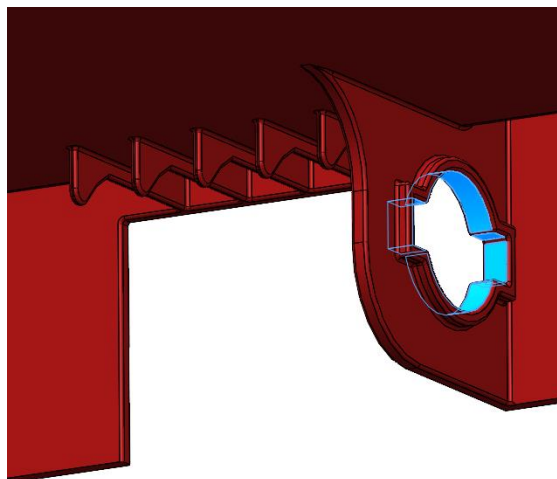


Figura 6.1.4 | Agujero para tapón-bisagra



En el lado contrario al que se encuentran los nervios de fijación con recorte para tapón-bisagra, están ubicados los **tetones de fijación del asiento**.

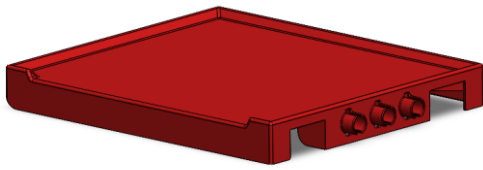


Figura 6.1.5 | Vista general con tetones



Figura 6.1.6 | Vista detalle tetones de fijación

Los tetones se incluyen para fijar la posición horizontal del asiento mientras se está utilizando. Esta función la realiza mediante dos detalles de su geometría:

- La forma cilíndrica le permite introducirse en el alojamiento correspondiente del chasis. Se ubica la posición.
- El recorte rectangular vertical dentro de cada tetón permite introducir los vástagos de los tapones de fijación. Cuando los tapones se giran, se bloquea la posición.



Figura 6.1.7 | Vista detalle tetón de fijación

En la parte inferior del asiento se colocan **nervios perimetrales** que refuerzan la pieza. Estos nervios son de la altura de la superficie del asiento y se introducen por el espacio dejado por el vaciado.

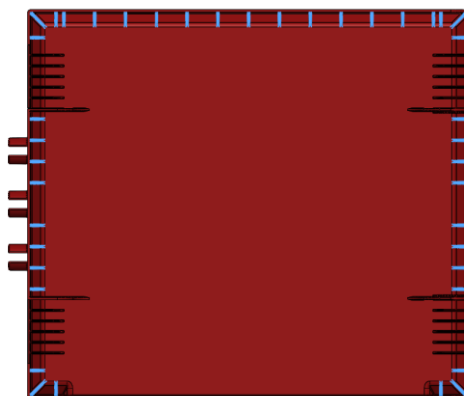


Figura 6.1.8 | Nervios perimetrales

Finalmente, se da un **redondeo a la arista inferior lateral** del lado del asiento en el que se va a realizar la unión con el asiento mediante tapones-bisagra. De esta manera se consigue que durante el proceso de plegado y desplegado, el asiento no interfiera en ningún momento con el chasis impidiendo realizar la acción.

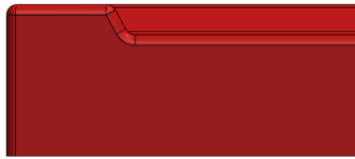


Figura 6.1.9 | Arista sin redondear



Figura 6.1.10 | Arista redondeada

Durante el proceso de diseño se aplican los **redondeos** necesarios en las aristas y los **ángulos de desmoldeo** de 0, 8° necesarios para la fabricación mediante inyección de plástico. Para la obtención de la pieza es necesario incluir en el molde las **correderas** para los **tetones** y los **recortes** de los tapones-bisagra interiores, el resto se desmoldea por **desmoldeo directo**. Las **dimensiones** finales son **416x366x50 mm**.

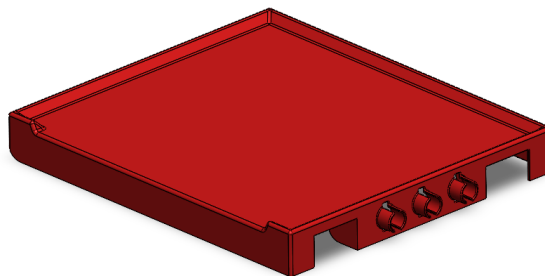


Figura 6.1.11 | Vista 1 Asiento

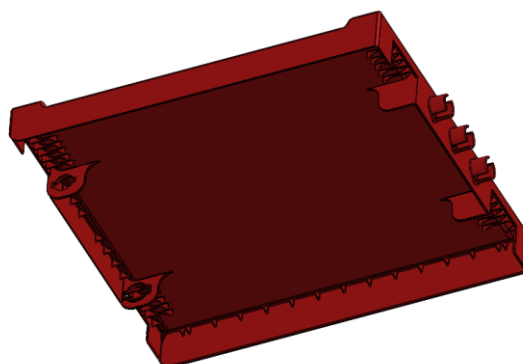


Figura 6.1.12 | Vista 2 Asiento

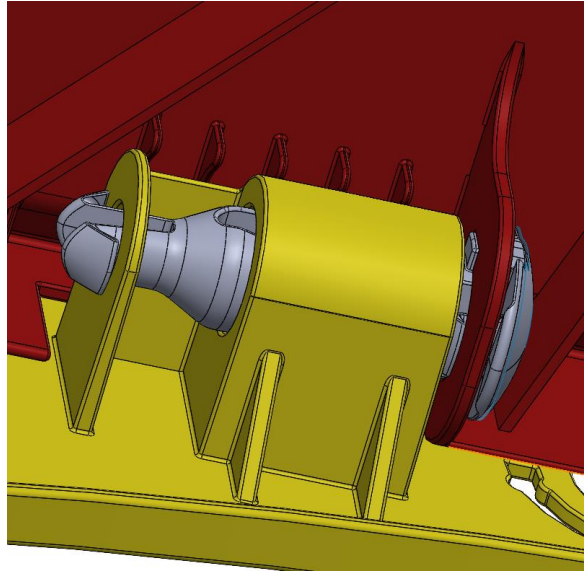


Figura 6.1.13 | Vista 3 Asiento

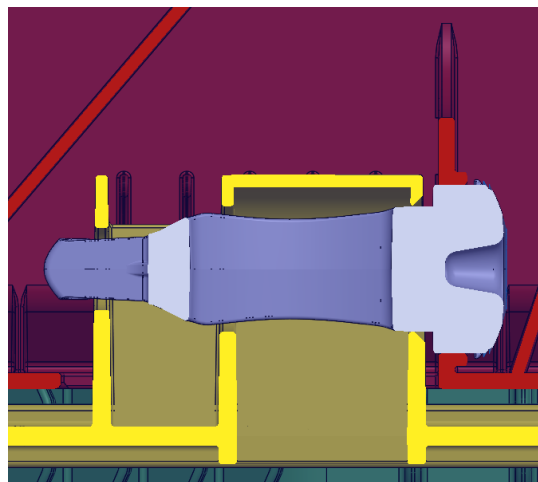
## UNIONES ENTRE PIEZAS

Se presentan los métodos de unión de piezas dentro del ensamblaje:

- **Unión entre el asiento, chasis y tapón-bisagra.** Como se ha comentado anteriormente, la unión de estas piezas se realiza insertando el tapón-bisagra en los agujeros que presentan el asiento y el chasis, clipando en ellos.



*Figura 6.2.0 | Unión asiento-chasis-tapón bisagra*



*Figura 6.2.1 | Vista en corte de unión asiento-chasis-tapón bisagra*

- **Unión entre asiento, chasis y tapón de asiento.** Esta unión se produce mediante los clips y el vástago de bloqueo que están presentes en el tapón de asiento.

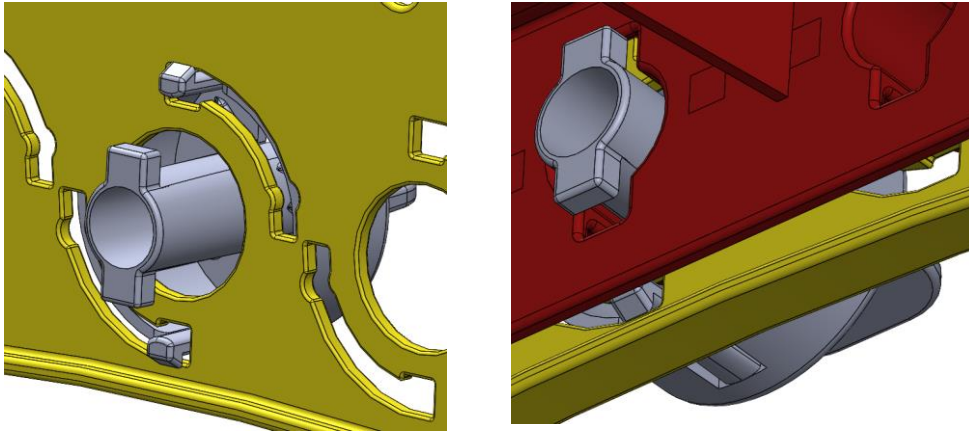


Figura 6.2.2 | Unión asiento-chasis-tapón de asiento en posición de desbloqueo

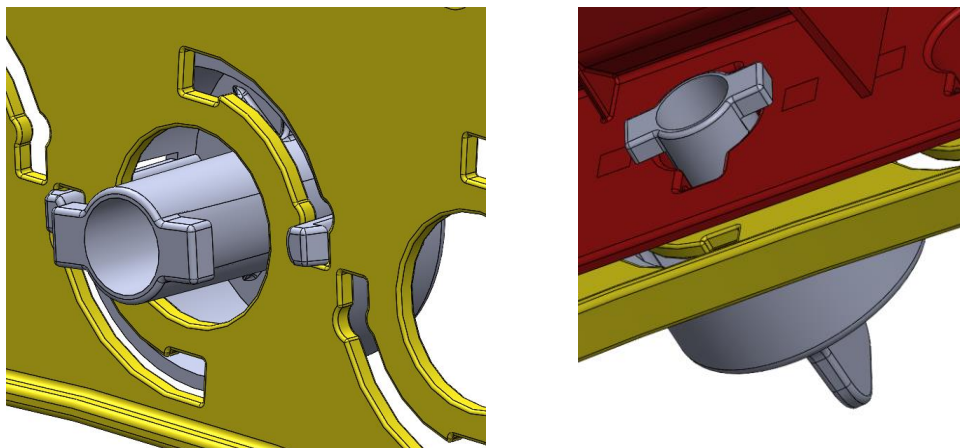


Figura 6.2.3 | Unión asiento-chasis-tapón de asiento en posición de bloqueo

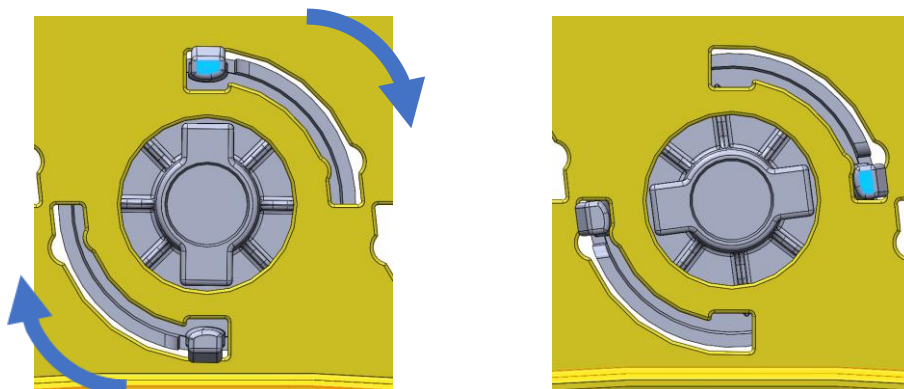
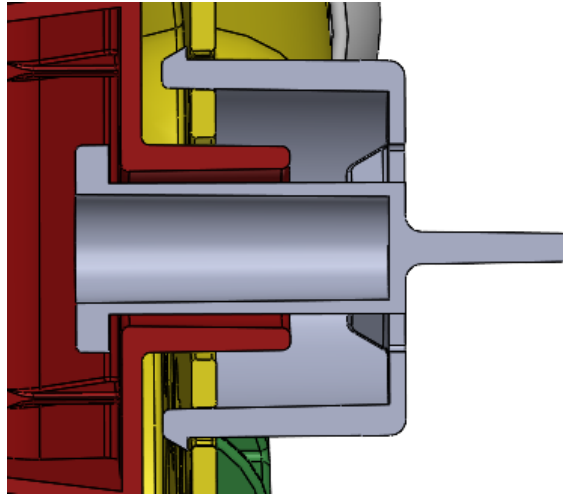


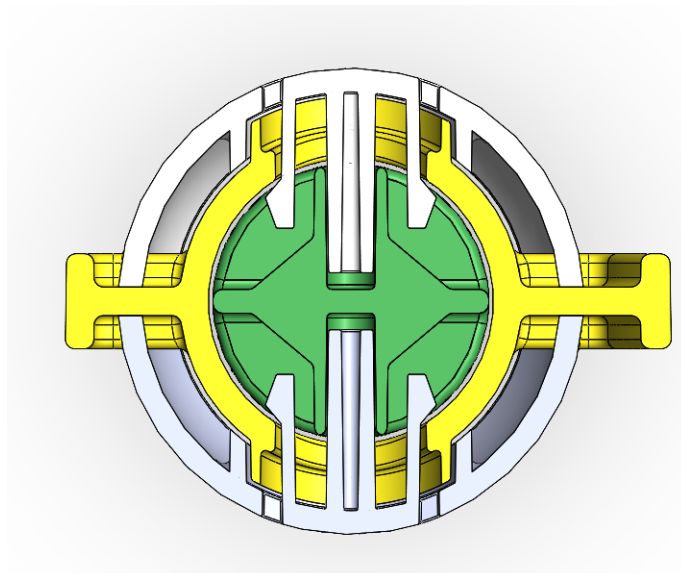
Figura 6.2.4 | Transición de posición de bloqueo a posición de desbloqueo



*Figura 6.2.5 | Vista en corte de unión asiento-chasis-tapón de asiento*

- **Unión entre pata, embellecedor y chasis.** Esta unión se realiza superponiendo las piezas y utilizando el vástago de centrado del embellecedor para que los clips aseguren la unión.

El vástago entra hasta el interior de la torreta (pata, de color verde), los clips (embellecedor, de color blanco) hasta el interior del chasis (de color amarillo) y los embellecedores envuelven la unión para dar apoyo y refuerzo a la unión.



*Figura 6.2.6 | Vista en corte de unión pata-chasis-embellecedor*

## 7. ANÁLISIS RESISTENTE

Un aspecto relevante e importante ante un producto de este tipo es conocer si las piezas modeladas obtenidas son capaces de realizar sus funciones, dentro del conjunto y durante el uso, sin sufrir roturas o deformaciones muy elevadas.

Para ello, se plantean varios análisis resistentes a distintas piezas del conjunto. Los análisis resistentes son los siguientes:

- Análisis resistente del asiento
- Análisis resistente del chasis
- Análisis resistente de la pieza de la empuñadura. Parte de la empuñadura
- Análisis resistente de la pieza de la empuñadura. Parte del respaldo.

El material seleccionado para comenzar los análisis será un **polietileno de alta densidad**.

El objetivo de este TFG es diseñar un andador para fabricar por medio de inyección de plástico, por lo que habrá que elegir un material de la familia de los termoplásticos. Se descartan los materiales amorfos dado su comportamiento más frágil frente a los semicristalinos. Dentro de los semicristalinos, se descartan inicialmente aquellos que se consideran más técnicos y de mayor coste como son las poliamidas y las resinas acetálicas. Finalmente, se consideran buenas candidatas las poliolefinas, entre las que se encuentran los polietilenos y el polipropileno. La selección final del polietileno de alta densidad es el buen comportamiento que tiene este material a los impactos cuando las temperaturas son más bajas. No se esperan golpes fuertes en el andador, pero de haberlos, podrían ser perfectamente en invierno, cuando las temperaturas en la calle son frías.

Por tanto, a la hora de ejecutar y evaluar los casos de simulaciones, se tendrán como **propiedades de referencia** un **módulo de elasticidad de 800-850 MPa** y una **tensión límite de 35 MPa**.

## 7.1 ANÁLISIS RESISTENTE DEL ASIENTO

Para el análisis resistente del asiento se plantea en primer lugar el **peso** que va a deber **soportar** el asiento. Se establecen **80 Kg** como peso para realizar el ensayo, ya que la media de las personas de la tercera edad está en  $60,61 \pm 10,10$  Kg en el caso de los hombres y en  $55,75 \pm 8,75$  Kg en el caso de las mujeres. De esta manera se está del lado de la seguridad situando el peso utilizado (80 Kg) por encima del peso máximo real (70,71 Kg). [24]

El primer paso a realizar es colocar las cargas y sujeciones en la pieza del asiento. Es importante recordar en este punto que el material empleado para el asiento es un PE de alta densidad, cuyo límite elástico es cercano a los 35

MPa.

Sobre la superficie en la que se va a sentar el usuario se coloca la carga de 800 N ( $\pm 80$  Kg). Dicha superficie es la superior.

En la parte inferior se colocan las sujeciones con sus respectivas restricciones. Se diferencia entre las que sirven simplemente de apoyo, las que permiten el giro y las que no permiten ningún movimiento.

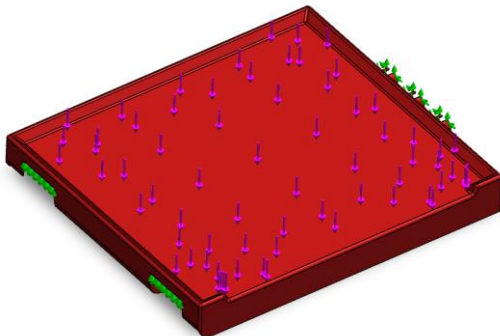


Figura 7.1.0.0 | Fuerza aplicada sobre el asiento

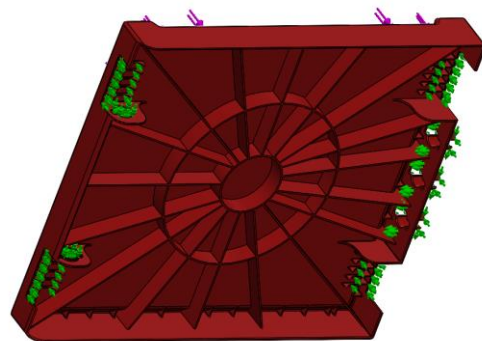


Figura 7.1.0.1 | Sujeciones aplicadas sobre el asiento

A continuación, se malla la pieza para poder realizar el análisis resistente.

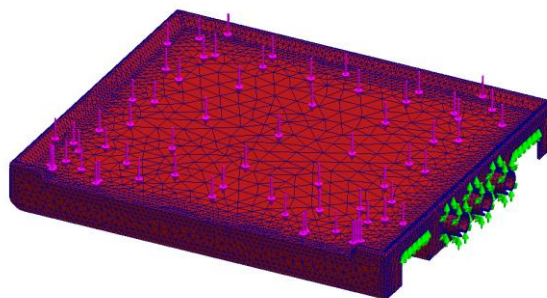


Figura 7.1.0.2 | Mallado del asiento

Se muestra a continuación el primer caso ejecutado, que no supera los requisitos impuestos. El asiento irá evolucionando hasta tener una geometría que se da por buena en cuanto a resistencia y rigidez. La evolución de los casos se puede consultar en el Anexo 6, presentándose en la memoria una tabla resumen de los mismos.

### CASO 1. ASIENTO

En este primer caso se obtienen los siguientes resultados:

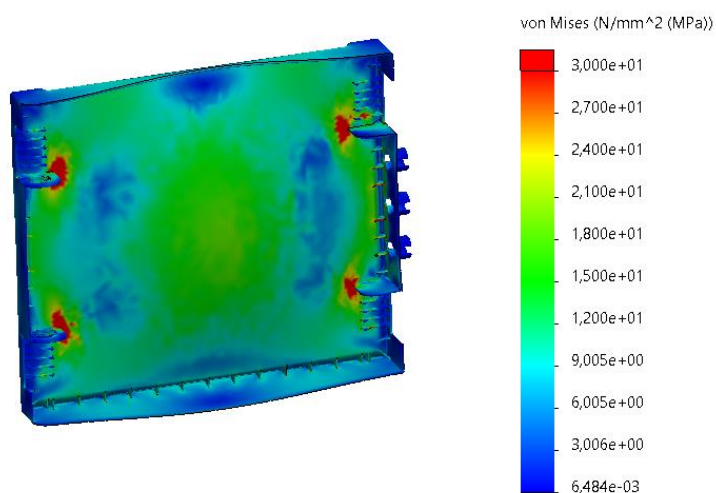


Figura 7.1.1.0 | Tensiones 1 en el Caso 1. Asiento

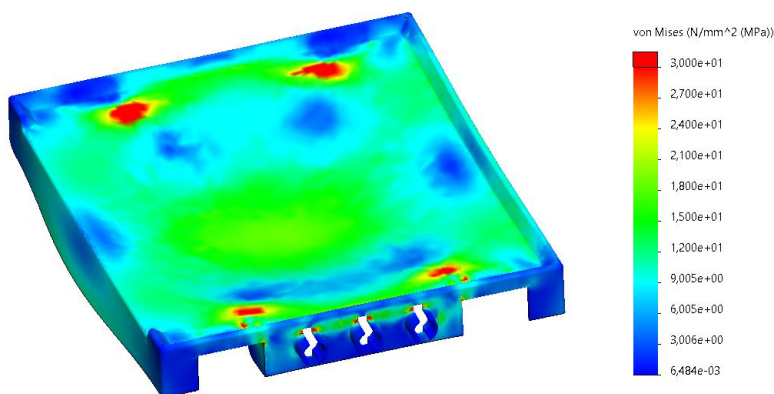


Figura 7.1.1.1 | Tensiones 2 en el Caso 1. Asiento

La **tensión máxima** alcanzada en el asiento es de **270 MPa**, muy por encima de los 35 MPa admisibles.

El mapa de tensiones se ha escalado a estos 35 MPa de límite para localizar con facilidad las zonas críticas. Hay **varias zonas críticas** del asiento **por encima** de los **35 MPa** del límite elástico.

Estas zonas se ubican en las uniones del asiento con los elementos de sujeción de los tapones del chasis, tanto en la cara superior como en la inferior. También se pueden apreciar zonas críticas en la parte superior de los tetones, en las uniones con la cara lateral del asiento.



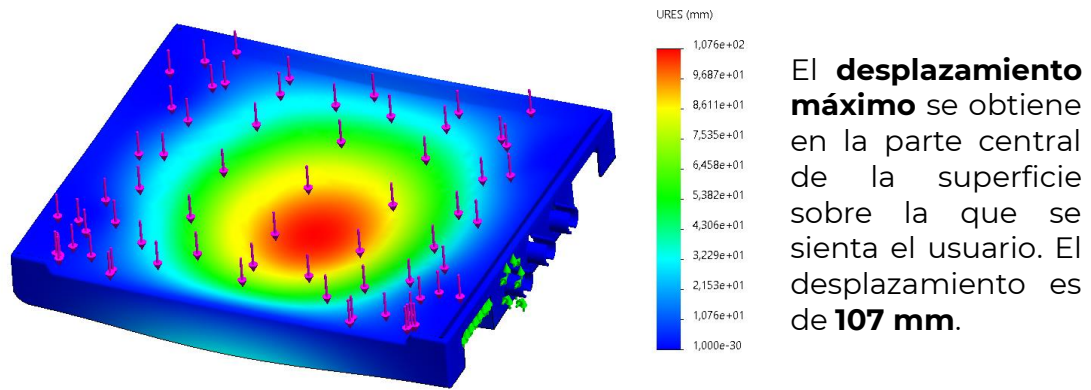
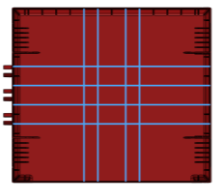
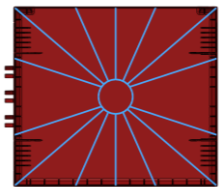
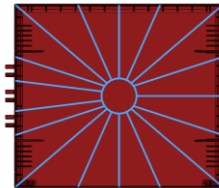
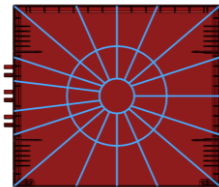


Figura 7.1.1.2 | Desplazamientos en el Caso 1. Asiento

Como se puede observar en las imágenes, por la morfología del asiento, se obtienen unas **tensiones** y unos **desplazamientos** muy **por encima de lo admisible**. El **asiento fallaría** por varias zonas ya que se supera el límite elástico de 35 MPa del material. El objetivo es eliminar estas zonas críticas y reducir los desplazamientos.

**TABLA RESUMEN ANÁLISIS RESISTENTE ASIENTO. CASOS**

CASO	MEJORAS DE RESISTENCIA			TENSIONES		DESPLAZAMIENTOS	
	Diseño	Altura de los nervios	Imagen	Máxima	% reducción respecto caso original	Máximo	% reducción respecto caso original
<b>Caso 1</b>	-	-	-	270 MPa	-	107	-
<b>Caso 2</b>	Cuadrícula de nervios 4x4	15 mm		94 MPa	65%	14	87%
<b>Caso 3</b>	Diseño circular y radial de nervios	15 mm		81 MPa	70%	15	85%
<b>Caso 4</b>	Se añaden 3 nervios lineales	20 mm		63 MPa	77%	8	93%
<b>Caso 5</b>	Se añade un nervio circular. Aumento de redondeos en zonas de concentración de tensiones	20 mm		50 MPa	81%	7	94%

*Figura 7.1.1.3 | Tabla resumen análisis resistente asiento. Casos*

## 7.2 ANÁLISIS RESISTENTE DEL CHASIS

Para el análisis resistente del chasis, se crea un **ensamblaje** propio, **derivado del original**, que permita conocer el comportamiento de la pieza del chasis a la carga del usuario sentado sobre el asiento.

Para ello, el ensamblaje está formado por las dos piezas de chasis, el asiento, cuatro patas y dos bulones que harán las veces de tapones que permiten el plegado y desplegado del asiento. Con el fin de conseguir un **mallado eficiente**, se eliminan las holguras entre piezas previstas para el correcto montaje, y se provoca contacto para que haya conexión entre las mallas de las diferentes piezas.

El material empleado para el chasis es un PE de alta densidad, cuyo límite elástico es cercano a los 35 MPa.

- **Asiento.** Además de las modificaciones a las que se llega tras realizar el análisis resistente específico de la pieza, se varían los **tetones** salientes que encajan en el chasis.

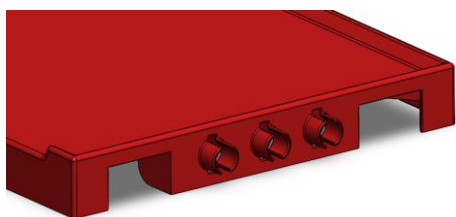


Figura 7.2.0.0 | Tetones en la pieza original

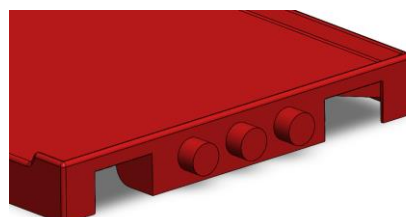


Figura 7.2.0.1 | Tetones en la pieza derivada para el análisis resistente

Se amplía el diámetro de los tetones hasta coincidir con el de los agujeros del chasis (29 mm).

Se eliminan también los **agujeros rectangulares** de dentro de los tetones ya que **no se necesitan**, debido a que los tapones de fijación del asiento no se emplean en el ensamblaje del ensayo.

- **Tapones bisagra.** Para el ensayo, estos tapones directamente son reemplazados por unos **bulones cilíndricos lisos**. El diámetro de estos bulones (20 mm) es el mismo que el de los agujeros en los que se colocan los tapones bisagra para que no haya holguras y las piezas estén en contacto para poder mallar.



Figura 7.2.0.2 | Tapones de rotación del asiento del andador original

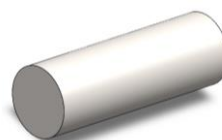


Figura 7.2.0.3 | Bulones derivados para el análisis resistente

- **Chasis.** Sobre la pieza del chasis original no se realiza ninguna modificación para adaptarla al ensamblaje en el que se realiza el análisis resistente.
- **Patas.** Esta pieza simplemente sufre modificaciones en el diámetro del tubo inferior y las costillas distribuidas a lo largo de su longitud total. Se aumenta el diámetro hasta los 29 mm para eliminar las holguras y que haya contacto entre las patas y el chasis para poder obtener una malla.

De esta manera, el ensamblaje se vería de la siguiente manera:



Figura 7.2.0.4 | Ensamblaje para análisis resistente

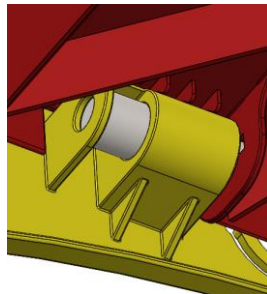


Figura 7.2.0.5 | Bulones cilíndricos en su alojamiento

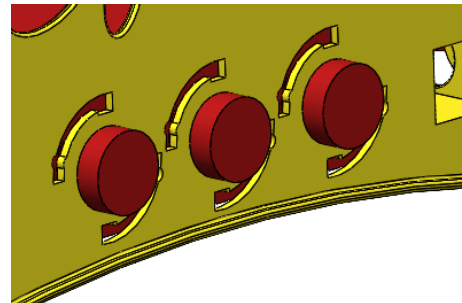


Figura 7.2.0.6 | Tetones ubicados en su alojamiento

Con estas modificaciones se pretende obtener un **ensamblaje simplificado** del ensamblaje original con el que se pueda **trabajar** de una **manera más práctica**. Además, con el planteamiento, nos situamos del **lado de la seguridad**, ya que en el caso original se cuenta con holguras apoyos que en este ensamblaje no se tienen en cuenta.

Para realizar el análisis se colocan **sujeciones fijas** en las cuatro **patas** y una fuerza de **800 N** en la superficie del **asiento**, misma fuerza que en el caso del análisis resistente de la pieza del asiento. Se realiza también el mallado del ensamblaje, como un conjunto.

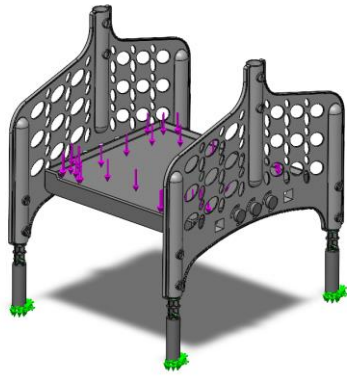


Figura 7.2.0.7 | Sujeciones y fuerza aplicadas en el ensayo resistente del chasis

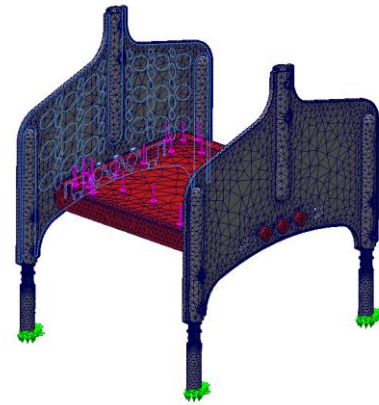


Figura 7.2.0.8 | Malla aplicada en el ensayo resistente del chasis

### CASO 1. CHASIS

El primer análisis resistente del chasis se realiza contando con la geometría obtenida finalmente en el análisis resistente del asiento. El diseño constaba de dos nervios circulares y una serie de nervios rectos que salían del nervio circular interior y que llegaban hasta el perímetro del asiento.

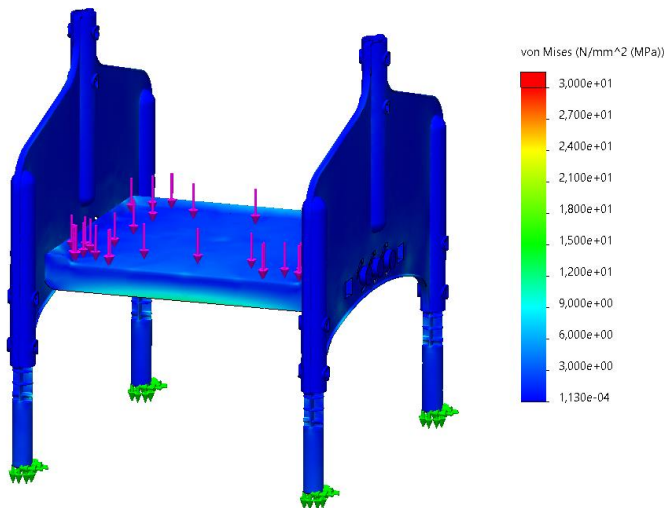


Figura 7.2.1.0 | Tensiones 1 en el Caso 1. Chasis

La **tensión máxima** registrada en el conjunto es de **30,32 MPa**.

Estas **zonas críticas** son muy pequeñas y solamente se pueden encontrar en los **salientes del chasis** que se encargan de cargar el peso del asiento.



Figura 7.2.1.1 | Tensiones 1 en el Caso 1. Chasis

Las superficies de debajo del asiento, la zona nervada, es la que sufre las siguientes tensiones más elevadas, pero por debajo de los 35 MPa.

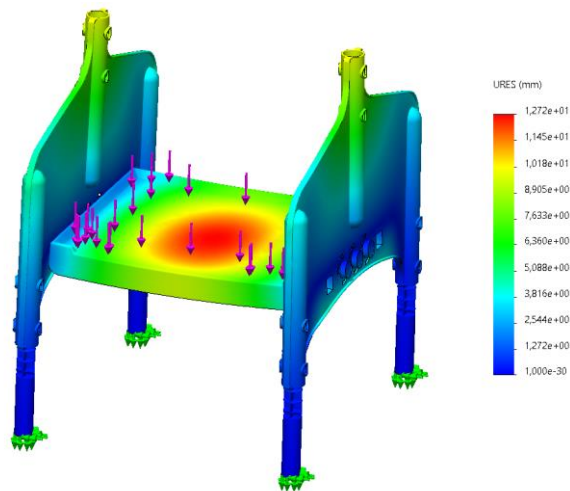


Figura 7.2.1.2 | Desplazamientos en el Caso 1. Chasis

El **desplazamiento máximo** es de 12 mm.

Los desplazamientos obtenidos son del mismo orden de magnitud que en el análisis del asiento por separado. De nuevo se obtienen los mayores desplazamientos en el centro del asiento.

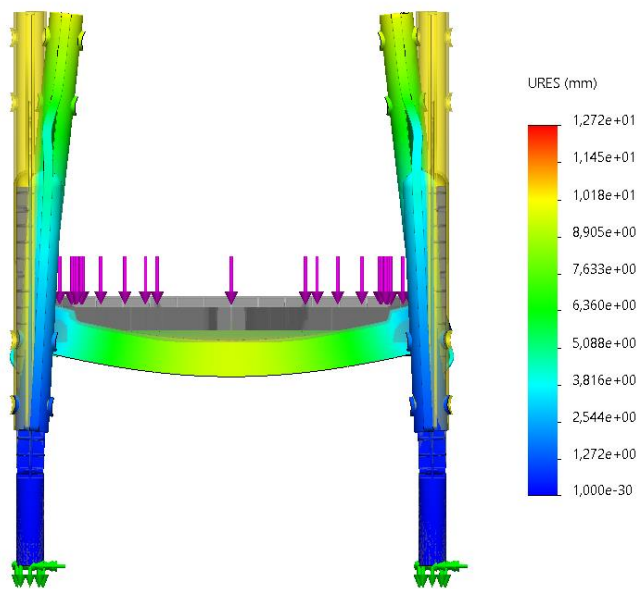


Figura 7.2.1.3 | Deformada en el Caso 1. Chasis

En la imagen de la izquierda se puede apreciar la **deformación** que sufren el chasis y el asiento (en transparente el estado inicial). El factor de escala para visualizar la deformada es de 4.

El asiento flexa por el plano medio, lo que lleva a los chasis a doblar y que sus partes superiores caigan hacia dentro.

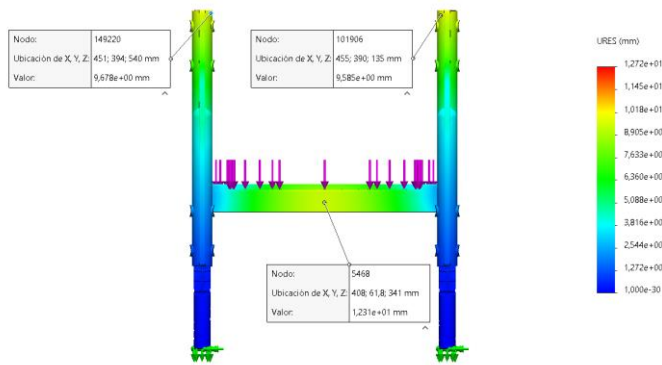


Figura 7.2.1.4 | Desplazamientos en puntos en el Caso 1. Chasis

Los **desplazamientos** obtenidos en **las zonas de interés** son los siguientes:

- Asiento: 12 mm
- Cilindros superiores: 9,5 mm

Estos **desplazamientos**, en especial el caso del asiento, se siguen considerando **superiores** a los **requisitos de diseño** que debe cumplir el andador, por lo que se introducen **modificaciones** para poder reducirlos.

## CASO 2. CHASIS

Tras los datos de desplazamientos y tensiones obtenidos en el anterior caso, se introduce una modificación en el asiento que puede afectar a todo el ensamblaje.

Sobre el patrón de nervado con el que se finaliza el análisis resistente del chasis se **añade** un nuevo **nervio circular**, de 290 mm de diámetro. Con este nervio se espera que se rigidice la parte inferior del asiento, lo que lleve a que flecte menos. Esto a su vez repercute en que los cilindros superiores del chasis no presenten un movimiento de giro tan pronunciado hacia el centro del asiento.

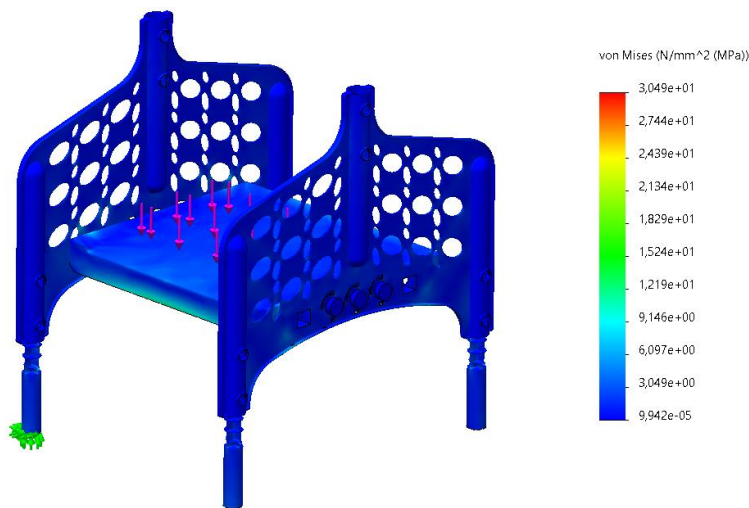


Figura 7.2.2.0 | Tensiones 1 en el Caso 2. Chasis

La **tensión máxima** registrada está por debajo del límite admisible del material.

Las zonas que estarían más cerca de este límite son los salientes del chasis **salientes del chasis** que se encargan de cargar el peso del asiento. Siguen siendo de un tamaño muy pequeño.

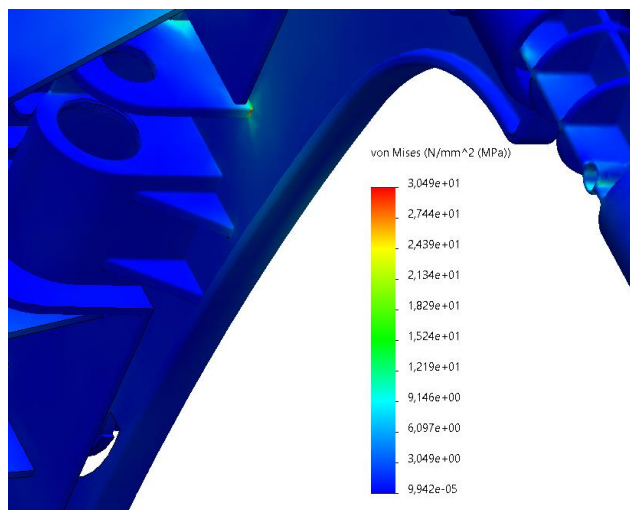


Figura 7.2.2.1 | Tensiones 2 en el Caso 2. Chasis



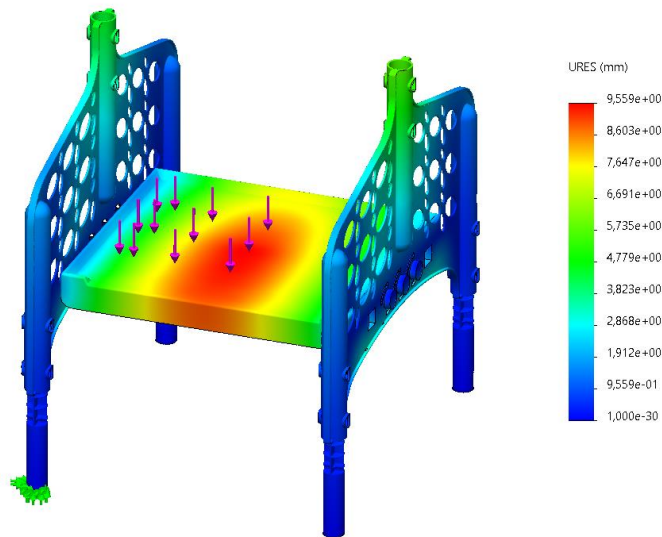


Figura 7.2.2.2 | Desplazamientos en el Caso 2. Chasis

El **desplazamiento máximo** es de 9 mm.

Se han **reducido** los desplazamientos máximos en un **25%** respecto al Caso 1. Chasis.

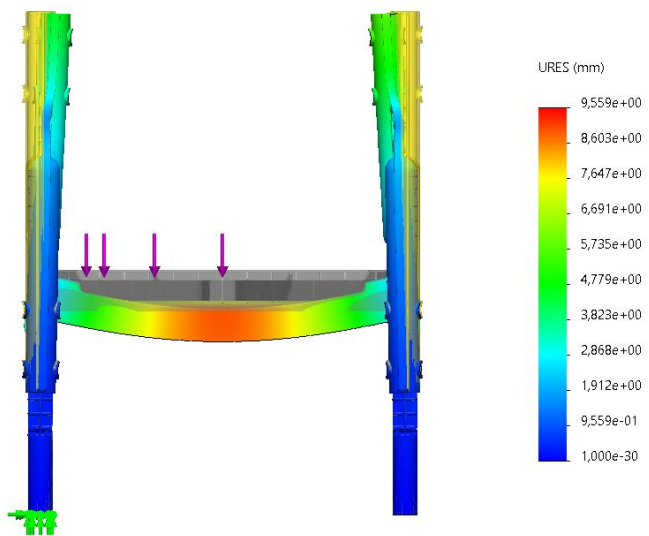


Figura 7.2.2.3 | Deformada en el Caso 2. Chasis

La **deformación** que sufren el chasis y el asiento (en transparente el estado inicial) es menor en comparación con el caso anterior. El factor de escala para visualizar la deformada es de 4.

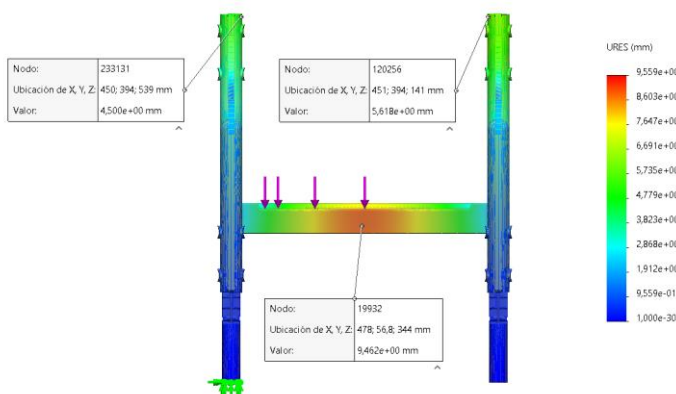


Figura 7.2.2.4 | Desplazamientos en puntos en el Caso 2. Chasis

Los **desplazamientos** obtenidos en **las zonas de interés** son los siguientes:

- Asiento: 9 mm
- Cilindros superiores: 5 mm

Por tanto, llegados a este punto y a la vista de los resultados, se puede concluir que **el conjunto asiento-chasis-pata es capaz de soportar el peso** de una persona mayor sentada ya que no se alcanza el límite del material de 35 MPa en ninguna zona.

En cuanto a **desplazamientos**, se ha conseguido dejar los correspondientes al **asiento** por **debajo de los 10 mm**, y los más **críticos** del **chasis** por **debajo de 5 mm**.

### 7.3 ANÁLISIS RESISTENTE DE LA EMPUÑADURA

Para el análisis resistente de la empuñadura, se emplea la pieza superior de agarre que permite empujar el andador durante su uso y colocar el respaldo. En este análisis se emplea únicamente la pieza original de la empuñadura, sobre la que se aplica una fuerza de empuje.

En este punto conviene recordar que el material planteado para esta pieza es un PE de alta densidad, cuyo límite elástico es cercano a los 35 MPa.

Para **estimar** la **fuerza** aplicada sobre la empuñadura del andador y poder realizar así el análisis resistente de la pieza, se realiza un **experimento**, que se encuentra detallado en el Anexo 6. La conclusión obtenida es que en la empuñadura se aplicarán 17.15 N.

Para poder realizar el ensayo, se coloca una **restricción fija** en todo el **vástago** de la pieza que se introduce en el cilindro superior del chasis. De esta manera se simula la restricción que tendrá en el caso real.

En cuanto a la fuerza, será de 17,15 N aplicada **perpendicularmente** sobre la **cara** en la que se colocará una funda de goma para **agarrar el andador**.

Se malla la pieza con un tamaño pequeño para obtener más exactitud en la obtención de los datos, ya que se obtienen más polígonos.

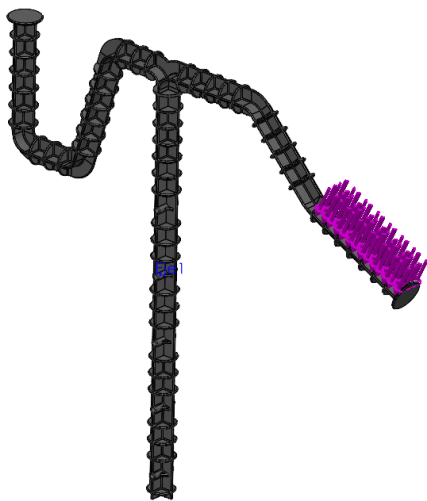


Figura 7.3.0.0 | Aplicación de la fuerza. Ensayo empuñadura

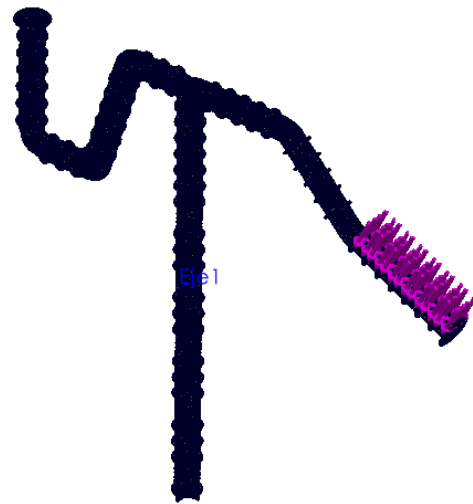


Figura 7.3.0.1 | Mallado de la pieza. Ensayo empuñadura

### CASO 1. EMPUÑADURA

En el primer caso de estudio se dispone de la pieza tal y como se ha planteado en un primer momento. Los resultados obtenidos son los siguientes:

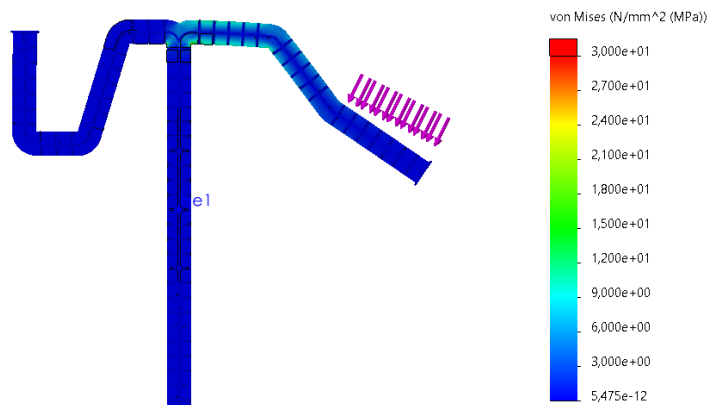


Figura 7.3.1.0 | Tensiones 1 en el Caso 1. Empuñadura

La **tensión máxima** registrada es de **103 MPa**. Por encima de los 35 MPa que soporta el material.

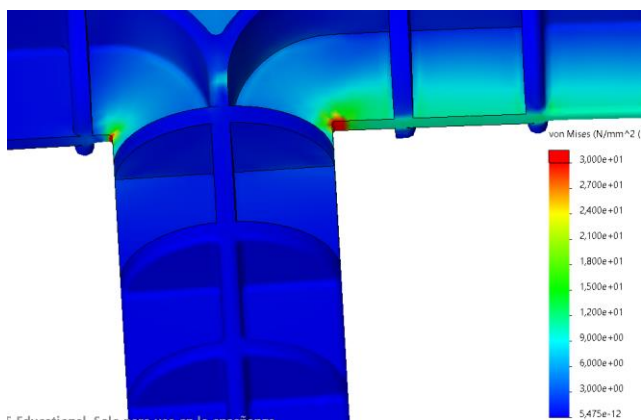


Figura 7.3.1.1 | Tensiones 2 en el Caso 1. Empuñadura

Las **zonas críticas** se ubican en las uniones del vástago vertical con el vástago horizontal, ya que se trata de ángulos rectos con redondeos pequeños.

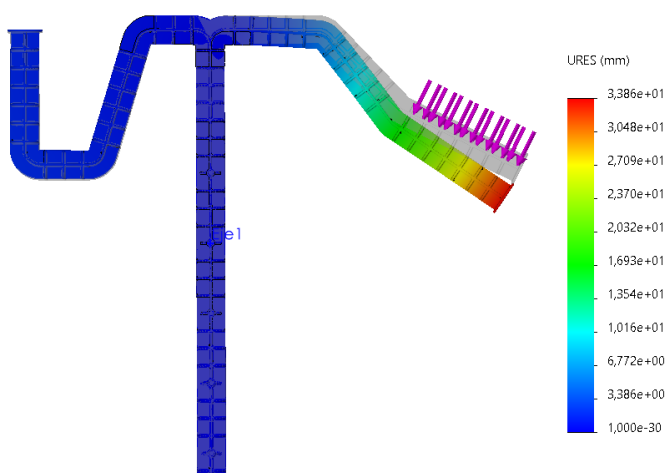


Figura 7.3.1.2 | Desplazamientos en el Caso 1. Empuñadura

El **desplazamiento máximo** registrado es de **33 mm**. Se obtiene en el **extremo de la empuñadura**, ya que se trata de la zona más alejada del apoyo. Es un ejemplo claro de una viga empotrada.

Se puede ver la variación real entre la posición original (transparente) y la deformada.

Tras haber obtenido estos datos, está claro que tanto las **tensiones** como los **desplazamientos, superan los valores admisibles**, por lo que se deben **realizar modificaciones** para disminuir estos valores.

## CASO 2. EMPUÑADURA

En este caso, para reducir las deformaciones y las tensiones, se introducen **dos cartelas** en la unión del vástago vertical con la zona horizontal de la pieza. En estos puntos se localizaban sendas **zonas críticas** de la pieza. Las cartelas son de dimensiones distintas, adaptada a la morfología de la pieza.

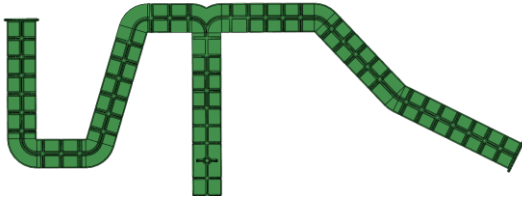


Figura 7.3.2.0 | Geometría original empuñadura

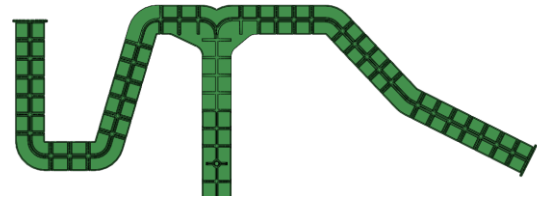


Figura 7.3.2.1 | Geometría con cartelas empuñadura

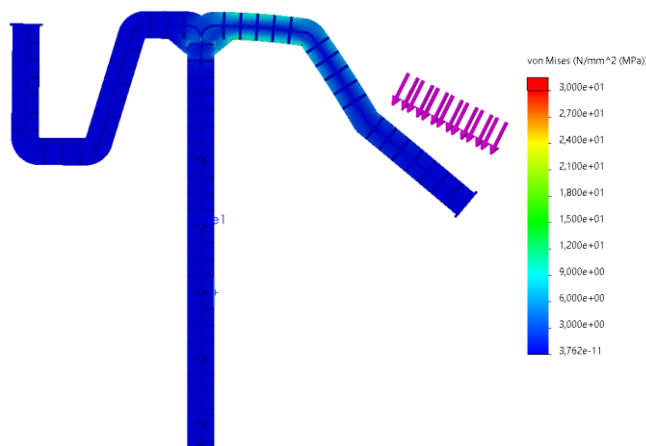


Figura 7.3.2.2 | Tensiones I en Caso 2. Empuñadura

La **tensión máxima** registrada es de **39 MPa**.

Estas tensiones que superan los 35 MPa se generan en unos puntos muy pequeños en los **extremos de las cartelas** colocadas.

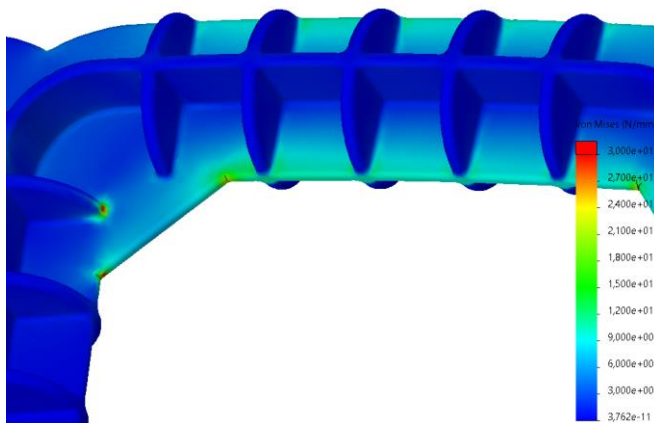


Figura 7.3.2.3 | Tensiones I en Caso 2. Empuñadura

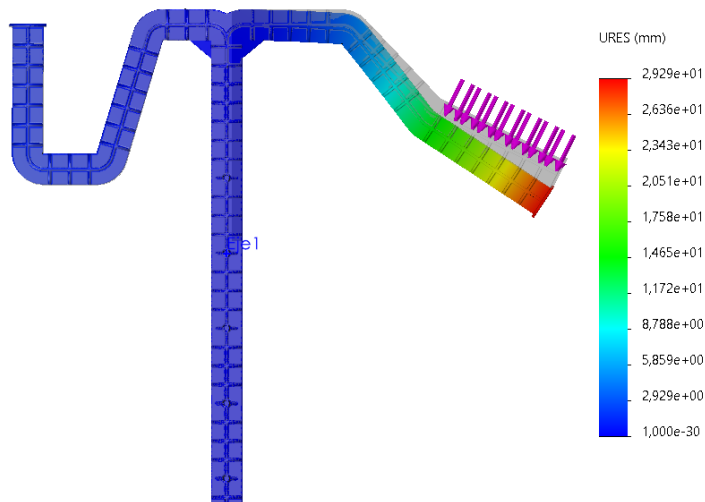


Figura 7.3.2.4 | Desplazamientos en Caso 2.  
Empuñadura

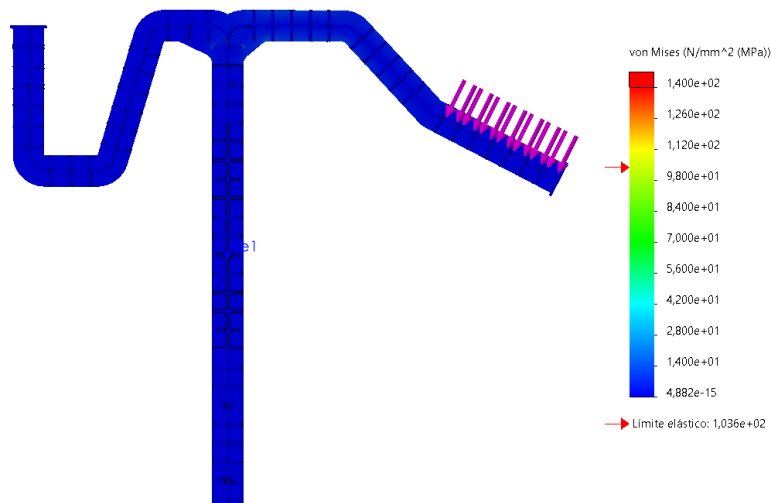
El **desplazamiento máximo** es de **29 mm** y se presenta de nuevo en el extremo de la empuñadura.

Se puede ver la variación real entre la posición original (transparente) y la deformada.

Los resultados del caso muestran una **reducción** de la **tensión** máxima de un **62%** y de un **12%** en el caso de los **desplazamientos**, respecto al caso inicial. Ambos valores continúan estando por encima de lo admisible. Llegados a este punto, y dado que las modificaciones en la geometría de la pieza no son del todo recomendables por temas de ergonomía, montaje y estética, se decide un **cambio de material**.

### CASO 3. EMPUÑADURA

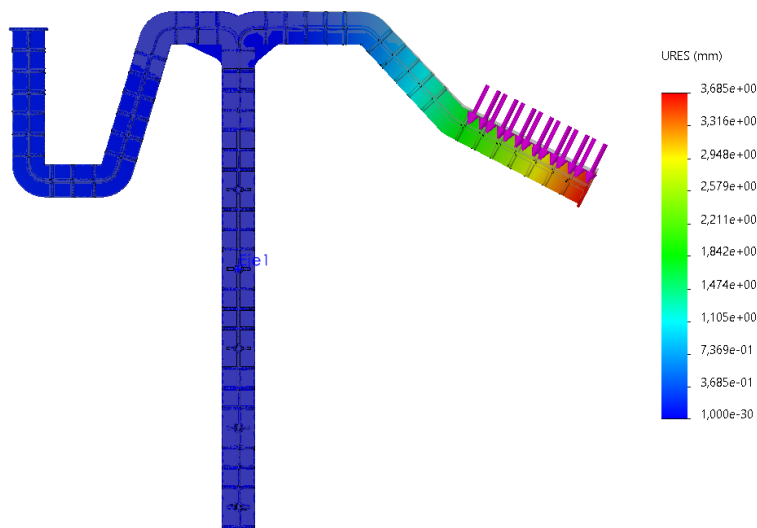
El material inicial se trataba de un PE de alta densidad con 35 MPa de límite elástico. El objetivo es encontrar un **material que no sea frágil** (se elegirá un semicristalino) y que resulte entre **5 y 6 veces más rígido** para disminuir los desplazamientos en la misma proporción (se están ejecutando los casos como lineales). El nuevo material seleccionado será una **PA**, que cuenta con un porcentaje de **refuerzo de fibra de vidrio**, que eleva su **rigidez a 8500 MPa** y su **límite admisible hasta los 150 MPa**.



La **tensión máxima** registrada en el caso es de **41 MPa**.

Sin embargo, ya **no** aparecen **zonas críticas**, ya que la tensión máxima está por debajo de los 150 MPa de límite elástico del material.

Figura 7.3.3.0 | Tensiones en Caso 3. Empuñadura



El **desplazamiento máximo** registrado es de **3 mm**.

Se registra en el extremo de la empuñadura.

Figura 7.3.3.1 | Desplazamientos en Caso 3. Empuñadura

Al modificar el material se consigue que la **pieza no falle** al no superarse en ningún momento el límite admisible. Se consigue también obtener unos **desplazamientos de 3 mm**. Se decide **finalizar** aquí **el análisis** al obtener en ambos casos valores de tensión y desplazamiento admisibles para la pieza.

## 7.4 ANÁLISIS RESISTENTE DEL RESPALDO

El primer paso es una **pieza derivada** de la pieza de empuñadura original. Se recorta el vástago inferior y se elimina el saliente que hace las veces de empuñadura.

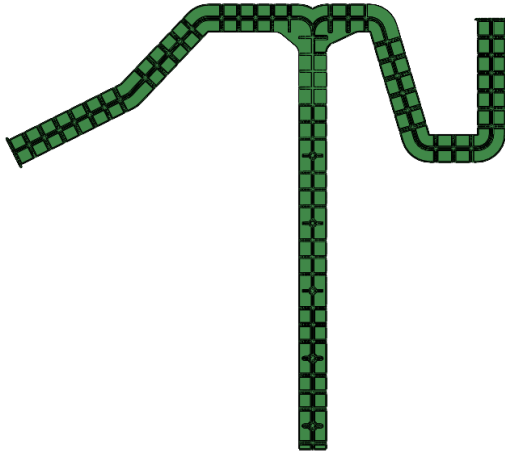


Figura 7.4.0.0 | Pieza original Empuñadura

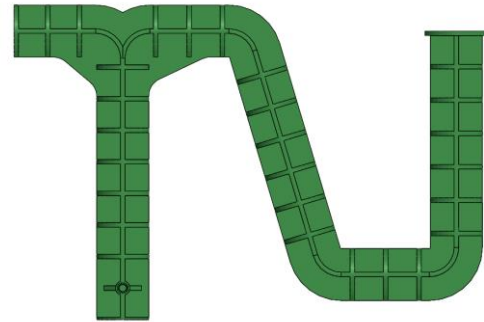


Figura 7.4.0.1 | Pieza derivada ensayo Respaldo

Con esta pieza derivada se consigue obtener un modelo simplificado que permite reducir los tiempos de mallado y cálculo que se van a llevar a cabo.

Para realizar el análisis resistente del respaldo se plantea un ensayo de conjunto formado por:

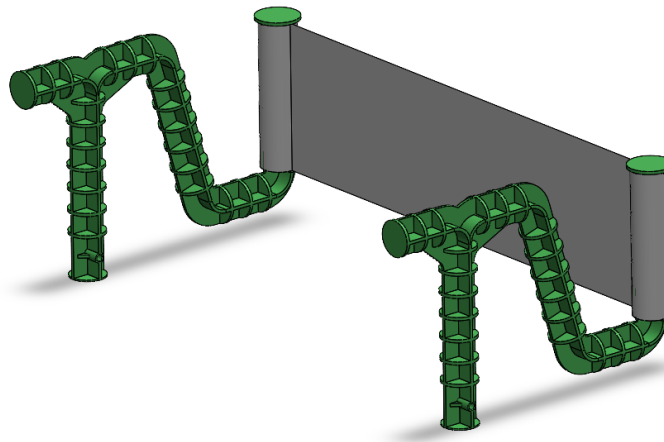


Figura 7.4.0.2 | Ensamblaje de respaldo planteado

Soporte del respaldo	+ Tela (respaldo)	+ Soporte del respaldo
E = 8500 MPa $\sigma_{\text{máx.}} = 150 \text{ MPa}$	Hilos de nylon E = 8500 MPa Espesor = 1 mm	E = 8500 MPa $\sigma_{\text{máx.}} = 150 \text{ MPa}$



Sobre este ensamblaje, se sujetaría la parte vertical del ambos soportes, y se aplicaría una carga distribuida sobre el respaldo de 60 N. La estimación de la carga se ha realizado mediante método experimental consultable en el Anexo 6.

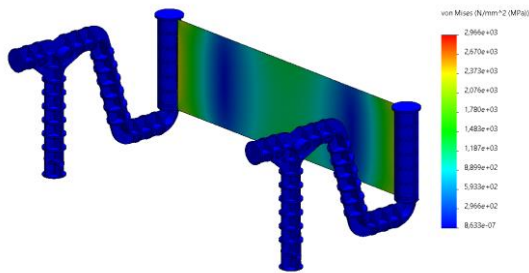


Figura 7.4.0.3 | Tensiones en el ensamblaje de respaldo planteado

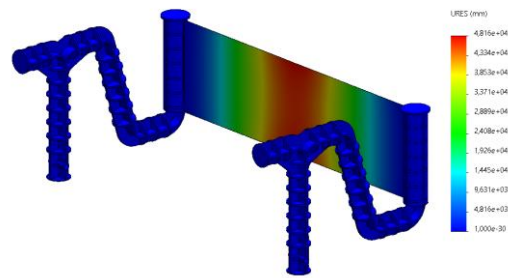


Figura 7.4.0.4 | Desplazamientos en el ensamblaje de respaldo planteado

Este planteamiento tiene varias **limitaciones** que se han observado al ejecutar el caso.

- En el experimento real la **tela puede girar** en los soportes, por lo que **no se puede simular**.
- La **tela** por geometría es mucho **menos rígida que los soportes**, por lo que **no transmite bien las acciones** al resto del conjunto.

Ante esta situación, se decide:

- Trabajar con el **soporte** de manera **aislada** y obviando el ensamblaje.
- Imponer como **carga** sobre el elemento del soporte en el que se inserta la tela, la reacción que esta transmite cuando un individuo se apoya sobre el respaldo. Estas reacciones se calculan suponiendo el respaldo como una viga biapoyada, por lo que los 60 N totales se repartirán en **30 N** para cada soporte. La dirección de la fuerza será la de la fuerza aplicada perpendicularmente al respaldo.

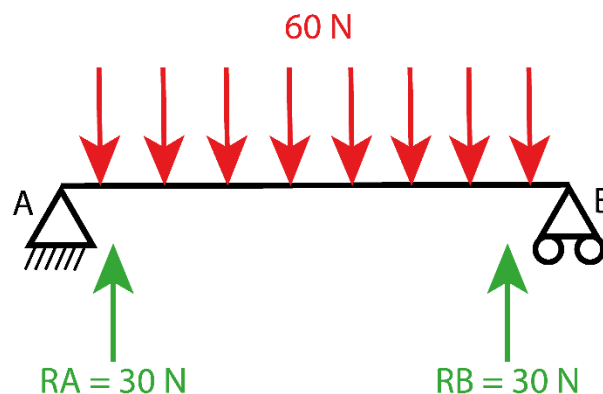


Figura 7.4.0.5 | Reacciones en el respaldo

- Imponer un **desplazamiento de 20 mm** hacia el interior sobre la parte superior del elemento del soporte en el que se inserta la tela. Con esto se pretende simular como se acercan los soportes entre si por el efecto de flexión del respaldo. Los 20 mm se han estimado mediante experimento consultable en el Anexo 6.

Se trabajarán **dos ensayos**: uno en el que **solo** se aplique **fuerza**, y otro sobre el que se aplique **fuerza y desplazamiento**.

### CASO 1. RESPALDO

Como se ha comentado, para el ensayo se coloca una sujeción fija en el vástago vertical y la carga de 30 N perpendicular a la superficie del hipotético respaldo. El material empleado se mantiene respecto al ensayo final de la empuñadura, PA + GlassFiber.

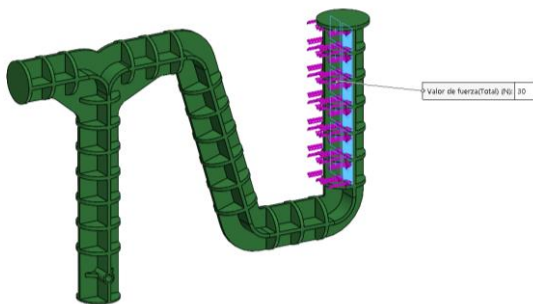


Figura 7.4.1.0 | Fuerza en el soporte



Figura 7.4.1.1 | Mallado del soporte

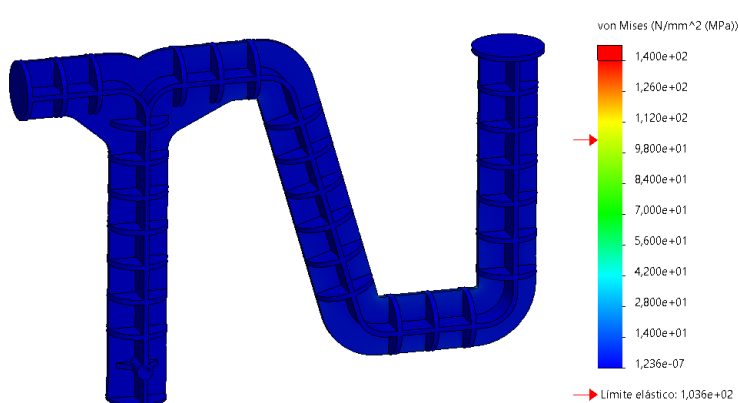


Figura 7.4.1.2 | Tensiones 1 en el respaldo. Carga en el soporte

La **tensión máxima** registrada en la pieza es de **41 MPa**.

**No** se presentan **zonas críticas** al no superarse los 150 MPa del límite admisible del material.

Al **escalar** la gráfica a **10 MPa** se puede apreciar como las

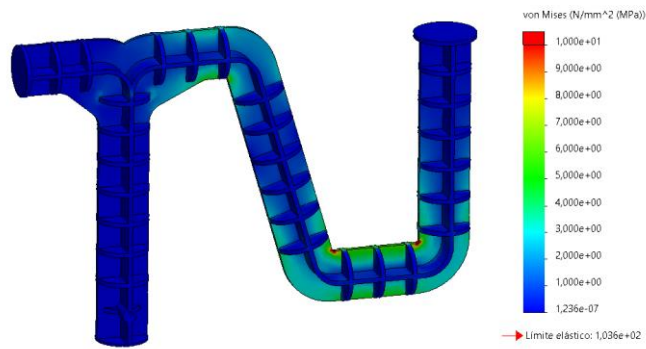


Figura 7.4.1.3 | Tensiones 2 en el respaldo. Carga en el soporte

zonas con **mayores tensiones** son las **uniones interiores entre los distintos tramos** de la pieza, como es lógico, ya que no tienen redondeos elevados.

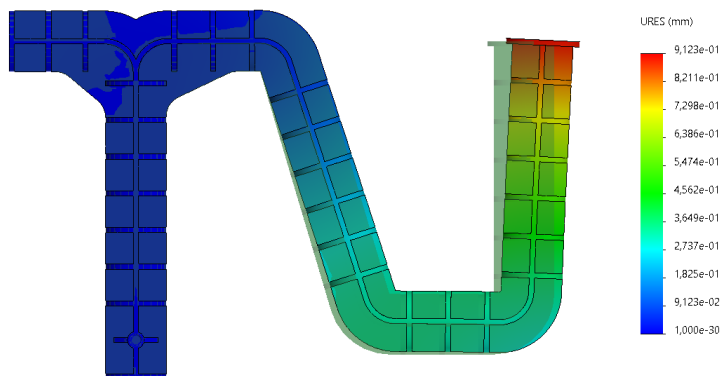


Figura 7.4.1.4 | Desplazamientos en el respaldo. Carga en el soporte

El **desplazamiento máximo** registrado es de **9 mm** en el extremo del vástago del respaldo.

Se puede apreciar la comparación entre la posición original (transparente) y la deformación. El factor de escala para visualizar la deformada es de 10.

Los resultados obtenidos muestran que **la pieza soporta la carga** en la dirección aplicada y que los **desplazamientos** entran dentro del rango **admisibles**. No se requieren modificaciones por lo que se **finaliza** aquí este **análisis resistente**.

## CASO 2. RESPALDO

Al igual que en caso 1, se coloca una **sujeción fija** en el vástago vertical, igual que en el ensayo anterior. Además, en este ensayo se mantiene también la fuerza de 30 N antes explicada y se añade un **desplazamiento de 20 mm** en la dirección en la que gira el soporte. El desplazamiento se coloca en la cara superior del extremo del soporte del respaldo.

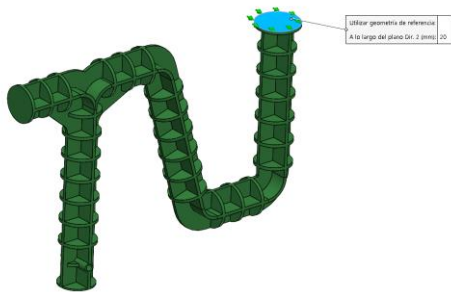


Figura 7.4.2.0 | Desplazamiento 20 mm

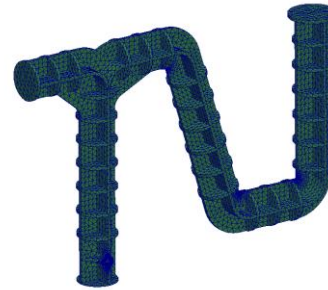


Figura 7.4.2.1 | Mallado de la pieza

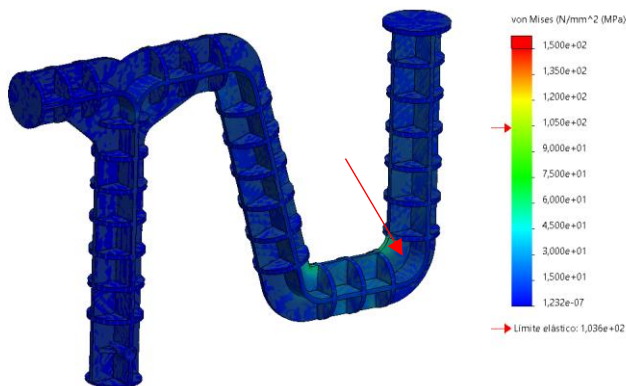


Figura 7.4.2.2 | Tensiones 1 en el respaldo. Desplazamiento en el soporte

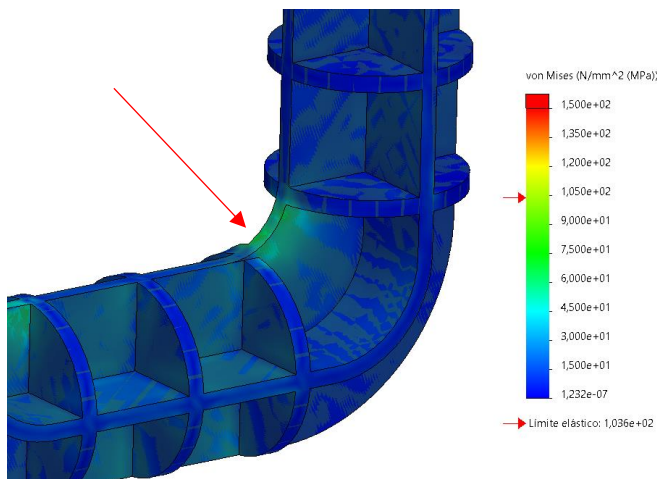


Figura 7.4.2.3 | Tensiones 2 en el respaldo. Desplazamiento en el soporte

La tensión máxima registrada en un caso anterior es de 160 MPa.

La única **zona crítica** con un valor por encima del límite elástico es la unión interna entre los dos últimos tramos del soporte. Se trata de un **punto minúsculo** de la pieza. Por ello se introduce el **redondeo** que se indica en las imágenes de la izquierda para que desaparezca.

Como resultado, se obtiene una **tensión máxima de 117 MPa**.

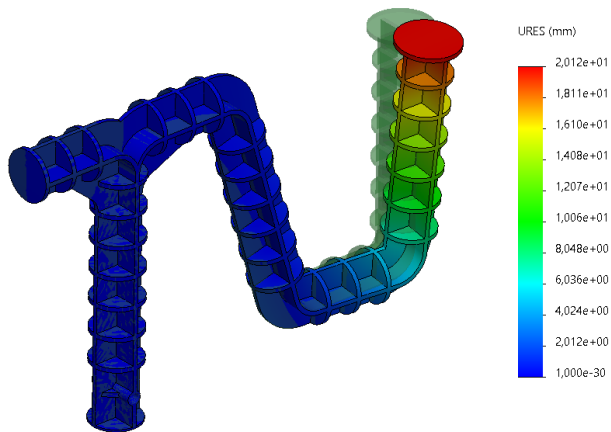


Figura 7.4.2.4 | Desplazamientos en el respaldo. Desplazamiento en el soporte

El **desplazamiento máximo, 20 mm**, se registra, como es lógico, en la superficie de aplicación de la sujeción.

Se puede apreciar la deformación real del soporte entre la posición inicial (transparente) y la final.

Con los datos obtenidos, se puede afirmar que **la pieza aguanta** el desplazamiento de 20 mm hacia el interior y la fuerza de 30 N simultáneamente, por lo que se **finaliza** aquí este **análisis resistente**.

## 7.5 CONCLUSIONES ACERCA DE LOS ANÁLISIS RESISTENTES POR ELEMENTOS FINITOS

Gracias a los análisis resistentes realizados se ha podido comprobar si las piezas diseñadas en un principio resistían o no a las cargas y situaciones que van a experimentar durante su uso.

A las piezas que no superaban las simulaciones de uso se les han introducido modificaciones, tanto de diseño y geometría como de materiales, para que fueran capaces de resistir al día a día del usuario. Un **resumen** de las **modificaciones** introducidas en las piezas:

- **Asiento.** Introducción de un entramado de nervios, circulares y rectos, de 20 mm de altura en la parte inferior de la superficie de asiento de la pieza. Además del aumento de los redondeos en zonas de unión entre partes de la propia pieza.
- **Chasis.** No es necesario la realización de modificaciones. Su estudio provoca la modificación del asiento mediante un nervio circular más para reducir los desplazamientos del chasis. Como línea futura de trabajo, y combinado con ensayo de inyección, se podría optar a aligerar algo el chasis intentando reducir su espesor.
- **Empuñadura.** Se introducen dos cartelas de unión entre el vástago horizontal y vertical de la pieza. También se modifica el material, pasando de PE de alta densidad a PA con refuerzo de fibra de vidrio.
- **Respaldo.** No es necesario añadir ninguna modificación respecto a las últimas decisiones tomadas en los ensayos previos.

## 7.6 CÁLCULO ANALÍTICO DE RESISTENCIA DE LOS ENGARGES

Para poder diseñar los clips de cada una de las piezas que montan mediante interferencia, se han realizado cálculos variando las dimensiones hasta que:

- El clip tiene unas dimensiones adecuadas a la pieza
- El clip no falla por resistencia
- La fuerza de ensamblaje y desmontaje no es excesiva

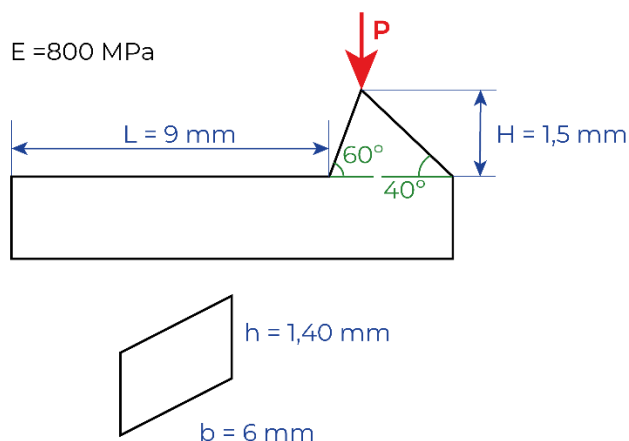
Se muestra en esta memoria una tabla resumen de los casos analizados para el clip del embellecedor, y se incluye el cálculo del diseño final. El resto de los cálculos se pueden consultar en el Anexo 6. En el caso del clip del tapón, no ha sido necesario realizar iteraciones.

### TABLA RESUMEN CASOS CLIP

	L [mm]	H [mm]	h [mm]	b [mm]	P [N]	$\sigma$ [MPa]	Fallo
<b>Caso 1</b>	4,34	2,11	2,5	2,78	234,4	351,3	SI
<b>Caso 2</b>	4,50	1,50	1,25	2,50	16,6	114	SI
<b>Caso 3</b>	6,00	1,50	1,40	6,00	22,8	69,89	SI
<b>Caso 4</b>	7,00	1,50	1,40	6,00	14,87	53,18	SI
<b>Caso 5</b>	9,00	1,50	1,40	6,00	6,76	31	<b>NO</b>

Figura 7.6.1.0 | Tabla resumen casos clip embellecedor

### CASO 5. CLIP EMBELLECEDOR



La única medida que se modifica es la longitud del clip, que pasa a ser de 9 mm.

Figura 7.6.1.1 | Medidas clip caso 5

$$\text{Momento de inercia} = \frac{1}{12} * b * h^3 = \frac{6 * 1,4^3}{12} = 1,37 \text{ mm}^4$$

$$\text{Desplazamiento máximo de la viga} = H = \frac{P * L^3}{3 * E * I} \Rightarrow 1,5 = \frac{P * 9^3}{3 * 800 * 1,37} \Rightarrow$$

$$P = \frac{1,5}{0,22} = 6,76 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{M}{I} * y_{max} = \frac{6,76 * 9}{1,37} * 0,7 = 31 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 31 \text{ MPa} < \sigma_{lim} = 35 \text{ MPa}$$

Al aumentar la longitud del clip hasta los 9 mm se disminuyen de nuevo la fuerza mínima necesaria, 6,76 N, y las tensiones de la pieza bajan a 31 MPa. Dado que los clips no están rigurosamente empotrados en su base tal y como se verá más adelante, se detienen las iteraciones aquí, y se realiza un caso de elementos finitos para comprobar.

Una vez se ha concretado la geometría final con desmoldeo directo, se realiza la simulación para comprobar finalmente si las tensiones están por debajo de 35 MPa. Tal y como se ve en la imagen, se cumplen los requisitos.

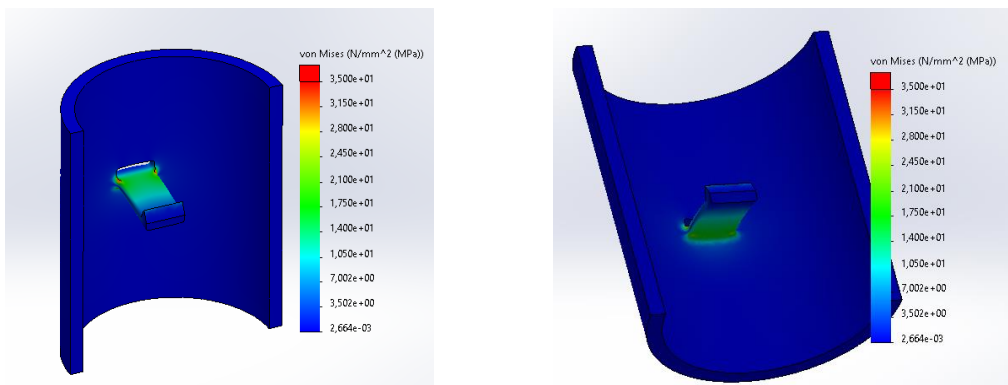


Figura 7.6.1.2 | Tensiones en el clip

Se realiza el cálculo de la fuerza que va a soportar cada clip cuando el usuario se sienta sobre la silla. En este caso los clips estarán trabajando a cortadura, y se obtendrán en el cálculos tensiones cortantes:

$$8 \frac{\text{clips}}{\text{pata}} * 4 \text{ patas} = 32 \text{ clips}$$

$$\text{Área por pata} = 1,4 * 6 = 8,4 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área total} = 8,4 * 32 = 268 \text{ mm}^2$$

Como se explica en el apartado 7.1 *Análisis resistente del asiento* se suponen 80 Kg (800 N) como carga a soportar por el asiento.

$$\sigma = \frac{\text{Fuerza}}{\text{área}} = \frac{800}{268} = 3 \text{ MPa}$$

La tensión cortante que sufre cada clip se debe comparar con la tensión admisible del material dividida por 2 (al comparar tensión cortante con tensión normal admisible se debe aplicar la teoría del cortante máximo). Por tanto, como los 3 MPa están muy por debajo de 15 (tensión admisible/2), **se da por buena la funcionalidad de los clips.**

A partir de estos datos, se calculan las fuerzas necesarias para insertar y extraer cada embellecedor.

$$E = 800 \text{ MPa} - I = 1,37 - H = 1,5 - l^3 = 9^3 - \mu = 0,27 - \alpha = 20^\circ - \beta = 40^\circ$$

- **Fuerza de inserción.** Para la inserción se emplean los **40°** de la cabeza del clip.

$$F = \frac{3 * E * I * H}{l^3} * \frac{\mu + tg\beta}{1 - \mu * tg\beta} = \frac{3 * 800 * 1,37 * 1,5}{9^3} * \frac{0,27 + tg40}{1 - 0,27 * tg40} = 9,70 \text{ N}$$

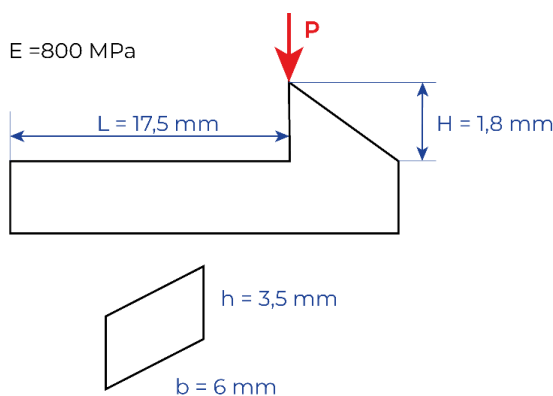
$$\text{Fuerza de inserción del embellecedor} = 9,70 \text{ N} * 4 \text{ clips} = 38,8 \text{ N} = 4 \text{ Kg}$$

- **Fuerza de extracción.** Para la extracción se emplean los **60°** de la cabeza del clip.

$$F = \frac{3 * E * I * H}{l^3} * \frac{\mu + tg\alpha}{1 - \mu * tg\alpha} = \frac{3 * 800 * 1,37 * 1,5}{9^3} * \frac{0,27 + tg60}{1 - 0,27 * tg60} = 25,44 \text{ N}$$

$$\text{Fuerza de extracción del embellecedor} = 25,44 \text{ N} * 4 \text{ clips} = 101,77 \text{ N} = 10 \text{ Kg}$$

### CLIP DEL TAPÓN DE ASIENTO



Las medidas elegidas se adaptan al diseño de pieza realizado.

Figura 7.6.1.3 | Medidas clip tapón de asiento

$$\text{Momento de inercia} = \frac{1}{12} * b * h^3 = \frac{6 * 3,5^3}{12} = 21,43$$

$$\text{Desplazamiento máximo de la viga} = H = \frac{P * L^3}{3 * E * I} \Rightarrow 1,8 = \frac{P * 17,5^3}{3 * 800 * 21,43}$$

$$P = \frac{1,8}{0,083} = 21,68 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{M}{I} * y_{max} = \frac{21,68 * 17,5}{21,43} * 1,75 = 30,85 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 30,85 \text{ MPa} < \sigma_{lim} = 35 \text{ MPa}$$

El clip **soporta la tensión.**

Diseño y desarrollo de un andador plegable fabricado en plástico para personas mayores



## 8. CONCLUSIONES ACERCA DE LOS MATERIALES

Los materiales empleados en las distintas piezas del andador se han concretado en base a valores de resistencia, coste y los ensayos realizados.

El primer material empleado es un **polietileno de alta densidad, el DOW HDPE KS 10100 UE**, de la empresa Dow Chemical. El motivo de la selección de este tipo de material son los valores de módulo de tracción (850 MPa) y resistencia a la tracción (35 MPa) que han sido suficientes para soportar las cargas ejercidas sobre las piezas que se van a fabricar en este material. Dichas piezas son el chasis, el asiento, los embellecedores y los tapones de fijación del asiento.

Además, se ha tenido en cuenta el conocimiento que se tiene sobre este material, ya que es con el que se trabaja en el TIIP (Taller de Inyección de la Industria de los Plásticos) de la EINA, espacio al que se ha acudido en varias ocasiones para el desarrollo de este trabajo.

El segundo material empleado en el andador es una **poliamida**. Se recurre a la poliamida ya que es un material semicristalino, y por lo tanto no es frágil y que resulta 5 veces más rígido que el polietileno. Este material se ha empleado para las piezas del conjunto más críticas según la relación geometría-fuerza soportada, las patas y la pieza de la empuñadura. Es necesario un material con un valor mínimo de 7500 MPa de rigidez según los ensayos realizados.

Para seleccionar este material se acude a la base de datos de [campusplastics.com](http://campusplastics.com). Dentro de las poliamidas disponibles se diferencian las que no tienen refuerzo y las que si que lo tienen.

La gama Ultramid de BASF cuenta con poliamidas sin refuerzo, son la PA66 y la PA6, con unos valores de rigidez de 1200 y 1300 MPa respectivamente, demasiado pequeños, por lo que se acudió a las poliamidas reforzadas. En este caso, el valor de rigidez depende de la carga de fibra de vidrio. La primera fibra que supera el valor de 7500 MPa de rigidez es la Ultramid A3EG7, con una rigidez de 8500 y un límite admisible de 150 MPa.

En cuanto a la gama Zytel de DuPont, también dispone de fibras sin refuerzo, pero se acude a las reforzadas con un mínimo del 25% de fibra de vidrio. La primera fibra en superar los 7500 MPa de rigidez es la Zytel 70633 HS1LNC 010, con 8000 MPa de rigidez y un límite admisible de 140 MPa.

El material seleccionado es el **Ultramid A3EG7** ya que tiene mejores valores de resistencia comparado con el de la gama Zytel.

## 9. ESTUDIO DE INYECCIÓN

El estudio de inyección se va a realizar únicamente sobre la pieza más grande, el **chasis**, para estimar **tiempo de ciclo** y **fuerza de cierre**. Estos datos son necesarios para calcular posteriormente el coste de fabricación. No es objeto de este TFG hacer un análisis de inyección detallado.

La razón por la que se elige esta pieza para hacer el análisis es su tamaño, ya que es más que probable la necesidad de más de un punto de inyección, y las simulaciones darán datos más fiables para el cálculo de coste posterior. Además, se tendrá ya una idea de la ubicación en la que se encontrarían las entradas.

Para estimar tiempo de ciclo y fuerza de cierre del resto de piezas más pequeñas, que solo contarán con un punto de entrada, se podrán usar métodos estimativos que se verán en el siguiente apartado.

Se plantea la fabricación de la pieza mediante dos puntos de inyección. La ubicación de estos dos puntos es clave para conseguir que el molde esté balanceado.

La temperatura de inyección del material es de 230° y la temperatura del molde se fija en 30° según las recomendaciones del fabricante del material. El tiempo de inyección fijado será de 3 s, tiempo adecuado para el tamaño de pieza, la conmutación de llenado por velocidad a llenado por presión se fija en el 99%, y al no conocer de antemano la presión máxima de inyección, se fija una presión de compactación como porcentaje de la máxima que calcule el programa, en concreto del 80%.

En primer lugar, será necesario encontrar la ubicación de los puntos para que la pieza esté balanceada. Es decir, que no haya zonas que tarden en llenar más que otras. Los distintos casos de balanceo se pueden consultar en el Anexo 7. En esta memoria solo se muestra el caso final.

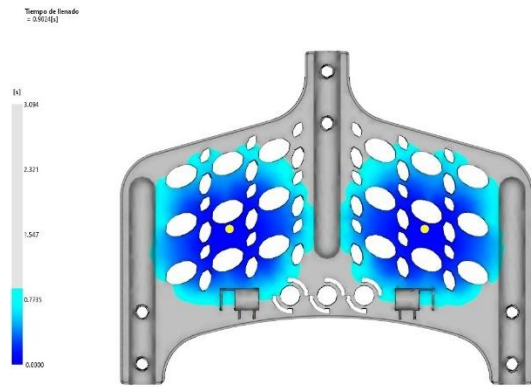
**BALANCEO. CASO 3**

Figura 9.1.0 | Tiempo de llenado 1.  
Caso 3. Balanceo

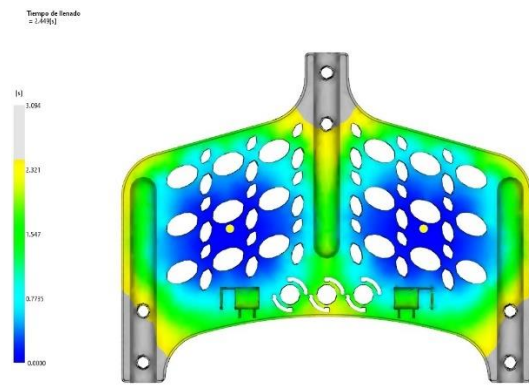


Figura 9.1.1 | Tiempo de llenado 2.  
Caso 3. Balanceo

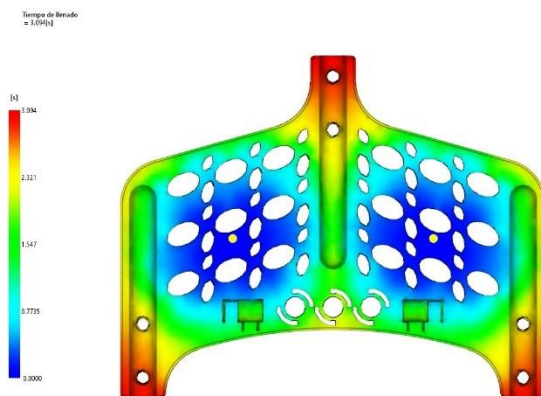


Figura 9.1.2 | Tiempo de llenado 3.  
Caso 3. Balanceo

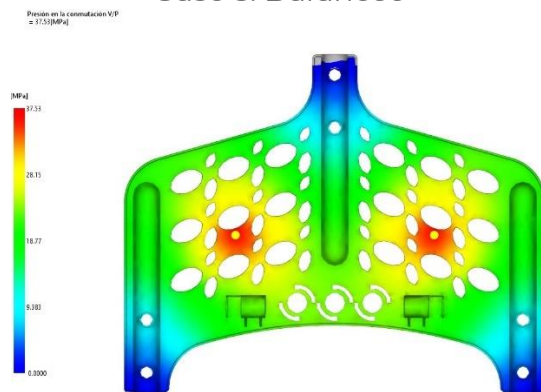


Figura 9.1.3 | Presión en la  
conmutación Caso 3. Balanceo

El **balanceo ya es adecuado** ya que no se produce una sobrecompactación. La **presión máxima de llenado** termina siendo de **37 MPa**, la más baja de las obtenidas hasta el momento, gracias a que se ha eliminado la sobrecompactación.

La **pieza** en este caso **llena de manera homogénea**. El material llega a los extremos más alejados simultáneamente.

Se **finaliza** la fase de **balanceo** ya que se logra un llenado homogéneo y sin sobrecompactación en la pieza.

### LLENADO CÁMARA CALIENTE

Se coloca a continuación la cámara caliente. Con la cámara caliente, los valores de tiempo de llenado y presión en la conmutación varían.

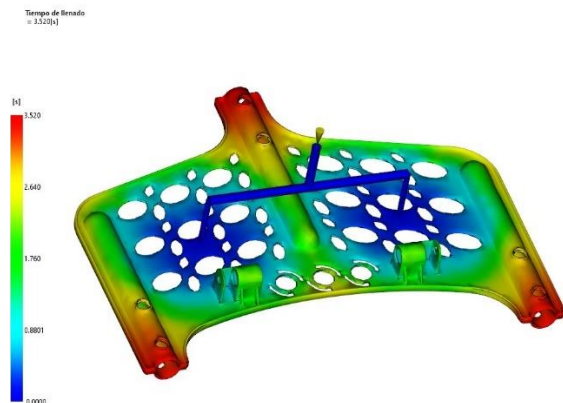


Figura 9.2.0 | Tiempo de llenado cámara caliente

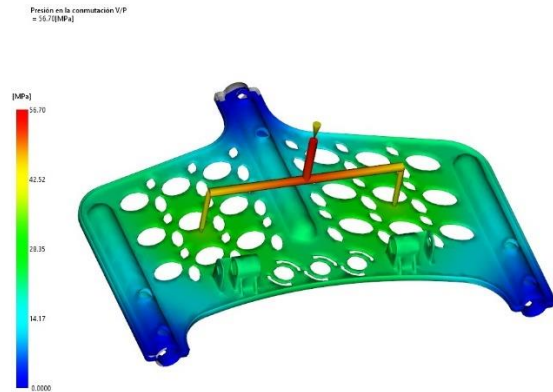


Figura 9.2.1 | Presión en la conmutación con cámara caliente

Como se puede apreciar en las imágenes, el llenado se mantiene balanceado, y la **presión máxima de llenado** alcanza los **56.7 MPa**. Esto es porque **se ha aumentado el recorrido de flujo** con la existencia de la cámara, en la que se va a dar una **caída de presión** de unos **19 MPa**.

Fase de llenado: Estado: U = Control de velocidad  
 P = Control de presión  
 U/P= Conmutación de velocidad/presión

Tiempo (s)	Volumen (%)	Presión (MPa)	F. de cierre (tonelada)	Vel flujo (cm <sup>3</sup> /s)	Estado
0.152	1.47	22.68	0.37	145.29	U
0.302	5.45	30.15	2.98	194.22	U
0.455	10.14	32.52	5.90	204.43	U
0.601	14.71	33.73	8.95	206.16	U
0.759	19.60	34.84	12.45	207.80	U
0.912	24.37	35.59	15.45	208.39	U
1.052	28.73	36.17	17.82	209.16	U
1.218	33.86	36.81	20.83	209.09	U
1.352	38.03	37.28	23.07	209.53	U
1.519	43.19	37.77	25.70	209.84	U
1.653	47.37	38.11	27.74	209.98	U
1.819	52.55	38.47	30.09	210.13	U
1.960	56.93	38.77	32.28	210.24	U
2.116	61.71	39.25	37.22	209.75	U
2.259	66.00	40.11	47.39	208.64	U
2.401	70.24	41.20	57.99	209.89	U
2.551	74.72	42.10	68.82	210.08	U
2.704	79.06	44.46	105.04	208.15	U
2.851	83.23	47.29	138.52	210.25	U
3.000	87.53	49.41	167.26	210.69	U
3.150	91.85	51.76	201.06	210.68	U
3.302	96.13	54.58	243.39	210.67	U
3.407	99.01	56.70	278.33	209.16	U/P
3.418	99.23	45.36	276.85	83.80	P
3.450	99.49	45.36	299.26	102.55	P
3.516	99.94	45.36	341.36	85.02	P
3.520	100.00	45.36	344.55	85.02	Llenado

Figura 9.2.2 | Registro

En el registro del caso, y en el gráfico de **fuerza de cierre** se ve que esta alcanza las **345 toneladas**.

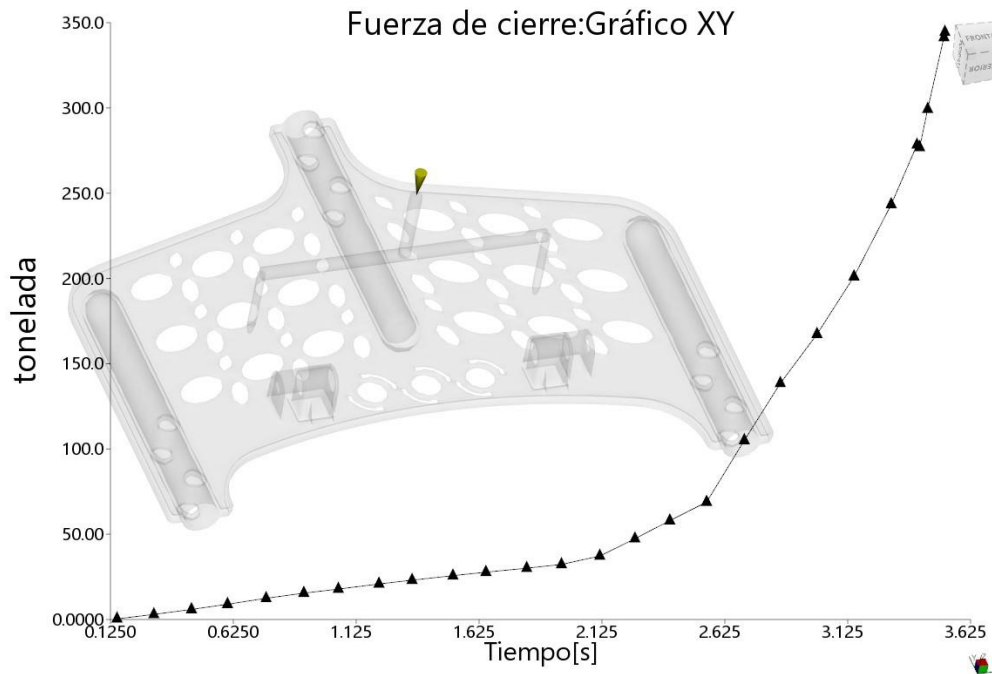


Figura 9.2.3 | Gráfica fuerza de cierre - tiempo

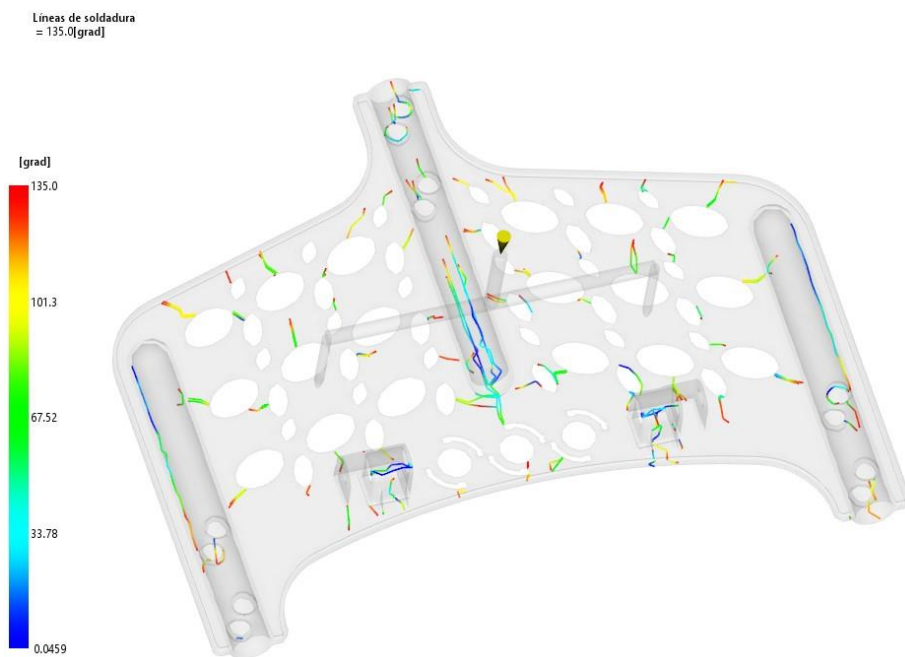


Figura 9.2.4 | Líneas de soldadura en la pieza

En la anterior imagen se pueden ver todas las líneas de soldadura presentes en la pieza. Como el diseño incluye un patrón de cortes en la cara principal, son muchos los puntos en los que se unen los frentes de flujo dando lugar a estas líneas de soldadura.

### COMPACTACIÓN

Vistos los resultados anteriores de presión máxima de llenado de aproximadamente 56 MPa, se decide en este punto compactar en absolutas, y hacerlo con 50 MPa.

Se fija un **tiempo de compactación** largo de **30 segundos** y un **tiempo de enfriamiento** largo también, de **40 segundos**. Durante la compactación es interesante conocer los siguientes valores. El gráfico inferior representa la evolución de la presión con el tiempo.

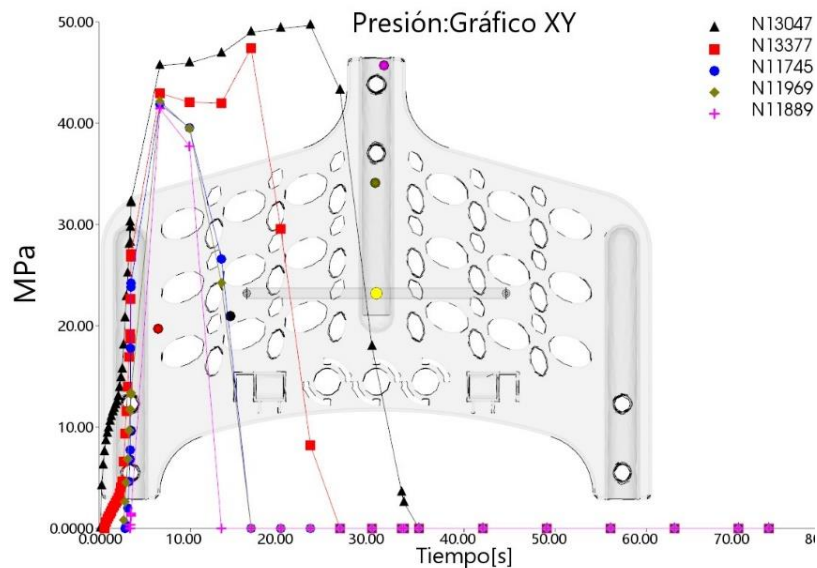


Figura 9.3.0 | Gráfica de la presión a lo largo del tiempo

Se cogen algunos puntos distribuidos sobre la pieza para conocer la evolución de la presión sobre ellos. Se puede ver cómo a medida que el punto seleccionado se aleja del punto de inyección, la presión máxima soportada disminuye, y la caída de presión en dicho punto es más rápida.

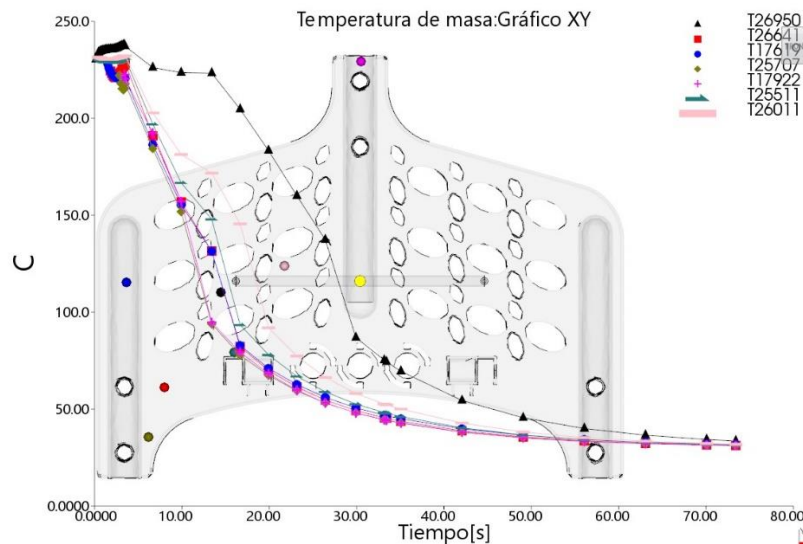


Figura 9.3.1 | Gráfica de la temperatura de masa a lo largo del tiempo

En la gráfica superior se representa la evolución de la temperatura con el tiempo. Se puede apreciar cómo a medida que el punto seleccionado se acerca a un punto de inyección, tarda más en alcanzar la temperatura de expulsión. Los **puntos cercanos** tardan en **enfriar 30 segundos**, los **alejados enfrían en 20 segundos**.

Se puede ver en la imagen que la **máxima fuerza de cierre** se alcanza a los 5,9 segundos y es de **677,8 toneladas**.

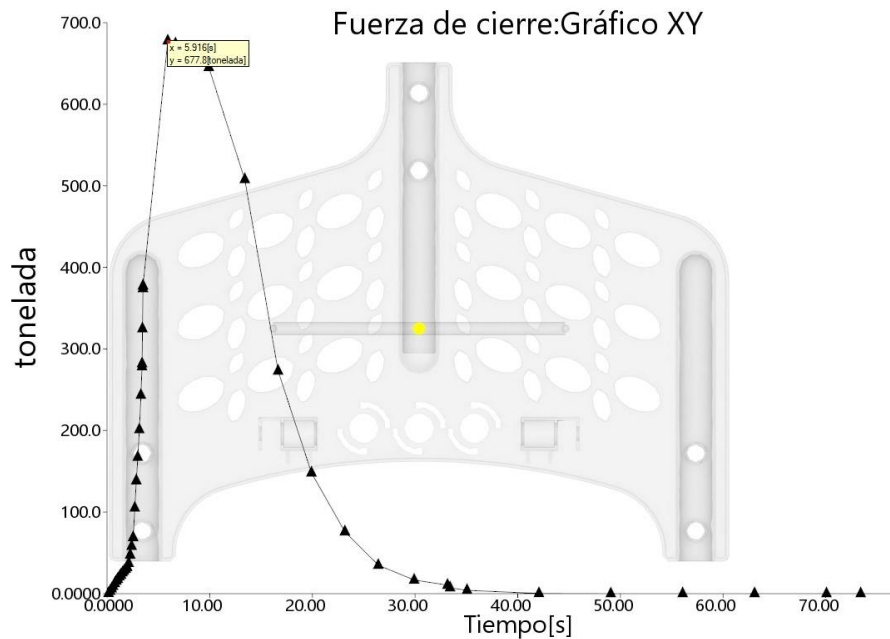


Figura 9.3.2 | Gráfica de la fuerza de cierre a lo largo del tiempo

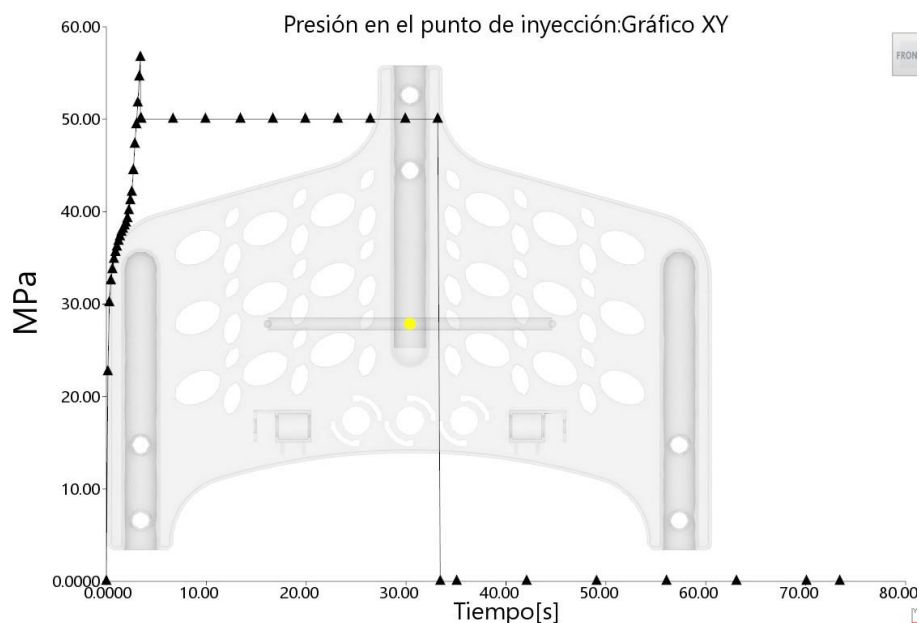


Figura 9.3.3 | Gráfica de la presión en el punto de inyección a lo largo del tiempo

El tiempo de compactación se obtiene de:

- La diferencia entre el tiempo que tarda en llegar el material a los puntos más alejados de los puntos de inyección y el tiempo de llenado: 17 segundos – 3 segundos = 14 segundos
- La diferencia entre el tiempo que tarda en llegar el material a los puntos centrados respecto de los puntos de inyección y el tiempo de llenado: 26 segundos – 3 segundos = 23 segundos

El valor medio de estos dos obtenidos, es el **tiempo de compactación, 20 segundos**.

De la misma manera, el tiempo que tarda en alcanzar la temperatura de expulsión el punto al que le cuesta más enfriar, es el que marcará el tiempo de enfriamiento. Se ha visto que este tiempo era de 30 segundos. A este valor se le restarán el tiempo de llenado y el de compactación, resultando al final un enfriamiento de 7 segundos.

En **resumen**:

- **Llenado**
  - Tiempo inyección: 3 segundos
  - Temperatura inyección: 230°
  - Conmutación: 99%
- **Compactación:**
  - Presión compactación: 50 MPa
  - Tiempo compactación: 20 segundos
- **Enfriamiento**
  - Tiempo enfriamiento: 7 segundos
  - Temperatura molde: 30°
- **Tiempo de ciclo total** teniendo en cuenta 10 segundos de apertura y cierre de molde y actuación de robot: 40 segundos
- **Fuerza de cierre necesaria:** en torno a 680 Tn



**ALABEO**

Debido a las variaciones de temperaturas y presiones experimentadas en el proceso de fabricación, se producen **deformaciones** en la pieza. De estas deformaciones la única que podría presentar un problema en este caso es el desplazamiento en Z, perdiéndose la planitud de la pieza. Programando los parámetros vistos en el resumen anterior se procede a comprobar los alabeos de la pieza.

Como se ve en las imágenes, los **desplazamientos** son muy **reducidos** en todos los casos.

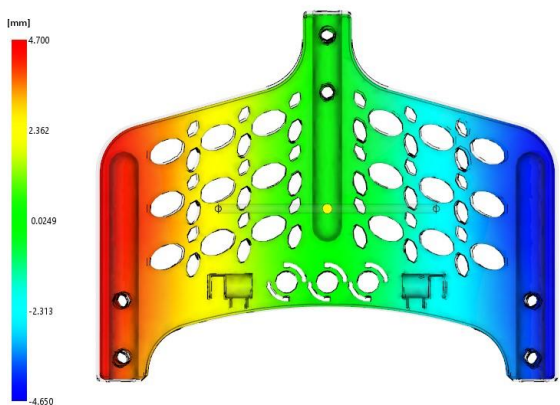


Figura 9.4.0 | Desplazamientos en el eje X en la pieza chasis

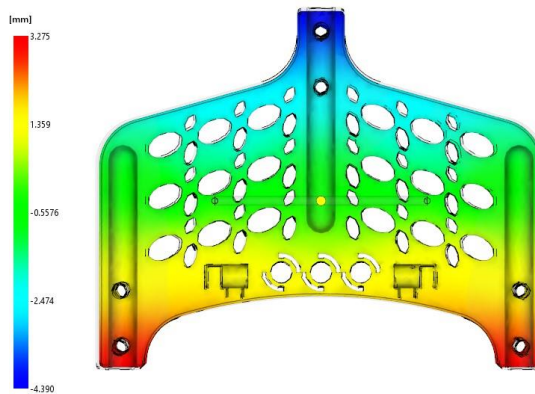


Figura 9.4.1 | Desplazamientos en el eje Y en la pieza chasis

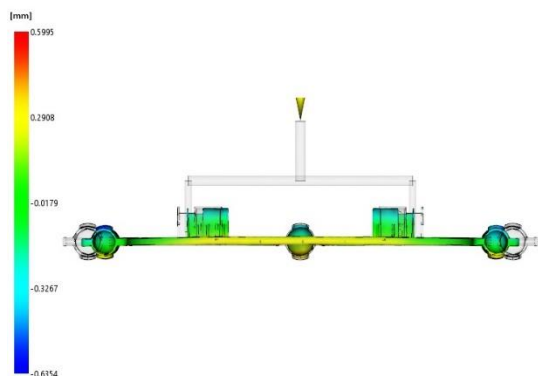


Figura 9.4.2 | Desplazamientos en el eje Z en la pieza chasis

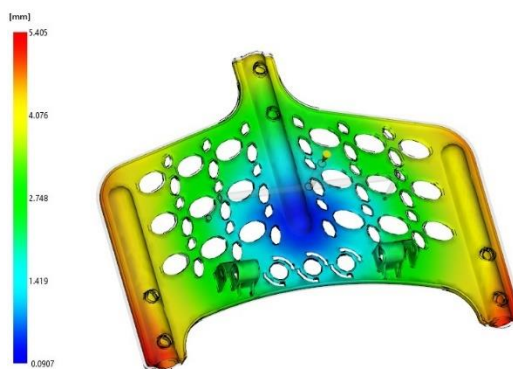


Figura 9.4.3 | Desplazamientos generales en la pieza chasis

## 10. ESTIMACIÓN DEL COSTE DE FABRICACIÓN DE LAS PIEZAS INYECTADAS

Para calcular el **coste de las piezas del andador fabricadas mediante inyección**, las únicas que se van a tener en cuenta dentro del apartado de costes de este trabajo, se va a realizar una estimación **en base al coste del material y al coste de fabricación**.

Para obtener la estimación en base al **coste de material** se deben conocer el peso de las piezas y el precio del material del que está hecha cada una de ellas. En el caso del polietileno, el precio en abril de 2022 es de 2,15 €/Kg, mientras que el precio de la poliamida en abril de 2022 está a 4,90 €/Kg.

La estimación del **coste de fabricación** se realiza en base a la fuerza de cierre de la máquina y al número de piezas que se inyectan a la hora. No se tienen en cuenta en este TFG la amortización de utillajes, en este caso, los moldes de inyección.

Para **calcular la fuerza de cierre** necesaria para cada pieza se utiliza la siguiente gráfica:

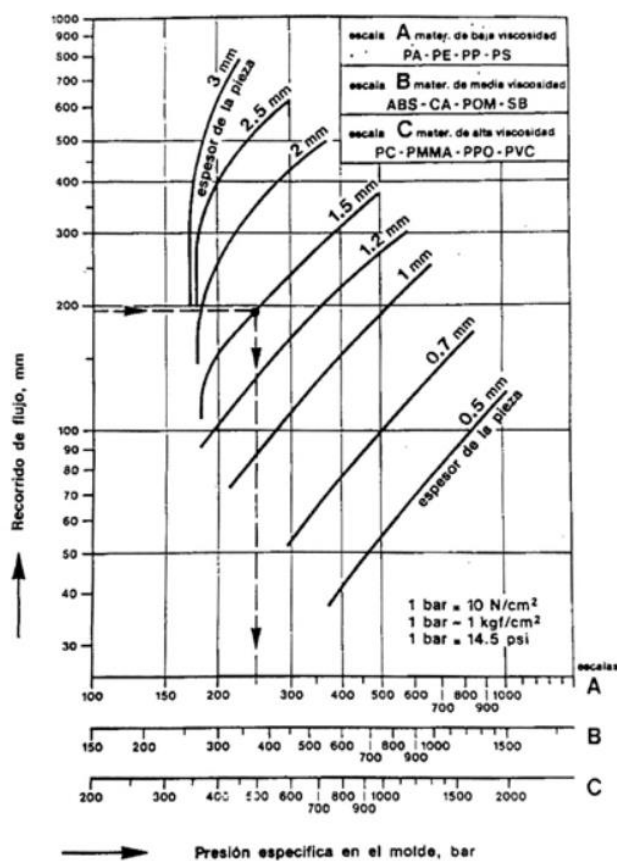


Figura 10.0.0| Gráfica para determinar la fuerza de cierre en función del recorrido de flujo más lógico en cada caso, la viscosidad del material (escala A para PE y PA) y el espesor de pieza

Para el uso de la gráfica es necesario: [20]

- El **recorrido de flujo**, que se mide desde el punto de inyección hasta el punto más alejado del mismo. Para todas las piezas a excepción de la estudiada mediante simulación se supondrá punto de inyección centrado en la pieza.
- El **espesor general de la pieza**, que es dato de diseño
- El **material** a inyectar, para obtener la presión de inyección en la escala correspondiente (fluidos, intermedios y viscosos)

La expresión de cálculo será:

$$FdC = \frac{P \cdot A \cdot Cs}{1000}$$

Esta estimación, se va a aplicar a todas las piezas de plástico del conjunto a excepción del chasis, que ha sido estudiado en detalle mediante simulación, y del tapón-bisagra, que es una pieza que se compra.

Para **calcular el tiempo de ciclo** se usa la siguiente gráfica:

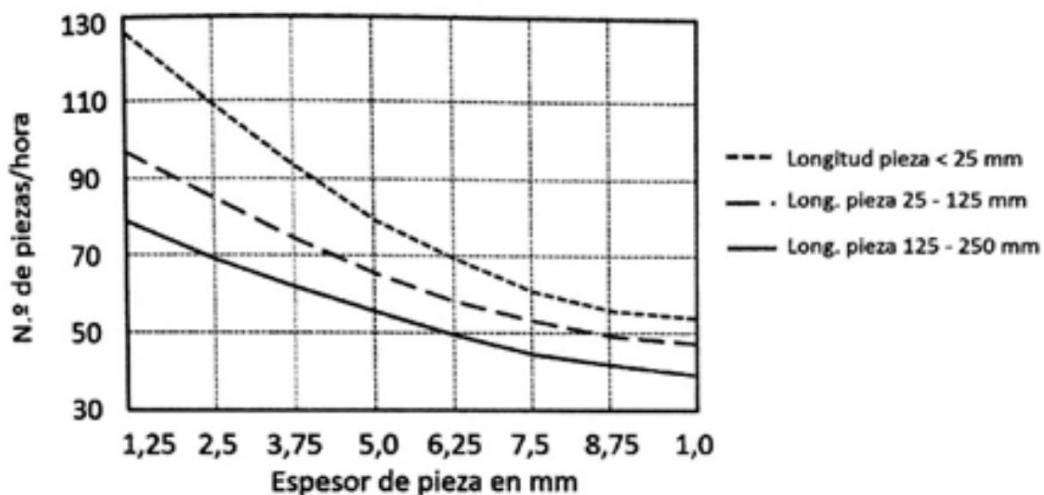


Figura 10.0.1 | Gráfica que relaciona el número de piezas por hora en base al espesor y la longitud de la pieza

Para el uso de la gráfica es necesario el **recorrido de flujo** y el **espesor de pieza**, datos que se tienen del cálculo anterior. [26]

Esta estimación, se va a aplicar a todas las piezas de plástico del conjunto a excepción del chasis, que ha sido estudiado en detalle mediante simulación, y del tapón-bisagra, que es una pieza que se compra.

En la siguiente página se puede observar una tabla a modo de resumen con todos los datos

	Chasis (simulación)	Asiento	Pata	Empuñadura	Embellecedor	Tapón de asiento	Tapón- bisagra (comprado)
<b>Peso [kg]</b>	0,54	0,73	0,08	0,28	0,05	0,01	-
<b>Número de cavidades</b>	1	1	2	2	4	12	-
<b>Recorrido de flujo [mm]</b>	-	278,00	203,50	450,00	146,50	38,00	-
<b>Espesor [mm]</b>	3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,00	-
<b>Presión estimada [bar]</b>	-	175	180	220	175	175	-
<b>Superficie proyectada [cm<sup>2</sup>]</b>	-	1522,56	118,09	350,90	417,48	16,23	-
<b>Tonelaje estimado [Tn]</b>	680,00	532,90	85,02	308,79	584,47	68,17	-
<b>Tonelaje de máquina seleccionado</b>	1050	600	100	350	650	100	-
<b>Precio de máquina [€ / h]</b>	109,45	77,74	32,66	45,02	64,01	32,66	-
<b>Nº piezas/hora</b>	90	70	140	140	280	1080	-
<b>Coste de inyección [€ / pieza]</b>	1,22	1,11	0,23	0,32	0,23	0,03	-
<b>Coste de la materia prima</b>	1,16	1,57	0,40	1,35	0,11	0,03	-
<b>Coste total por pieza</b>	2,37	2,68	0,64	1,67	0,34	0,06	0,15
<b>Nº de unidades</b>	2	1	4	2	12	3	2
<b>Coste total por pieza</b>	4,75	2,68	2,54	3,34	4,11	0,18	0,30
<b>COSTE TOTAL</b>							<b>17,89 €</b>

Figura 10.0.2 | Tabla de costes de las piezas fabricadas mediante inyección de plástico

El coste total de las piezas que se fabrican para un solo andador es de 17,89 €.

# 11. CONCLUSIONES, LÍNEAS FUTURAS, PLANOS, RENDERS

## CONCLUSIONES

Durante la fase de **modelado** se debe tener en cuenta cómo va a ser fabricado el producto que se esté diseñando, ya que no es lo mismo modelar para todos los medios de producción. En cuanto a **proceso**, en este TFG se ha puesto especial cuidado en que las piezas con versión derecha e izquierda sean la misma y se ha procurado que el número de piezas distintas en el montaje sea el menor posible para así reducir el número de moldes necesario para fabricarlas. Además, se ha procurado que sean de desmoldeo directo en la medida de lo posible. Se ha trabajado siempre teniendo en cuenta el plano de partición en el molde para aplicar correctamente los ángulos de desmoldeo.

En cuanto al **ensamblaje** del conjunto, el objetivo ha sido que el montaje sea intuitivo, sin tornillos, remaches o soldaduras. Todo va clipado.

Una vez diseñadas las piezas del conjunto, se han realizado **ensayos resistentes** en todas ellas para asegurar su funcionalidad. En función de los resultados obtenidos, las piezas han sufrido modificaciones para reforzar y rigidizar. Todas las piezas inyectadas se podrán fabricar con un material económico, HDPE. Solo la empuñadura-respaldo y las patas será necesario inyectarlas con un material más técnico. Se ha elegido la PA.

Por otro lado, se han realizado cálculos analíticos de los **engarces** para su correcto dimensionado.

En este TFG se ha realizado la **simulación de inyección** de la pieza más grande y que necesitará 2 puntos de inyección. Esta simulación, además de para estimar el coste de la pieza, ha servido para comprender mejor este proceso de fabricación. Para las piezas más sencillas, inyectadas por un punto centrado, se ha utilizado un método de estimación de coste más simple.

Finalmente, con el proyecto se consigue desarrollar un andador que cubre todas las necesidades del usuario siendo además un producto con otra función añadida, la de silla de ducha al ser un producto completamente de plástico. Frente a los ya existentes, es más ligero que la media, pesa alrededor de 4 Kg; y su precio sería inferior, en torno a los 45 euros, mientras que el resto de los andadores superan todos los 65 euros. Se debe tener en cuenta que el andador desarrollado tiene la capacidad de contar con el número de ruedas que necesite el usuario, convirtiéndose en una alternativa muy interesante a cualquier tipo de andador visto en el apartado 2. *Estudio de mercado*.

## LÍNEAS FUTURAS

Como líneas futuras se plantea el estudio de la **reducción del espesor del chasis**, que actualmente es de 3 mm. Para ello, análisis resistentes más exhaustivos deberían ser realizados.

Además, como línea futura se plantea también el desarrollo de un chasis o una pieza añadida que permitiera **mantener** todo el andador **unido cuando se plegara**.

## **PLANOS**

Se presentan a continuación los planos de las piezas desarrolladas con las cotas de gálibo.

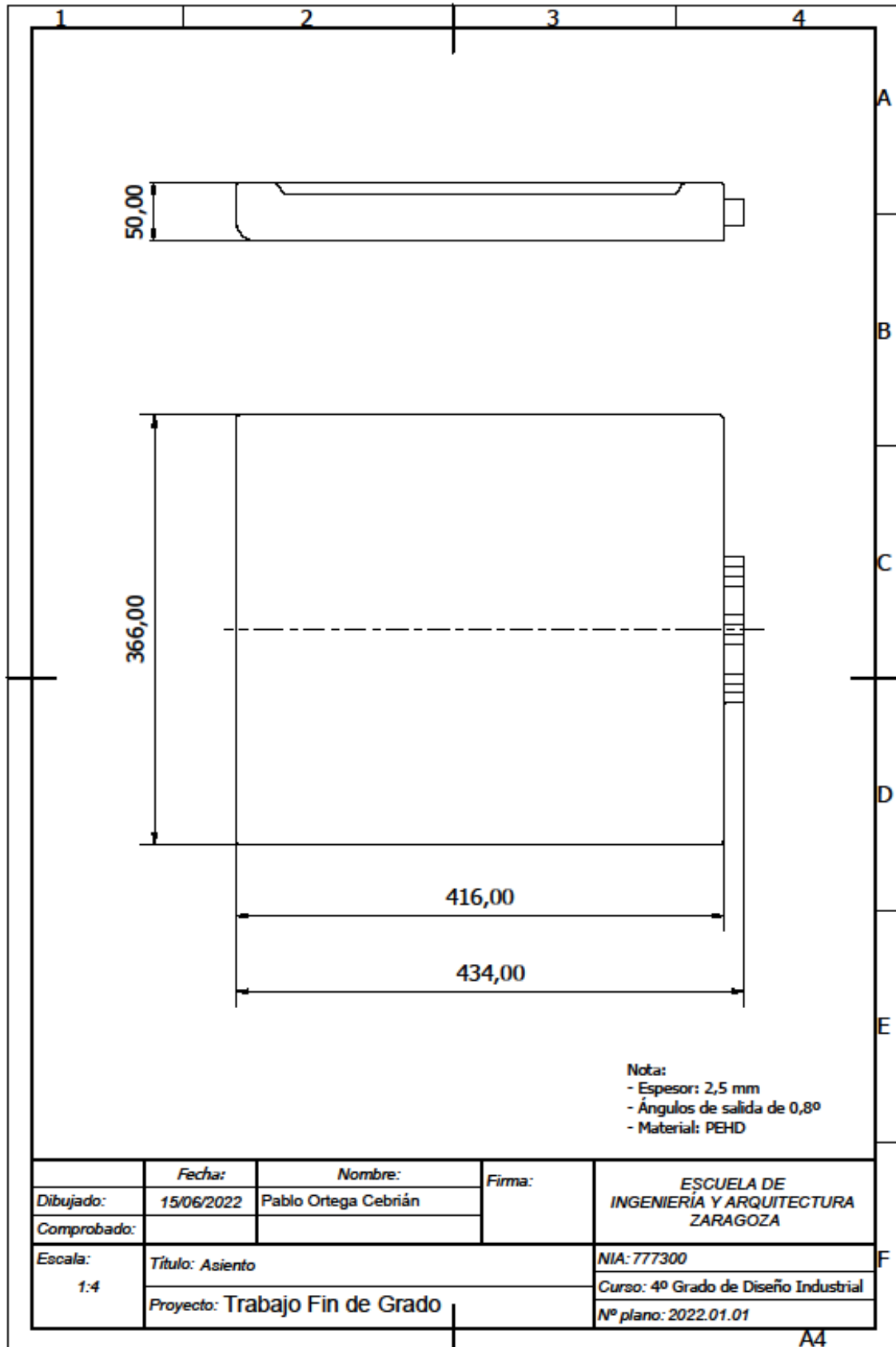


Figura 11.0.0 | Plano del asiento

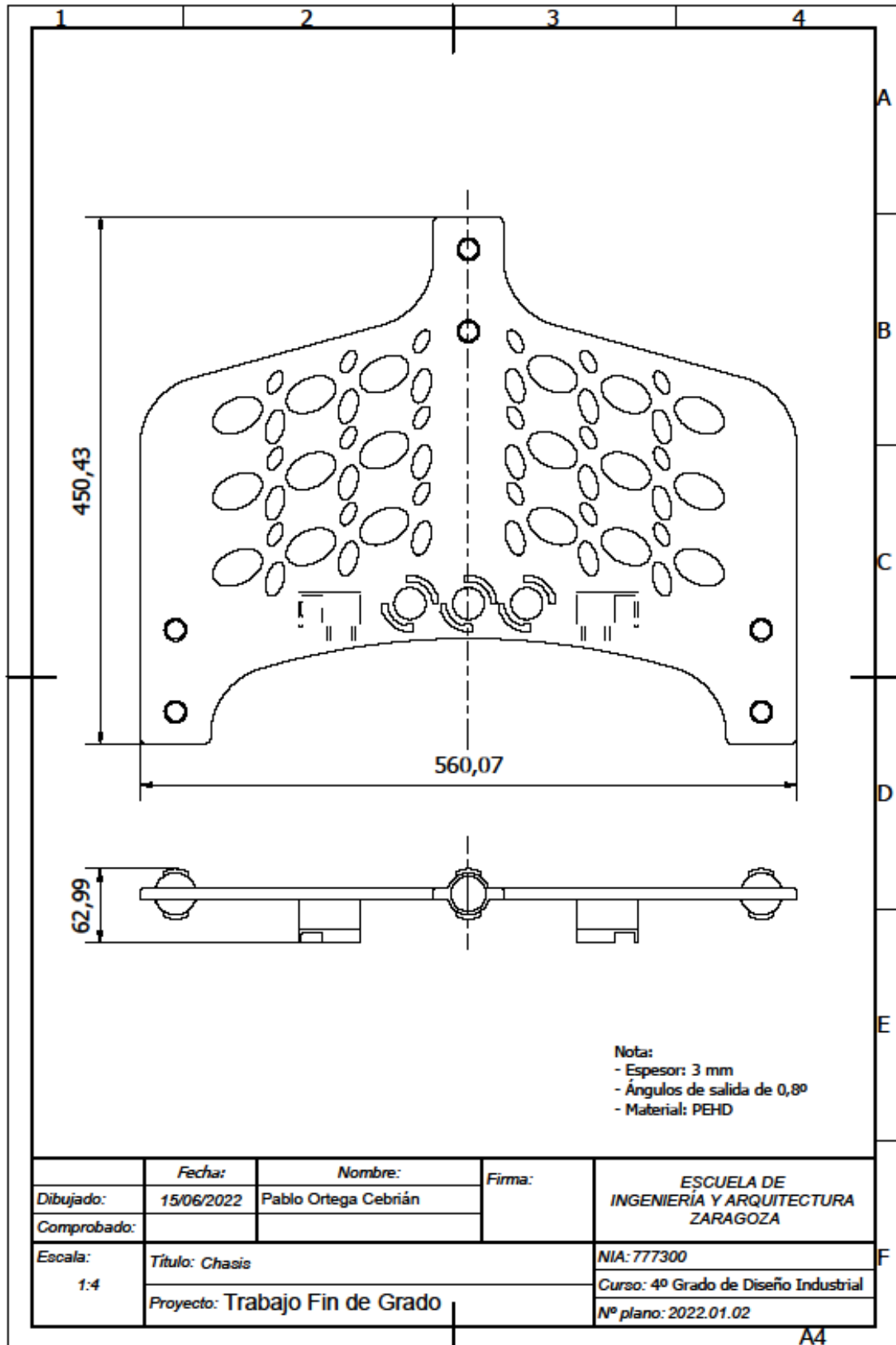


Figura 11.0.1 | Plano del chasis



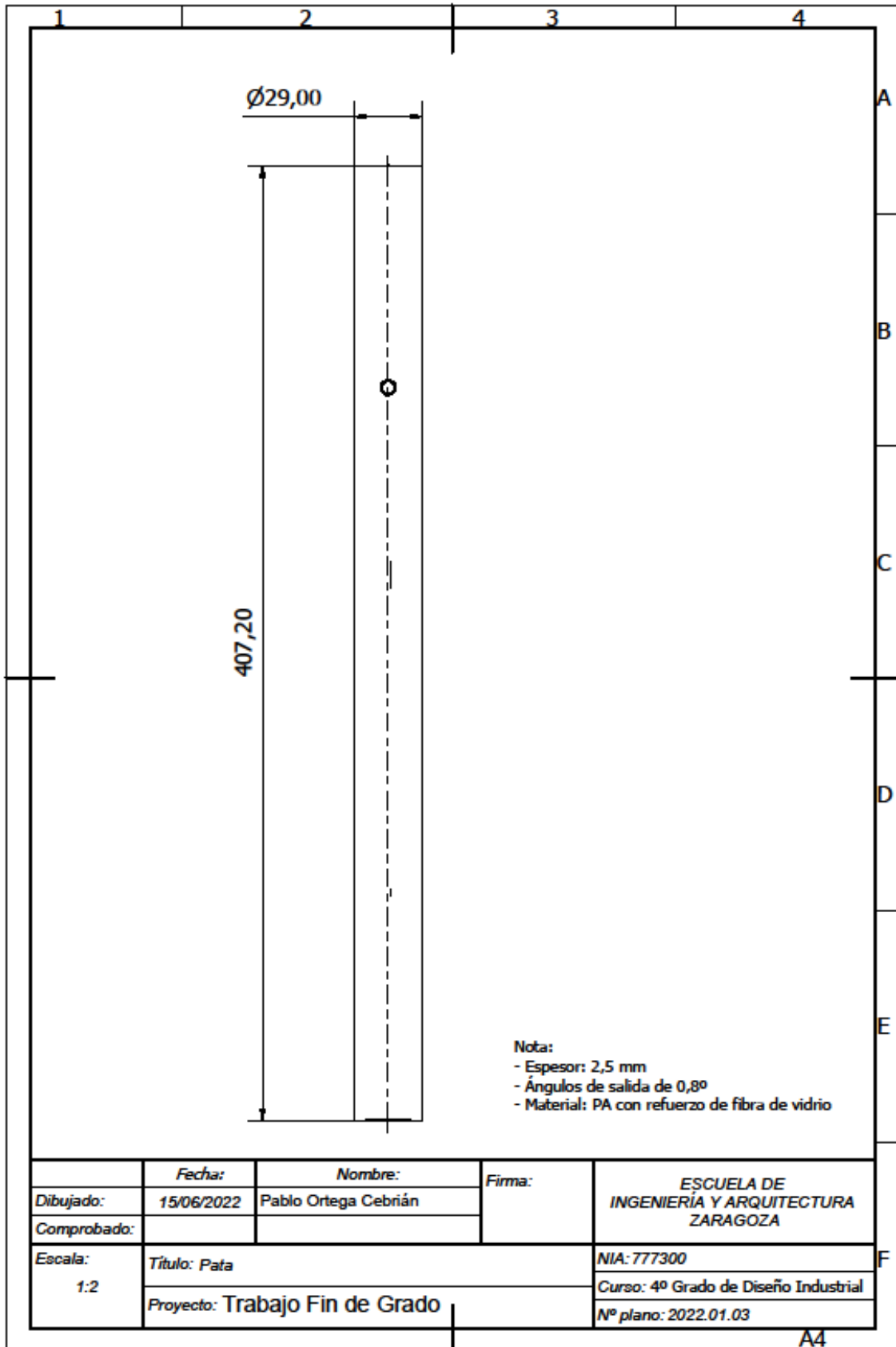


Figura 11.0.2 | Plano de la pata

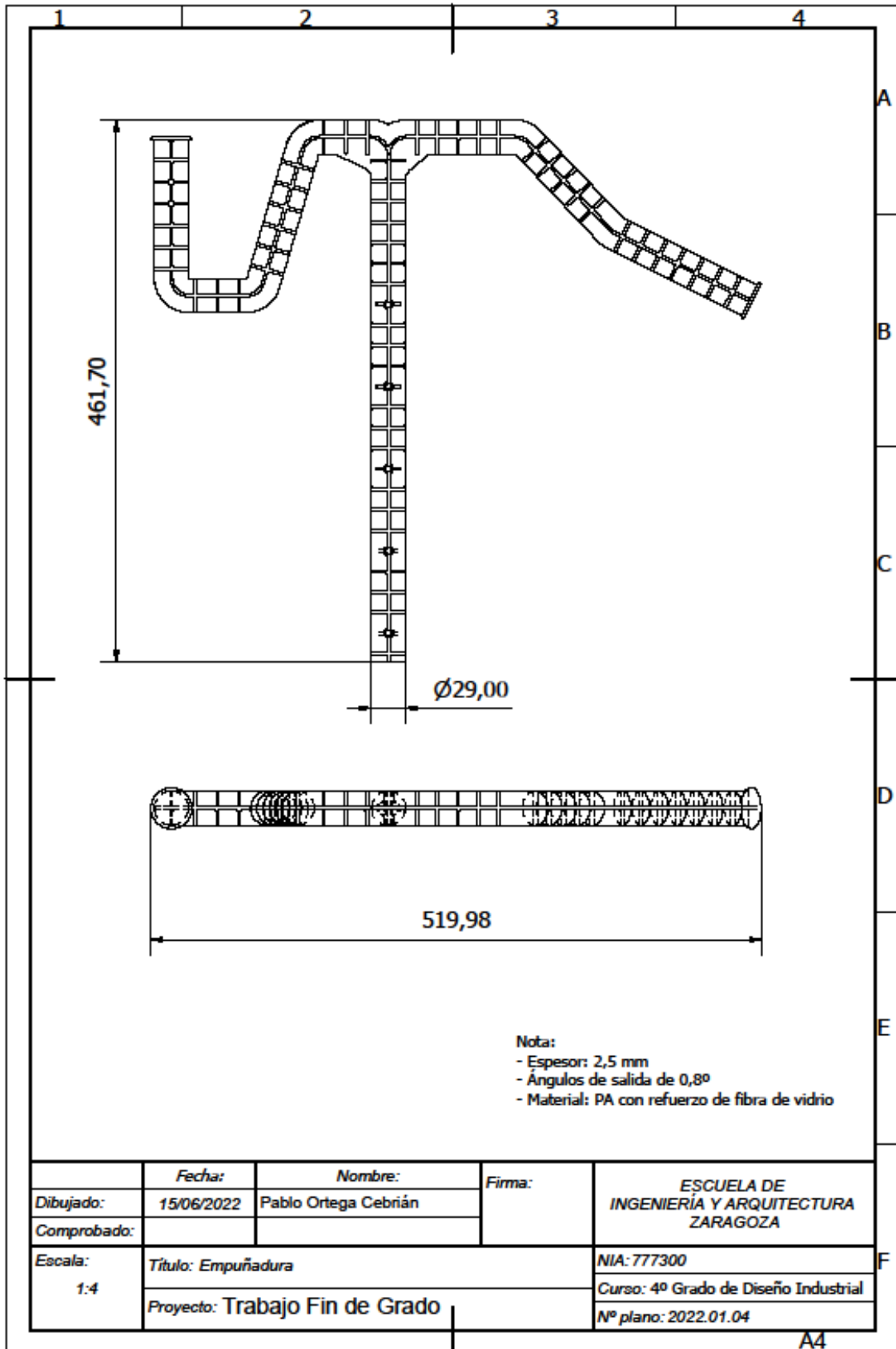


Figura 11.0.3 | Plano de la empuñadura

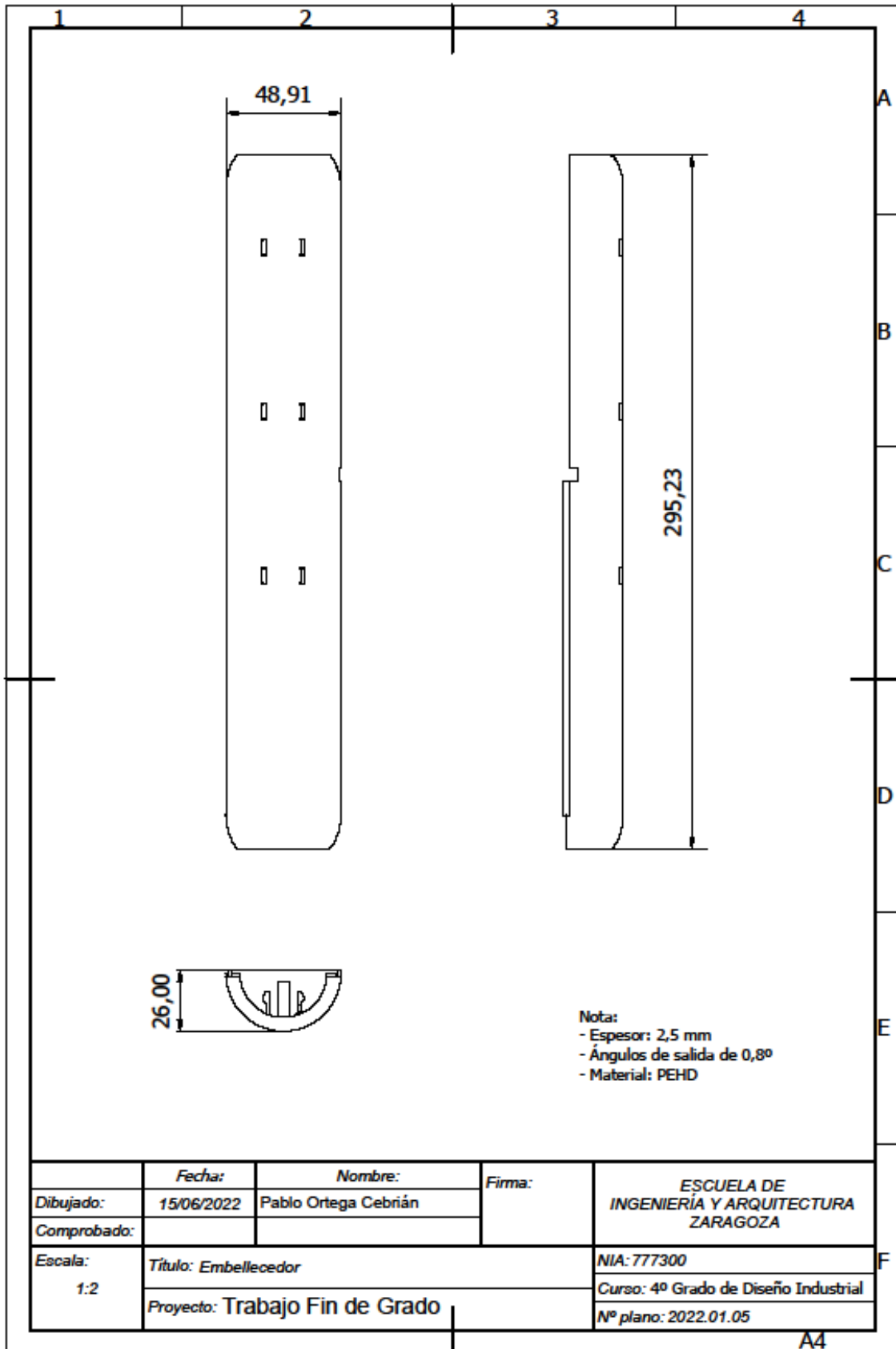


Figura 11.0.4 | Plano del embellecedor

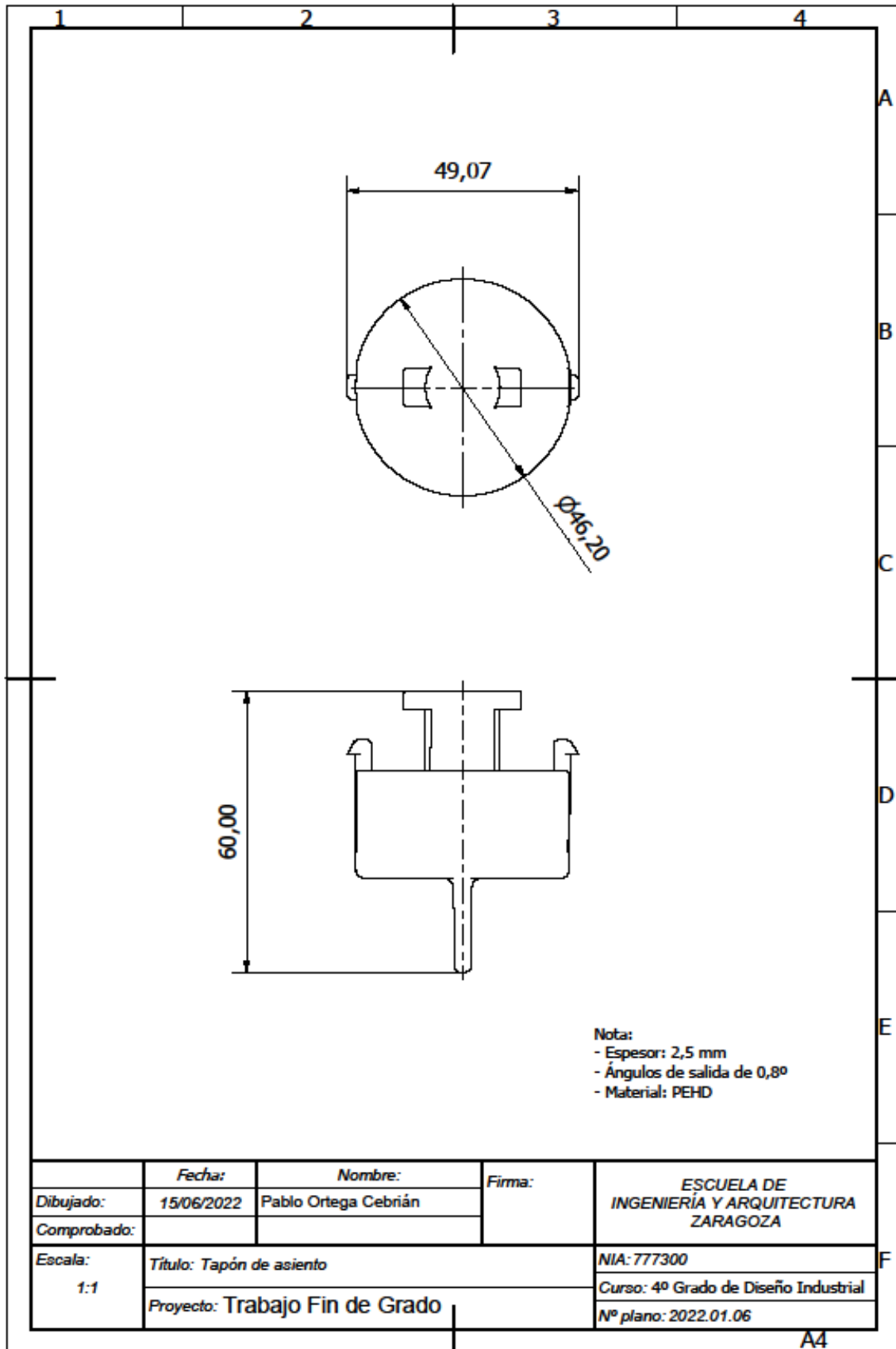


Figura 11.0.5 | Plano del tapón del asiento

## RENDERS [27]



*Figura 11.1.0 | Andador con las extensiones de pata y empuñadura mínimas*



*Figura 11.1.1 | Andador con las extensiones de pata y empuñadura medianas*



*Figura 11.1.2 | Andador con las extensiones de pata y empuñadura medianas. Vista inferior*



*Figura 11.1.3 | Andador en uso de andar con las extensiones de pata y empuñadura máximas. Altura del modelo: 181 mm.*





*Figura 11.1.4 | Andador en uso de asiento con las extensiones de pata y empuñadura intermedias. Altura del modelo: 181 mm.*



Figura 11.1.5 | Render 1



Figura 11.1.6 | Renders 2

# **BIBLIOGRAFÍA DE MEMORIA**

## **REFERENCIAS DE TEXTOS**

- [1] <https://dle.rae.es/andador>  
Consultado el día 10/03/2022
- [2] Quality Indicators for Falls and Mobility Problems in Vulnerable Elders, John T. Chang, David A. Ganz, JAGS 55:S327-S334,2007  
Consultado el día 14/03/2022
- [3] <https://mayoresysegueros.com/andador-ancianos/>  
Consultado el día 15/03/2022
- [4] [https://www.gambarter.com/blog/post/%C2%BFque-es-un-andador-diferencias-entre-andador-y-rollator?gclid=CjwKCAiAvaGRBhBIEiwAiY-yMJDz1W-HtzeLkf7n6rpN9QbUZNMIFB3R33Vzf\\_iZ-cA5PtHy7IzixoCBwEQAvD\\_BwE](https://www.gambarter.com/blog/post/%C2%BFque-es-un-andador-diferencias-entre-andador-y-rollator?gclid=CjwKCAiAvaGRBhBIEiwAiY-yMJDz1W-HtzeLkf7n6rpN9QbUZNMIFB3R33Vzf_iZ-cA5PtHy7IzixoCBwEQAvD_BwE)  
Consultado el día 15/03/2022
- [5] <https://www.valida.es/blog/post/andadores-para-personas-mayores-tipos-y-consejos/>  
Consultado el día 15/03/2022
- [6] <https://www.ortopediamimas.com/info/que-andador-o-rollator-es-el-mas-adecuado-para-cada-usuario.html>  
Consultado el día 15/03/2022
- [7] <https://cuideo.com/blog-cuideo/lo-que-necesitas-saber-sobre-los-andadores-para-mayores/#:~:text=El%20inconveniente%20de%20los%20andadores,seguridad%20a%20la%20persona%20mayor.>  
Consultado el día 16/03/2022
- [8] <https://www.ortopediaflorenco.com/blog/lo-necesitas-saber-los-andadores-ancianos/>  
Consultado el día 16/03/2022
- [9] <https://www.ortopediamimas.com/blog-de-ortopedia/como-elegir-el-mejor-andador-para-mayores/>  
Consultado el día 16/03/2022
- [10] María Antonieta Eugenia De A. Madre Sediles, Apuntes asignatura de Materiales, 2019  
Consultado el día 17/03/2022
- [11] <https://portal.aenormas.aenor.com/revista/326/normas-tercera-edad.html>

Consultado el día 22/03/2022

- [12] [https://portal-aenormas-aenor-com.cuarzo.unizar.es:9443/aenor/suscripciones/personal/pagina\\_per\\_buscador.asp](https://portal-aenormas-aenor-com.cuarzo.unizar.es:9443/aenor/suscripciones/personal/pagina_per_buscador.asp)

Consultado el día 22/03/2022

- [13] Asociación Española de Normalización, Ayudas para caminar manejadas por ambos brazos. Requisitos y métodos de ensayo. Parte 2: Andadores con ruedas. (ISO 11199-2:2021). (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en octubre de 2021.), 2021

Consultado el 22/03/2022

- [14] <https://www.protolabs.es/recursos/sugerencias-de-diseno/reducir-esquinas-en-piezas-moldeadas-por-inyeccion/>

Consultado el día 23/03/2022

- [15] David Santis Soto, Daniel Santis Soto, Diseño de molde para inyección de plásticos de la cubierta del ventilador de pedestal utilizando herramientas CAD/CAE/CAM, Trabajo de Diploma Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, 2017

Consultado el 23/03/2022

- [16] <https://www.protolabs.es/recursos/sugerencias-de-diseno/disene-piezas-moldeadas-mas-resistentes/>

Consultado el 23/03/2022

- [17] <https://www.protolabs.es/recursos/insight/angulo-de-desmoldeo/>

Consultado el 23/03/2022

- [18] Miguel Maicas Seco, Diseño de un molde de inyección de plástico para la fabricación del tapacubos de un automóvil, Trabajo Fin de Grado Escuela de Ingeniería de Bilbao, Universidad del País Vasco, 2019.

Consultado el 23/03/2022

- [19] Francisco Javier Castany, Arantza Martínez, Jorge Aísa, Diseño y desarrollo de componentes de plástico inyectados (I): el material, Prensas de la Universidad de Zaragoza, Colección Textos Docentes, 2013.

Consultado el día 22/03/2022

- [20] Francisco Javier Castany, Arantza Martínez, Jorge Aísa, Daniel Mercado, Jesús Fuentelsaz, Francisco Serraller, Diseño y desarrollo de componentes de plástico inyectados (III): la máquina, Prensas de la Universidad de Zaragoza, Colección Textos Docentes, 2018.

Consultado el día 22/03/2022

- [21] <https://www.ortopediamimas.com/movilidad/ayudas-a-la-marcha/andadores.html?q=Ruedas+andador-Cuatro+ruedas/Tipo+de+andador-Andador+para+caminar&order=product.price.asc>  
Consultado el 24/03/2022
- [22] [https://dortomedical.com/andadores-con-3-ruedas/2005-andador-3-ruedas-plegable-acero-azul-cryo.html?utm\\_source=google&utm\\_medium=surfaces&utm\\_campaign=shopping\\_feed&utm\\_content=Fichas%20de%20anuncios%20gratuitas%20de%20Google%20Merchant](https://dortomedical.com/andadores-con-3-ruedas/2005-andador-3-ruedas-plegable-acero-azul-cryo.html?utm_source=google&utm_medium=surfaces&utm_campaign=shopping_feed&utm_content=Fichas%20de%20anuncios%20gratuitas%20de%20Google%20Merchant)  
Consultado el 24/03/2022
- [23] Rubén Rebollar, Javier Fernández-Carrión, Iñaki Gil, Ángel Carrasquer, Diseño para la tarea, Apuntes asignatura Ergonomía, 2020.  
Consultado el 05/04/2022
- [24] <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/101/1012323007/html/>  
Consultado el 23/05/2022
- [25] <https://www.tente.com/es-es/producto/ruedas-giratorias-con-freno-direccional/100-mm/linea/5941uap100r05-22-ral9002#>  
Consultado el 12/05/2022
- [26] Francisco Javier Castany, Arantza Martínez, Jorge Aísa, Diseño y desarrollo de componentes de plástico inyectados (II): la pieza, Prensas de la Universidad de Zaragoza, Colección Textos Docentes, 2014.  
Consultado el 13/06/2022
- [27] <https://www.3dcontentcentral.es/Download-Model.aspx?catalogid=171&id=258845>  
Consultado el 17/06/2022

## REFERENCIAS DE IMÁGENES

- F0.1 Elaboración propia
- F1.2.0 <https://mayoresysegueros.com/andador-ancianos/>
- F1.2.1 <https://www.gambarter.com>
- F1.6.0 <https://docplayer.es/63597164-Escuela-politecnica-nacional.html>
- F3.0.0 Elaboración propia
- F4.0.0 Rubén Rebollar, Javier Fernández-Carrión, Iñaki Gil, Ángel Carrasquer, Diseño para la tarea, Apuntes asignatura Ergonomía, 2020.

F5.0.0	Elaboración propia
F5.0.1	Elaboración propia
F5.0.2	Elaboración propia
F5.1.0	Elaboración propia
F5.1.1	Elaboración propia
F5.2.0	Elaboración propia
F5.3.0	Elaboración propia
F5.4.0	Elaboración propia
F5.4.1	Elaboración propia
F5.5.0	Elaboración propia
F5.5.1	Elaboración propia
F5.6.0	Elaboración propia
F5.6.1	Elaboración propia
F5.7.0	Elaboración propia
F5.8.0	Elaboración propia
F5.9.0	Elaboración propia
F5.10.0	Elaboración propia
F5.11.0	Elaboración propia
F6.0.0	Elaboración propia
F6.1.0	Elaboración propia
F6.1.1	Elaboración propia
F6.1.2	Elaboración propia
F6.1.3	Elaboración propia
F6.1.4	Elaboración propia
F6.1.5	Elaboración propia
F6.1.6	Elaboración propia
F6.1.7	Elaboración propia
F6.1.8	Elaboración propia
F6.1.9	Elaboración propia
F6.1.10	Elaboración propia
F6.1.11	Elaboración propia

F6.1.12	Elaboración propia
F6.1.13	Elaboración propia
F6.0.10	Elaboración propia
F6.2.0	Elaboración propia
F6.2.1	Elaboración propia
F6.2.2	Elaboración propia
F6.2.3	Elaboración propia
F6.2.4	Elaboración propia
F6.2.5	Elaboración propia
F6.2.6	Elaboración propia
F7.1.0.0	Elaboración propia
F7.1.0.1	Elaboración propia
F7.1.0.2	Elaboración propia
F7.1.1.0	Elaboración propia
F7.1.1.1	Elaboración propia
F7.1.1.2	Elaboración propia
F7.1.1.3	Elaboración propia
F7.2.0.0	Elaboración propia
F7.2.0.1	Elaboración propia
F7.2.0.2	Elaboración propia
F7.2.0.3	Elaboración propia
F7.2.0.4	Elaboración propia
F7.2.0.5	Elaboración propia
7.2.0.6	Elaboración propia
F7.2.0.7	Elaboración propia
F7.2.0.8	Elaboración propia
F7.2.1.0	Elaboración propia
F7.2.1.1	Elaboración propia
F7.2.1.2	Elaboración propia
F7.2.1.3	Elaboración propia
F7.2.1.4	Elaboración propia

F7.2.2.0	Elaboración propia
F7.2.2.1	Elaboración propia
F7.2.2.2	Elaboración propia
F7.2.2.3	Elaboración propia
F7.2.2.4	Elaboración propia
F7.3.0.0	Elaboración propia
F7.3.0.1	Elaboración propia
F7.3.1.0	Elaboración propia
F7.3.1.1	Elaboración propia
F7.3.1.2	Elaboración propia
F7.3.2.0	Elaboración propia
F7.3.2.1	Elaboración propia
F7.3.2.2	Elaboración propia
F7.3.2.3	Elaboración propia
F7.3.2.4	Elaboración propia
F7.3.3.0	Elaboración propia
F7.3.3.1	Elaboración propia
F7.4.0.0	Elaboración propia
F7.4.0.1	Elaboración propia
F7.4.0.2	Elaboración propia
F7.4.0.3	Elaboración propia
F7.4.0.4	Elaboración propia
F7.4.0.5	Elaboración propia
F7.4.1.0	Elaboración propia
F7.4.1.1	Elaboración propia
F7.4.1.2	Elaboración propia
F7.4.1.3	Elaboración propia
F7.4.1.4	Elaboración propia
F7.4.2.0	Elaboración propia
F7.4.2.1	Elaboración propia
F7.4.2.2	Elaboración propia



F7.4.2.3	Elaboración propia
F7.4.2.4	Elaboración propia
F7.6.1.0	Elaboración propia
F7.6.1.1	Elaboración propia
F7.6.1.2	Elaboración propia
F7.6.1.3	Elaboración propia
F9.1.0	Elaboración propia
F9.1.1	Elaboración propia
F9.1.2	Elaboración propia
F9.1.3	Elaboración propia
F9.2.0	Elaboración propia
F9.2.1	Elaboración propia
F9.2.2	Elaboración propia
F9.2.3	Elaboración propia
F9.2.4	Elaboración propia
F9.3.0	Elaboración propia
F9.3.1	Elaboración propia
F9.3.2	Elaboración propia
F9.3.3	Elaboración propia
F9.4.0	Elaboración propia
F9.4.1	Elaboración propia
F9.4.2	Elaboración propia
F9.4.3	Elaboración propia
F10.0.0	Elaboración propia
F10.0.1	Elaboración propia
F10.0.2	Elaboración propia
F11.0.0	Elaboración propia
F11.0.1	Elaboración propia
F11.0.2	Elaboración propia
F11.0.3	Elaboración propia
F11.0.4	Elaboración propia

F11.0.5	Elaboración propia
F11.1.0	Elaboración propia
F11.1.1	Elaboración propia
F11.1.2	Elaboración propia
F11.1.3	Elaboración propia
F11.1.4	Elaboración propia
F11.1.5	Elaboración propia
F11.1.6	Elaboración propia