



Universidad
Zaragoza

Trabajo de Fin de Grado

Diseño y desarrollo de un carro de supermercado adaptado a personas con discapacidad y fabricado en plástico.

Documento de memoria

Autor

Cristian Ricón Martínez

Directora

Aránzazu Martínez Pérez

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de Zaragoza (EINA)

2021

Índice

00 Descripción del proyecto

0.1 Objetivo	5
0.2 Resumen	5
0.3 Planificación	6

01 Información

1.1 Necesidades	7
1.2 Carro de supermercado	7
1.3 Carros adaptados a discapacitados	7
1.4 Estructuras típicas	8
1.5 Materiales	9
1.6 Normativa	9
1.7 Proceso de inyección	9
1.8 Diseño de piezas de plástico	10
1.9 Ergonomía	10
1.9.1 Conclusiones de ergonomía	12

02 Estudio de mercado

2.1 Carros de supermercado de metal	13
2.1.1 Conclusiones carros de metal	13
2.2 Carros de supermercado de plástico	14
2.2.1 Conclusiones carros de plástico	14
2.2.2 Ventajas de carros de plástico frente a metálicos [8]	14
2.3 Carros de supermercado adaptados	15
2.3.1 Conclusiones de carros adaptados	15

03 Especificaciones de diseño (EDP's)

3.1 Definición de EDP's	16
3.2 EDP's	16

04 Generación de conceptos

4.1	Planteamiento	17
4.2	Estética	17
4.2.1	Generación de conceptos de cesta	18
4.2.2	Conceptos de entramado	19
4.3	Generación de conceptos de anclaje	19
4.4	Valoración	20
4.4.1	Valoración de cesta	20
4.4.2	Valoración de entramado	21
4.4.3	Valoración del sistema de sujeción	22

05 Estudio económico previo

5.1	Motivo	23
5.2	Recuento	23
5.3	Valoración económica	25
5.4	Conclusiones	26

06 Materiales

6.1	Selección de materiales	27
------------	-------------------------	----

07 Desarrollo de concepto

7.1	Planteamiento	29
7.2	Proceso de desarrollo	29
7.3	Resultado	30
7.3.1	Dimensionamiento	30
7.3.2	Primer desarrollo en detalle de la zona “cesto”	31
7.4	Mejoras del diseño	37
7.5	Espesor	40
7.5.1	Simplificación	40
7.6	Cálculos analíticos	42

08 Ensayos generales

8.1	Ensayos resistentes modo carro - cesta	44
8.2	Ensayos resistentes modo adaptado	47

09 Estudios de inyección

9.1 Introducción	49
9.2 Estudios de inyección del cesto	49
9.3 Estudio de inyección de las trampillas	54

10 Estudios de costes

10.1 Costes de elementos inyectados	57
10.2 Costes de amortización de moldes	58
10.2.1 Amortización del molde cesta	58
10.2.2 Amortización de moldes trampillas	58
10.3 Costes de estructura metálica	58
10.4 Costes de elementos comerciales	59
10.5 Costes de ingeniería	59
10.6 Costes	60

11 Conclusiones

10.1 Conclusiones de modelado y diseño	61
10.2 Conclusiones de ensayos FEM	61
10.3 Conclusiones de ensayos de inyección	61
10.4 Conclusiones generales	62

12 Líneas futuras

12.1 Líneas futuras de desarrollo	63
--	----

13 Renders 64

14 Planos 68

15 Referencias de textos

Bibliografía de Memoria	73
Referencias de imágenes	74

00 Descripción del proyecto

0.1 Objetivo

Este proyecto consiste en el diseño y desarrollo de un carro de supermercado adaptado a personas con discapacidad en silla de ruedas para ser fabricado en plástico. Este carro ha de poderse instalar de manera sencilla y rápida por el propio usuario sin necesidad de ayuda externa.

El proyecto deberá cumplir con la normativa aplicable así como garantizar la viabilidad de su fabricación mediante la inyección de plástico.

0.2 Resumen

El proyecto comenzará con una fase de investigación en la cual se analizarán los productos del mercado actual, su composición y ergonomía, y se recopilará información acerca de la inyección, aspectos relevantes del diseño con plásticos y la normativa. Seguidamente se realizarán unas Especificaciones de Diseño (EDP's) y una fase de conceptualización basada en las mismas. Con estos conceptos, se seleccionará la línea de trabajo a desarrollar.

Se definirá un diseño completo del carro así como sus elementos comerciales mediante modelados 3D, renders y planos. Se definirán los materiales tras estudiar diferentes alternativas y se realizarán una serie de cálculos analíticos y resistentes con el fin de verificar su funcionalidad y viabilidad técnica. Además, se estudiará el proceso de inyección para así generar un presupuesto orientativo del coste de fabricación. Finalmente, se indicarán unas series de conclusiones y posibles líneas de trabajo futuras.

0.3 Planificación

	L	M	X	J	V	S	D	
FEBRERO	Fase de información, estudio de mercado y EDP's							
	22	23	24	25	26	27	28	
MARZO	1	2	3	4	5	6	7	
	8	9	10	11	12	13	14	
	15	16	17	18	19	20	21	
	Generación de conceptos							
	22	23	24	25	26	27	28	
	29	30	31	1	2	3	4	
ABRIL	5	6	7	8	9	10	11	
	Desarrollo de concepto elegido							
	12	13	14	15	16	17	18	
	19	20	21	22	23	24	25	
	26	27	28	29	30	1	2	
			Materiales					
3	4	5	6	7	8	9		
MAYO	Cálculos analíticos							
	10	11	12	13	14	15	16	
	Cálculos resistentes							
	17	18	19	20	21	22	23	
	24	25	26	27	28	29	30	
	Costes e inyección							
	31	1	2	3	4	5	6	
						Conclusiones, renders y planos		Maquetar
JUNIO	7	8	9	10	11	12	13	
				Depósito				
	14	15	16	17	18	19	20	
	21	22	23	24	25	26	27	
	28	29	30	1	2	3	4	
	JULIO	Defensa						
5		6	7	8	9	10	11	

Figura 0.3 Planificación del proyecto

01 Información

1.1 Necesidades

El proyecto surge como una medida para disminuir la dependencia de muchas personas con discapacidad a la hora de realizar actividades necesarias como comprar. En este ámbito se han hecho varios estudios de accesibilidad a productos primarios así como de movilidad en los propios recintos. No obstante frente al problema de desplazarse con los productos en un supermercado tan solo hay una solución de un carro adaptado de metal.

En este marco se plantea la mejora de este producto así como su cambio de material a plástico.

1.2 Carro de supermercado

El carro de supermercado es un producto que se encuentra en los propios establecimientos para que los clientes puedan transportar sus compras interiormente. Suelen estar estacionados en zonas señaladas y bloqueados para evitar su robo.

Estos se pueden separar según el material, principalmente en tres tipos: de metal, de plástico o híbridos (cesto de plástico y chasis de metal). Estos primeros solían ser los más comunes, aunque cada vez hay más presencia de los carros de plástico o híbridos debido a sus ventajas.

Además, también se clasifican según el volumen del cesto de los mismos.



Figura 1.2 | Carro convencional de metal [F1]

1.3 Carros adaptados a discapacitados

Un carro convencional presenta una serie de incompatibilidades para poder ser utilizado por una persona que tenga que ir en silla de ruedas, como la altura, peso, manejo, acceso al interior, entre otros. Un carro adaptado presenta un sistema de acople a la silla, de manera que se mueva solidariamente a la misma, además tiene una capacidad menor y una forma que permite adaptarse al usuario.

En este proyecto se mejorará este sistema de acople, así como el manejo, la capacidad del mismo y la estética.



Figura 1.3 | Modelo actual de carro adaptado [F2]

1.4 Estructuras típicas

Un carro de supermercado convencional presenta unos componentes básicos comunes

- | **Cesto** Fabricado con varillas en el caso de los metálicos. Es el cuerpo principal del carro, determina la capacidad del mismo.
- | **Chasis** Ocasionalmente forma parte de la misma pieza que el cesto en el caso de algunos carros de plástico, pero normalmente esta fabricado con metal. Se encuentra bajo el cesto, en él se instalan las ruedas.
- | **Ruedas** Elemento normalizado, se encarga de garantizar la movilidad del carro.
- | **Manillar** Zona solidaria al cesto, a veces forma parte de la misma pieza. Es el elemento usado por el usuario para direccionar el carro.

Para el proyecto el elemento del **Cesto** es el más interesante a nivel estructural, ya que tiene que soportar las cargas pero intentando minimizar el material utilizado. Además, tiene que permitir el apilamiento de unos con otros para así optimizar el espacio de almacenamiento y su transporte.



Figura 1.4 | Esquema de componentes de un carro [F3]

1.5 Materiales

Como ya se ha indicado, se pueden encontrar carros de metal, de plástico o híbridos.

En los primeros se utiliza únicamente metal en todo el chasis, a excepción del manillar que suele ser de plástico o tener un recubrimiento plástico.

En los segundos, el material más utilizado para el cesto es el Polipropileno (PP), y para la estructura y mangos Nylon. [1]

En los híbridos se utiliza el cesto de PP y el chasis de metal.

Para ampliar información sobre el tipo de materiales que son y sus características ver **Anexo 01**.

1.6 Normativa

Los carros de supermercado están regulados por la normativa española *UNE-EN 1929-1:1998 : Carros de supermercado con o sin asiento para niños*. En esta norma, además de tratar las dimensiones del producto, se describen una serie de ensayos a los que debe estar sometido el carro. En este TFG se realizarán por elementos finitos aquellos ensayos de carga mantenida en el tiempo (no se estudiará el impacto), tanto en el cesto como en la estructura de soporte.

Para conocer los datos de esta norma, consultar **Anexo 02**.

Además, los carros de supermercado puede obtener la *Marca N* de AENOR, la cual certifica la seguridad y función de los mismos según normas europeas. [2]

1.7 Proceso de inyección

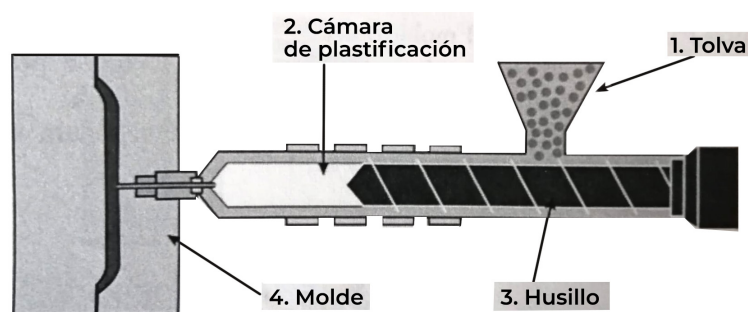


Figura 1.7 | Esquema de máquina inyectora [F4]

Este proyecto se centra en el diseño del producto para ser fabricado mediante inyección de plástico. Este proceso permite el moldeado de piezas gracias a un molde en el que se inyecta plástico a presión para que adopte su forma.

La inyección de termoplásticos es un proceso físico y reversible donde se funde la materia prima por efecto del calor en una inyectora. Esta máquina inyecta el termoplástico fundido en el molde, donde se enfría y solidifica adoptando las geometrías del interior del mismo. [3]

Se compone de **4 fases principales**: dosificación o plastificación, inyección o llenado, compactación y enfriamiento. Adicionalmente se debe dar el cierre del molde antes de inyectar y la apertura del mismo cuando se vaya a expulsar la pieza. [4]

Durante el proceso de inyección es necesario controlar una serie de **parámetros**, según en la fase en la que se encuentre, para así garantizar la mejor calidad de las piezas así como la optimización del tiempo utilizado. Estos son: contrapresión, temperatura, dosis, succión, velocidad, presión límite, presión de mantenimiento, tiempo de compactación, temperatura de refrigeración y tiempo. [4]

Para ampliar información sobre el proceso, así como la maquinaria necesaria, ventajas y problemas frecuentes consultar el **Anexo 03**.

1.8 Diseño de piezas de plástico

En el diseño de plásticos hay una serie de parámetros a tener en cuenta para garantizar la correcta fabricación de las piezas. Estos parámetros se ven modificados según el proceso de fabricación al que esté destinada dicha pieza.

Para la fabricación en inyección es conveniente tener en cuenta las siguientes características:

- | Las piezas pueden tener **contrasalidas**, pero es mejor evitarlas siempre que sea posible
- | Las piezas necesitan un **ángulo de desmoldeo** para poder ser expulsadas
- | Las piezas de plástico no deben tener **espesores excesivos**, ya que alargan mucho su ciclo de producción. Las piezas medias suelen tener entre 1.5 mm y 3.5 mm, mientras que las de gran tamaño van de los 4 a los 8 mm.
- | Para reforzar y rigidizar las piezas plásticas, es pertinente añadir **nervios** en lugar de aumentar los espesores generales.
- | Es posible añadir **texturas** al molde, estas pueden incrementar el valor estético de la pieza, así como suavizar posibles defectos en la misma.

Para conocer en profundidad estas características así como su justificación, consultar **Anexo 04**.

1.9 Ergonomía

La ergonomía busca adaptar el trabajo a las capacidades y posibilidades del ser humano adecuando productos, sistemas y entornos a las necesidades y limitaciones de sus usuarios. [5]

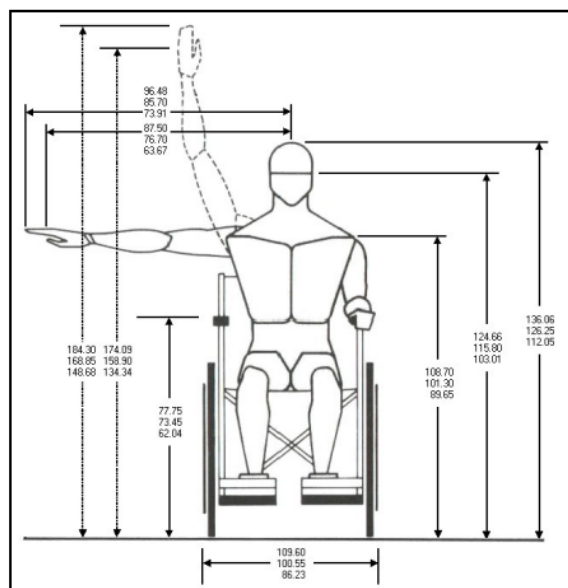
En este proyecto, se va a utilizar la ergonomía para adaptar el diseño del carro de supermercado a su usuario objetivo: personas con discapacidad.

Por ello, es importante tener en cuenta las dimensiones de este usuario para así adaptar el producto de la forma más cómoda posible.

Estas dimensiones se recogen en tablas antropométricas, y son las que se recomienda utilizar a la hora de diseñar teniendo en cuenta el enfoque ergonómico.

Hay muchas tipologías de estas tablas, se ha encontrado un estudio realizado por la Universidad Guanajato en 2004 donde reúne datos de personas paraplejia crucial (incapacidad para mover los miembros inferiores del cuerpo. [6]

Esta tabla antropométrica es la que se utilizará en este proyecto.



Carta antropométrica de personas que sufren de paraplejia crucial en los estados de Sonora y Sinaloa.

Tabla . Carta antropométrica de personas que sufren de paraplejia crucial en los estados de Sonora y Sinaloa.

PER	MEDIDAS CORPORALES (PRIMERA PARTE)						
CEN	Alcance hacia arriba		Del piso a la cabeza	Altura al ojo	Altura al hombro	Alcance abajo	
TIL	Dedo	Puño				Dedo	Puño
5	148.68	134.34	112.05	103.01	89.65	59.84	50.88
50	168.85	158.90	126.25	115.80	101.30	71.05	62.00
95	184.30	174.09	136.06	124.66	108.70	84.69	72.87
D.E.	11.60	11.76	8.86	7.23	6.09	7.25	6.89
PROM	167.81	157.59	125.55	114.94	100.32	71.40	62.12
PER	MEDIDAS CORPORALES (SEGUNDA PARTE)						
CEN	Alcance delante		Longitud antebrazo		Alcance lateral		Profundidad del tronco
TIL	Dedo	Puño	Dedo	Puño	Dedo	Puño	
5	75.34	66.21	23.08	14.10	73.91	63.67	27.81
50	85.10	75.60	33.50	24.75	85.70	76.70	35.60
95	97.20	86.95	48.23	39.49	96.48	87.50	45.23
D.E.	6.40	6.12	8.46	9.47	6.75	6.52	5.74
PROM	85.42	76.06	34.73	26.23	85.36	76.43	35.86

239

Figura 1.9.1 | Previsualización de tablas antropométricas [F5]

Para visualizar la información de estas tablas así como más datos de la ergonomía, consultar **Anexo 05**.

1.9.1 Conclusiones de ergonomía

Tras realizar este estudio ergonómico se han obtenido las dimensiones necesarias para realizar el diseño del carro de supermercado.

Estas dimensiones, tales como la altura de las rodillas de una persona sentada y la anchura de la silla de ruedas, serán clave a la hora de definir las dimensiones del carro, así como tener en cuenta la altura de la cabeza del usuario para ajustar la altura del carro y no obstaculizar la visión.

Para estas medidas se utilizarán las tablas antropométricas que usan las medias de las dimensiones de hombres y mujeres, seleccionando el percentil 5 para aquellas partes del diseño donde el usuario tiene que alcanzar (altura de visión, profundidad del carro, etc) y el percentil 95 para las zonas donde el usuario tiene que caber (altura y anchura del carro para que quepa el usuario, etc).

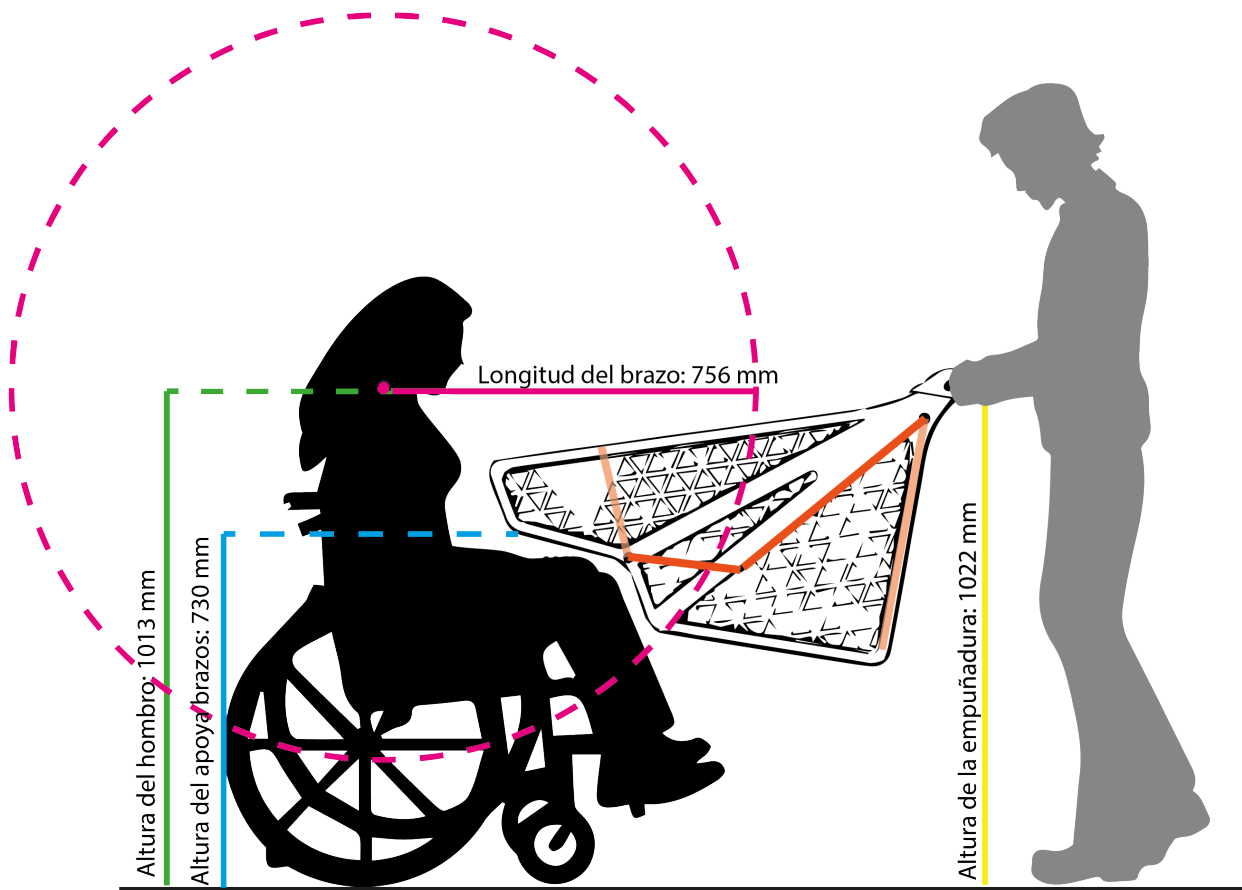


Figura 1.9.2 | Medidas ergonómicas aplicadas al carro

02 Estudio de mercado

Se inicia una primera fase dedicada a un estudio de mercado con el objetivo de conocer propuestas actuales de carro de supermercado, concretamente en plástico, así como sus alternativas accesibles.

Toda esta información se encuentra de manera ampliada en el **Anexo 06**.

2.1 Carros de supermercado de metal

Se han investigado diferentes carros de distintos proveedores del mercado y se han seleccionado los más representativos para observar como varían las dimensiones según el volumen y como afecta el precio a estas modificaciones.

2.1.1 Conclusiones carros de metal

Tras estudiar 4 carros distintos, se ha visto que el volumen varía entre los **240 L y los 60 L**, esto está relacionado con las dimensiones, las cuales se mueven entorno a **1035 x 610 x 1000 mm** (alto x ancho x largo), a excepción del carro de 60 L, cuyas dimensiones se reducen a 920 x 460 x 770 mm. El peso de estos carros suele ser en general de unos **15 Kg**.

Además, todos utilizan **ruedas de 125 mm** y, en concreto, la marca Wanzl tiene mucha presencia en este sector.

El precio oscila mucho, y es proporcional al volumen del mismo. Se mueven **entre 215€ el más caro y 125€ el más barato**.



Figura 2.1.1 | Imágenes extraídas del Anexo 6.1

2.2 Carros de supermercado de plástico

Se van a estudiar los productos de dos empresas, Sidac Iberia y Polycart.

2.2.1 Conclusiones carros de plástico

En el caso de los carros de plástico hay más variedad de tipologías, dependiendo el material, totalmente de plástico o mezclando plástico y metal, y más formatos de volúmenes de **90L a 210L**. Generalmente no suele haber carros inferiores a 90L ya que en ese punto se suele trabajar con el formato de cesta.

Se ha seleccionado para estudiar en concreto y extraer características que se incluirán en las EDP's (ver **Apartado 03**) el carro **P100 de Polycart [7]**, el cual tiene una capacidad de **100L** soportando una **carga de 93 Kg**, con unas dimensiones de **990 x 578 x 816 mm** (alto x ancho x largo) y una **distancia de encaje de 160 mm**.



Figura 2.2.1.1 | Imágenes de Sidac Iberia extraídas del Anexo 6.2.1



Figura 2.2.1.2 | Imágenes de Polycart extraídas del Anexo 6.2.2

2.2.2 Ventajas de carros de plástico frente a metálicos [8]

- | | |
|---|--|
| Posibilidad de no presentar esquinas ni aristas vivas | Sin cargas de electricidad estática |
| Personalización de colores | Versatilidad de diseño |
| Bajo nivel de hurto debido a no valor como chatarra | Material reciclable sin procesos de acabados superficiales |
| No se oxidan | Ligeros |

2.3 Carros de supermercado adaptados

Actualmente solo se ha podido encontrar dos modelos de este tipo de carro, ambos en metal y con el mismo sistema de adaptabilidad, la única diferencia es la capacidad de los mismos y la estructura del chasis.

2.3.1 Conclusiones de carros adaptados

Características [9]

- | Modelos de **40 L o 90 L**
- | Distancia de apilado **230 mm**
- | Dimensiones **1056 x 865 x 793 mm** (alto x ancho x largo)
- | Adaptable a sillas mecánicas o eléctricas
- | Estructura principal tubular
- | Acabado galvanizado cromado con capa protectora de laca sintética



Figura 2.3.1.1 | Imágenes del Modelo 1 extraídas del Anexo 6.4.1



Figura 2.3.1.2 | Modelo 2 carro adaptado del artículo de El Mundo [F6]

03 Especificaciones de diseño (EDP's)

3.1 Definición de EDP's

Para la elaboración de este proyecto es necesario detallar una serie de especificaciones o *normas* a tener en cuenta a la hora de diseñar y desarrollar el producto (EDP's). En este caso, se van a tener en cuenta consideraciones extraídas de la normativa aplicable UNE - EN 1929 (**Anexo 02**) así como definidas por el propio diseñador según sus conocimientos teóricos, preferencias de diseño y estudios realizados.

3.2 EDP's

| Seguir normativa UNE - EN 1929

| Materiales fáciles de limpiar y que mantengan la higiene de los productos

| Redondeos en parte frontal de al menos 5 mm

| Anchura máxima 650 mm (con accesorios incluidos)

| Distancia mínima entre base y suelo de 100 mm

| Mínimo 4 ruedas de diámetro mínimo 75 mm

| Densidad de carga 1 Kg / dm³

| Coeficiente de seguridad de carga para ensayos de 1.5

| Fuerza máxima para mover el carro de 65 N

| Capacidad de carro - cesta mínima 90 L

| Capacidad de carro adaptado mínima 50 L

| Peso máximo de 20 Kg

| Distancia de apilado máxima 230 mm

| Ruedas de 125 mm de diámetro

| Poder personalizar colores según sistema RAL

| Adaptado a medidas ergonómicas según tabla antropométrica (**Anexo 05**)

04 Generación de conceptos

4.1 Planteamiento

Una vez terminada toda la fase de investigación, comienza una etapa de ideación y generación de conceptos. Para ello, se van a realizar una serie de bocetos que materialicen estas propuestas. Si se quiere ampliar esta información, consultar el **Anexo 07**.

4.2 Estética



Figura 4.2.0.1 | Panel de influencias extraído del Anexo 7.2

| Cesta

La cesta suele tener una forma similar común, añadiendo alguna curva o redondeo. Además, la cesta incorpora una malla en sus paredes para así ahorrar material, peso y, por lo tanto, costes.

| Estructura

La estructura se diferencia principalmente en 2 tipologías distintas: en V y en L.



Figura 4.2.0.2 | Estructura en V [F7]



Figura 4.2.0.3 | Estructura en L [F8]

4.2.1 Generación de conceptos de cesta

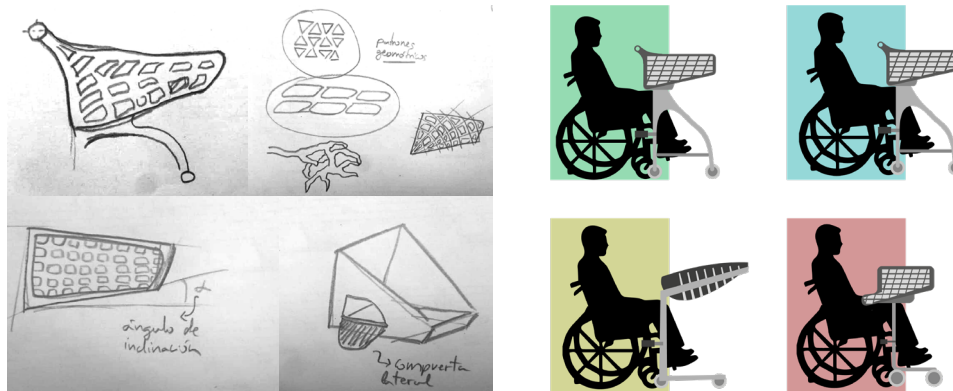


Figura 4.2.1.1 | Primeros bocetos extraídos del Anexo 7



Figura 4.2.1.2 | Bocetos 3D extraídos del Anexo 7

Estos bocetos podemos diferenciarlos en **2 grupos**:

| Estética convencional

En el caso de la estética convencional tenemos una **estructura de cesta más clásica**. Esta opción se adaptaría como un producto más de la **familia de carros**. Además, si se incorpora una empuñadura, se podría plantear un **uso alternativo** del carro para personas sin discapacidad, a modo de carro - cesta. Este planteamiento posiblemente facilitaría la viabilidad económica de esta nueva tipología de carros.

| Estética novedosa

En este caso, se trataría de asignar a esta tipología de carro una **estética única y exclusiva**, con un gran valor estético y diferenciador.

Además de la cesta, se ha definido **2 posibles alternativas de estructura** de carro. La estructura en **V invertida** sería recomendable si se fuera a fabricar en **plástico**, mientras que la estructura en **L**, sería más apropiada si se fabricara en **metal**.

4.2.2 Conceptos de entramado

Con el fin de ahorrar material y costes, la cesta incorporará un entramado. Este, no solo mejora la viabilidad del producto, si no que aporta un valor estético muy elevado y tiene que resistir ciertos esfuerzos.

Esta malla puede ser hexagonal, rectangular, ovalada, etc. Y puede ser de tamaño constante o que vaya variando conforme avanza por las paredes del carro.

En un primer momento se plantean varias opciones, de las cuales se destacan el entramado triangular y el *tela de araña*.

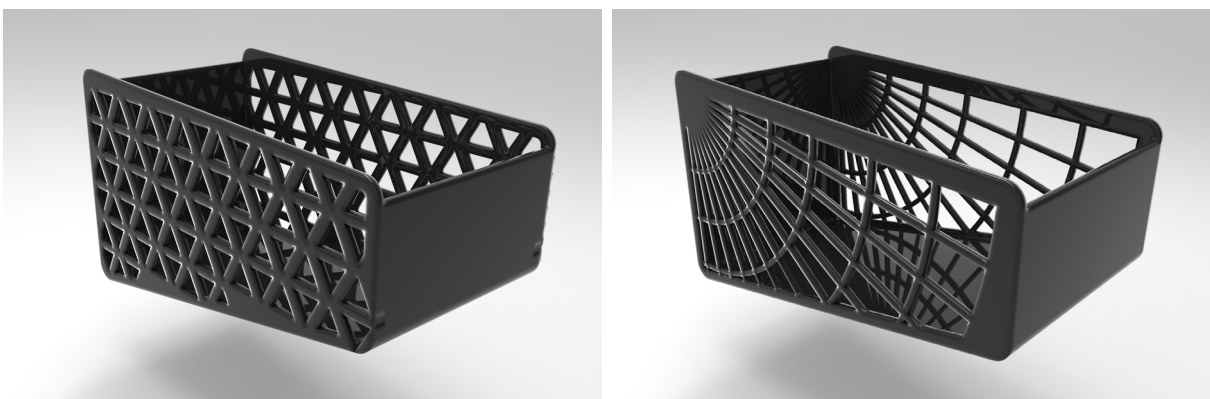


Figura 4.2.2 | Entramado triángulo y *tela de araña*

4.3 Generación de conceptos de anclaje

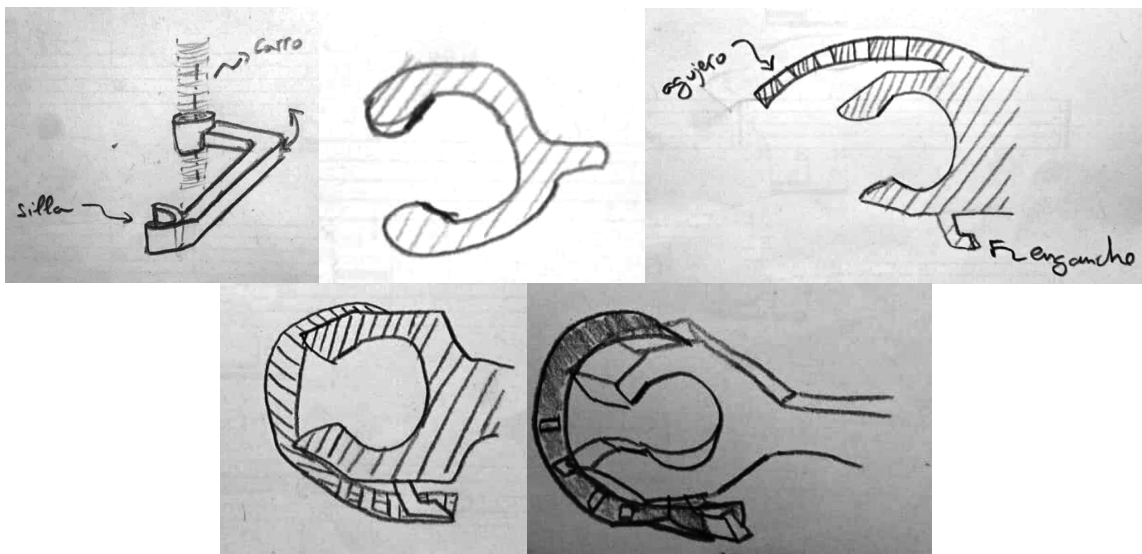


Figura 4.3.1 | Bocetos iniciales del sistema de anclaje extraídos del Anexo 7

Con esta primera exploración de alternativas, se han generado 2 principales categorías

| Enganche sin correa

Esta forma de fijación funcionarían con sistema de pinza, de manera que con presionar la silla contra este elemento, esta quedaría enganchada. Es un sistema muy sencillo y accionable con una única mano.

| Enganche con correa

Este sistema consiste en tener un receptáculo para la silla y, gracias a un elemento que hace de correa o cinturón, esta se fija al carro. Es un sistema sencillo y evita tener que hacer, quizás, demasiada fuerza para algunos usuarios.

4.4 Valoración

4.4.1 Valoración de cesta


Selección de concepto de carro			
	Concepto	Ventajas	Desventajas
	1	Estética estandar, acorde al resto de carros de los supermercados. Aprovechamiento del volumen al minimizar los redondeos.	Estética poco diferenciadora. Versión demasiado clásica de un carro.
	2	Estética estandar pero con ligeras variaciones para modernizar pero seguir siendo acorde al resto de carros de los supermercados. Aprovechamiento del volumen al minimizar los redondeos.	Aunque tiene una estética única de carros de plástico (diferenciador), sigue sin tener un aspecto muy novedoso.
	3	Estética novedosa y original. Aspecto diferente a lo existente.	Estética no acorde a los demás carros. Poco aprovechamiento del volumen ya que incorpora multitud de redondeos
	4	Estética distinta al carro clásico. Menor uso de material	Estética poco moderna. Poco aprovechamiento del volumen

Figura 4.4.1.1 | Tabla de valoración de la cesta, Anexo 7.4.1

Con esta tabla, se podrían descartar los conceptos 1 y 4, debido al escaso valor estético del *Concepto 1* y la poca viabilidad funcional del *Concepto 4*. Así, habría que seleccionar entre el *Concepto 2* y el *Concepto 3*. La decisión recaerá sobre todo en función de las prioridades del diseño: **estética o funcionalidad**.

Desde el punto de vista del proyecto, dando prioridad a garantizar la viabilidad del producto, se priorizaría la funcionalidad. En este aspecto, el concepto 3 no sería una opción, ya que al no tener el fondo plano se reduce mucho su funcionalidad y, debido a su geometría, no sería apilable.

No obstante, como el valor de diseño es muy relevante, se ha realizado una encuesta *online* a unas 150 personas donde se han obtenido los siguientes resultados.

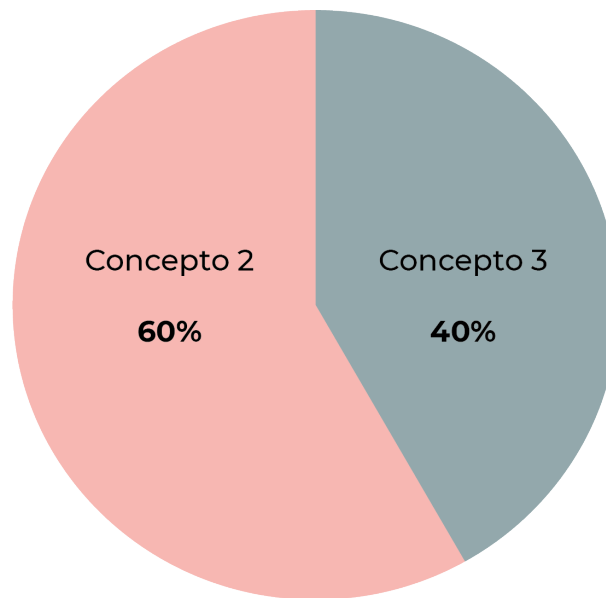


Figura 4.4.1.2 | Gráfica de la encuesta de opinión para la estética de la cesta

Por lo tanto, tanto a nivel funcional como estético, el concepto de partida seleccionado es el *Concepto 2*. Este irá sufriendo cambios conforme se vaya concretando y desarrollando.

4.4.2 Valoración de entramado

En cuanto al entramado, la opción *tela de araña* deja huecos demasiado grandes y elementos muy finos, que no resistirían los esfuerzos. Para solucionar esto, habría que aumentar el espesor de esos elementos obteniendo al final un entramado con elementos muy cuadrados, lo que estéticamente no es atractivo.

Por lo tanto, el entramado de triángulo sería la mejor opción. Además, se ha realizado una encuesta para comprobar a nivel estético cual era más innovador e interesante, siendo este el elegido.

4.4.3 Valoración del sistema de sujeción

Selección de sistema de sujeción			
Concepto	Descripción	Ventajas	Desventajas
1	Sistema de pinza	Sistema actual, se sabe que funciona. Accionable con una única mano. Rápido. Garantiza total fijación a la silla.	No es novedoso. Se requiere cierta fuerza para accionarlo. Actualmente se encuentra en las zonas inferiores de los carros y es poco accesible.
2	Sistema con correa	Sistema nuevo. Posible accionamiento con una mano. Adaptable a multitud de diámetros.	No es seguro que funcione. Quizás permita cierta holgura en la unión y la silla no vaya totalmente solidaria al carro. Un poco más complicado que el <i>sistema de pinza</i> .

Figura 4.4.3 | Tabla de valoración del sistema de sujeción del carro con la silla

En esta tabla se puede observar como a nivel funcional, el *Concepto 1* es más adecuado que el *Concepto 2*. Por lo tanto, aunque no se trate de una opción original y novedosa, si que permite, como se ha indicado anteriormente, un rediseño de la misma para mejorar sus características ergonómicas y funcionales.

05 Estudio económico previo

5.1 Motivo

El objetivo inicial del proyecto era el diseño y desarrollo de un carro de supermercado para discapacitados realizado en plástico. Sin embargo, se ha querido realizar un estudio económico previo, para considerar la rentabilidad de dichas pretensiones, y tomar las decisiones oportunas para reconducir el objetivo en función de las conclusiones obtenidas.

5.2 Recuento

Para realizar este estudio se necesitaba conocer la proporción real de tipos de carros en los supermercados.

Para ello, se ha seleccionado una zona de Zaragoza (España), concretamente el ACTUR Rey Fernando, debido a su gran diversidad de tipologías de comercios.



Figura 5.2.1 | Zona de Zaragoza (ACTUR) donde se realiza el recuento

Seguidamente se definieron qué datos se iban a recabar:

 Tipología del comercio	Pequeño / Mediano / Grande / Muy grande
 Elemento del comercio	Carro / Carro - cesta / Cesta / Adaptado

Una vez definido, se realizó el recuento de estos elementos en un total de 12 establecimientos, y se generó una tabla resumen.



Figura 5.2.2 | Vista general de algunos de los supermercados estudiados

Establecimiento	Tipología	Carros	Carros - cesta	Cestas	Adaptados
CoAliment	pequeño			20	
DÍA	pequeño	6	4	40	
BonArea	pequeño	8		45	
TOTAL	pequeño	14	4	105	
%	pequeño	<i>11,38</i>	<i>3,25</i>	<i>85,37</i>	
La Plaza de Día	mediano	24	10	25	
DÍA	mediano	27		35	
EROSKI	mediano	19	29	27	
DÍA	mediano	19		38	
EROSKI	mediano	17	36	30	
TOTAL	mediano	106	75	155	
%	mediano	<i>31,55</i>	<i>22,32</i>	<i>46,13</i>	
La Plaza de Día	grande	8	34	36	
Mercadona	grande	82	96		
TOTAL	grande	90	130	36	
%	grande	<i>35,16</i>	<i>50,78</i>	<i>14,06</i>	
Carrefour	muy grande	408		113	4
Hiperacor	muy grande	253		206	
TOTAL	muy grande	661		319	4
%	muy grande	<i>67,17</i>		<i>32,42</i>	<i>0,41</i>
TOTAL	-	871	209	615	4
%	-	<i>51,27</i>	<i>12,30</i>	<i>36,20</i>	<i>0,24</i>

Figura 5.2.3 | Tabla resumen generada

5.3 Valoración económica

Para realizar una aproximación económica del coste de la inversión en utillajes, y que repercuta en el precio final del producto, se han estimado unos precios orientativos de costes de moldes en base a la experiencia del grupo TIIP, con el que se ha realizado este TFG:

Carro grande con patas de plástico	800.000 €
Carro pequeño con patas de plástico	400.000 €
Carro grande sin patas de plástico	300.000 €
Carro pequeño sin patas de plástico	150.000 €
Cesta	50.000 €

Según el estudio de recuento, se puede realizar la siguiente agrupación, sin tener en cuenta los comercios pequeños, ya que en esos casos es posible que ni el propio establecimiento este adaptado para la movilidad de personas con discapacidad, entre otros aspectos, por la falta de espacio entre los expositores de los productos.

| Comercios medianos y grandes

Carros grandes	35 %
Carros pequeños + cestas	65 %

| Comercios muy grandes

Carros grandes	50%
Carros pequeños + cestas	50%

| Total de comercios a excepción de los pequeños

Carros grandes	42 %
Carros pequeños + cestas	58 %

Para estimar el coste del producto por amortización de utillaje necesario para fabricarlo, se va a utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Coste de molde} / \text{número de carros} = \text{coste de amortizar el carro}$$

Para realizar esta estimación se va a suponer el coste de molde más barato para cada tipología, es decir, en el caso del carro grande se supondrá el molde de *carro grande sin patas de plástico*, y una producción proporcional al porcentaje que supone esa tipología de carro en los comercios analizados, es decir, si el carro grande supone un 42% de la tipología de carros, se estimará una producción de 42.000 unidades al año.

Estos números son para tener una idea de cómo de viable o inviable es cada tipología. Evidentemente, al aumentar la producción anual, habrá más diferencia de coste entre los carros más producidos y los menos.

| Carro grande sin patas de plástico y una producción de 42.000 uds / año

$$300.000 / 42.000 = 7'14 \text{ € de amortización / carro}$$

| Carro pequeño sin patas de plástico y una producción de 58.000 uds / año

$$150.000 / 58.000 = 2'58 \text{ € de amortización / carro}$$

Si se considera que un 4 % de los carros podrían ser adaptados y el coste de molde para este producto sería similar al *carro pequeño sin patas de plástico*, se obtiene que:

| Carro adaptado sin patas de plástico y una producción de 4.000 uds / año

$$150.000 / 4.000 = 37'5 \text{ € de amortización / carro}$$

5.4 Conclusiones

Efectivamente, con esta estimación se comprueba que producir carros en plástico únicamente para personas con discapacidad **no es viable económicamente** ya que cada carro debería amortizar 37'5 € frente a los 7'14 € o 2'58 € correspondientes a carros grandes y carros pequeños.

Por lo tanto, y llegados a este punto, se plantea reconducir el objetivo del proyecto, proponiendo el diseño de un carro-cesta, cuyo uso se está extendiendo mucho actualmente, que sea fácilmente adaptable a discapacitados sin necesidad de añadir o eliminar piezas, ni realizar montajes diferenciados.

06 Materiales

6.1 Selección de materiales

La propia definición del proyecto, así como el diseño, indica que **la cesta ha de ser fabricada en plástico.**

Durante la fase de investigación de mercado (**Anexo 1.1**) se detectó que el material para la cesta solía ser de PP (polipropileno) y la estructura de Nylon. No obstante, se ha realizado una tabla para poder contemplar diferentes posibilidades de plásticos.

En esta tabla se han **descartado** de entrada **materiales frágiles** (en general materiales amorfos), y se han comparado los materiales semicristalinos (como la poliamida y las poliolefinas). Se tiene en cuenta también el **ABS amorfo**, dado su buen comportamiento a impacto por la presencia de butadieno, pero se **descarta** posteriormente por precio y por ser un material sobre dimensionado para los requerimientos del producto. Por el mismo motivo se **descarta la PA.**

	LDPE	HDPE	PP	PA	ABS
Resistencia a tracción [MPa]	20	30	35	78	44
Rigidez [MPa]	300	1000	1150	2600	2200
Impacto [J/m ²]		210	100	250	400
Rango de temperaturas [°C]		-100 / 80	0 / 100	-40 / 90	-45 / 85
HDT [°C]		46		80	89
Precio [€/kg]		1,25		2,4	1,6
Densidad [g/cm ³]		1,1		1,4	1,2

Descartado por bajo valor de E

Descartado por menor rango de T^a fría

Sobredimensionado

Sobredimensionado

Figura 6.1 | Carro modo adaptado, vista detalle de anclajes de las trampillas

A la vista de los datos, y a pesar de que el PP es el material comunmente utilizado, se ha considerado la posibilidad de fabricar el carro en HDPE, material muy usado en sistemas de contenerización, cubos de basura y papeleras.

Si se compara el PP con el HDPE se tiene menor densidad, mayor Tf (temperatura de fusión), Tg (temperatura de transición vítrea) y de reblandecimiento, es más rígido y duro, y tiene mayor resistencia a la abrasión.

Sin embargo, el hecho de que el producto pueda estar almacenado a la intemperie, implica que la degradación por ultravioletas gane peso, siendo el PP peor en este aspecto. Además, como se observa en la tabla, el rango de

temperaturas del HDPE es más amplio que en el PP pudiéndose dar temperaturas ambientales bajo cero en invierno. Por otro lado, el carro, tal y como indica la norma, se somete a ensayos de impacto, y se observa que el **HDPE tiene un mejor comportamiento.**

Para la **estructura del carro, se ha decidido realizarla de metal.**

Para el material se tuvo en cuenta utilizar un acero con bajo porcentaje de Carbono, acero de estructuras o acero cromado. Pero, finalmente, se ha seleccionado utilizar un acero inoxidable ferrítico, ya que este es más barato, se raya menos y es más fácil de soldar y doblar.

En concreto, se va a implementar el **AISI 430.**

| Límite elástico 250 MPa

| Módulo de Young 200 000 MPa

07 Desarrollo de concepto

7.1 Planteamiento

Debido a la complejidad de diseño de una cesta adaptable, así como los estudios realizados para llegar a esa conclusión, se ha decidido que el diseño de las patas así como el sistema de sujeción quedan fuera del alcance de este proyecto.

7.2 Proceso de desarrollo

Partiendo de la estética seleccionada en el apartado 4 de la memoria, se define una forma que se adapte a las medidas ergonómicas de una persona de pie y de una persona sentada, para ello se utiliza el percentil del 50%, es decir, la media.

El diseño del carro parte del planteamiento de que el usuario de pie utilizará el carro desde un lado y, el sentado, desde el opuesto, para así poder adaptar cada zona de interacción a su usuario destinado.

La forma en la que el carro - cesta se convertirá en adaptable será mediante un sistema de 2 trampillas:

| La trampilla genérica de los carros de supermercado, utilizada para cerrar el espacio del mismo y permitir su apilado.

| Una trampilla adicional que, en el caso del carro sin adaptar, servirá para separar una pequeña zona del mismo para productos de pequeño tamaño, o para separar los refrigerados del resto (por ejemplo).

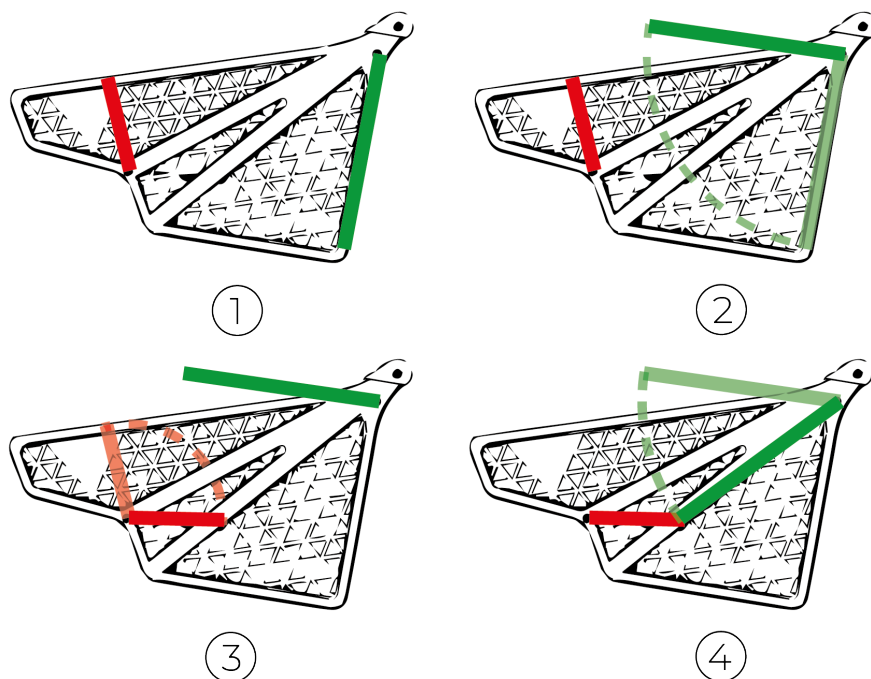


Figura 7.2.1 | Secuencia de transformación de carro - cesta a adaptado

Para la cesta se utilizará un entramado de triángulos, y su volúmen deberá ser superior a 90 L, tal y como se indica en la EDP's, sin superar los 110 L que ya lo convertiría en un carro más grande.

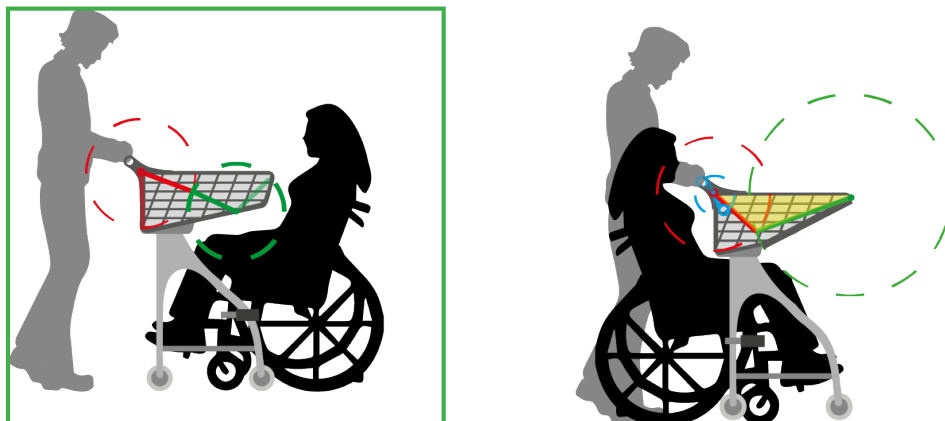


Figura 7.2.2 | Propuesta seleccionada y descartada de conceptos de carro adaptable

7.3 Resultado

7.3.1 Dimensionamiento

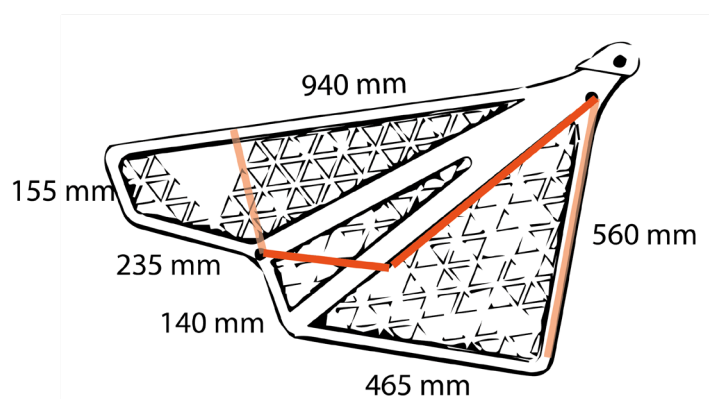


Figura 8.3.1.1 | Medidas generales de las caras del carro

Para este dimensionamiento se tuvieron en cuenta las medidas antropométricas del percentil 50%, de las cuales se destacan:

Altura del hombro	1013 mm
Longitud del brazo (alcance)	756 mm
Altura del apoya brazos	730 mm
Altura empuñadura (entre 850 - 1150 mm)	1022 mm

Con las medidas finales, tenemos los siguientes volúmenes:

Carro completo	100 L
Carro adaptado	53 L

Además, posibilita la máxima apilación posible, limitada por el choque entre la zona frontal del carro, y la trampilla de adaptación.

7.3.2 Primer desarrollo en detalle de la zona “cesto”

| Espesor

Para el primer diseño se ha estimado un **espesor de 5 mm**.

| Componentes

Como se ha dicho anteriormente la cesta se compone de 3 principales piezas: el cesto y dos trampillas.

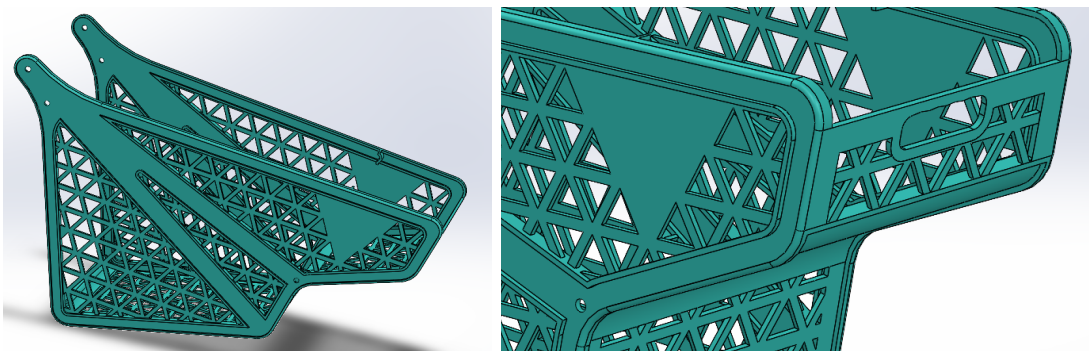


Figura 7.3.2.1 | Vista general del cesto

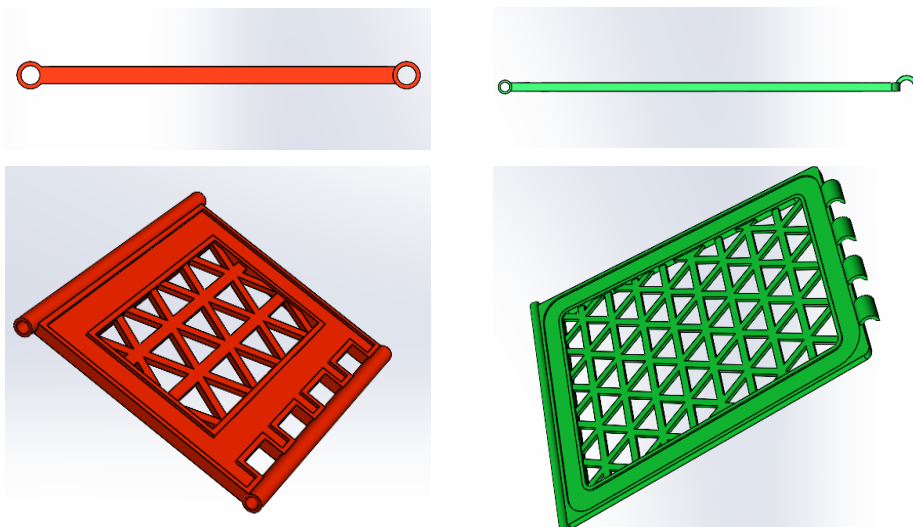


Figura 7.3.2.3 | Vistas generales de las trampillas

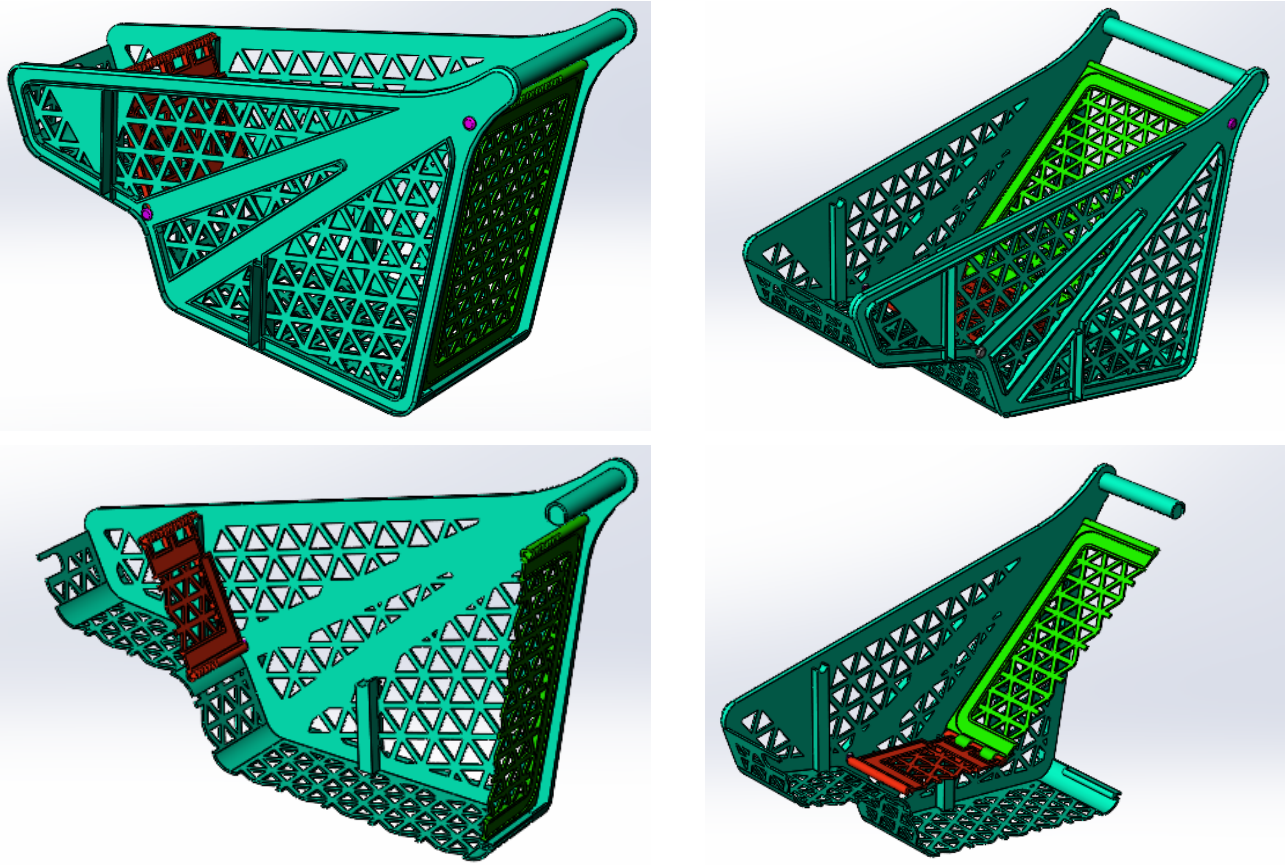


Figura 7.3.2.4 | Vista del conjunto del carro modo carro - cesta y modo adaptado, con vistas de corte

| Montaje

Estas 2 trampillas van unidas al cesto mediante un tapón comercial que actúa a modo de **eje**. Este tapón se utiliza en contenedores de plástico para unir diferentes componentes. Se ha realizado un cálculo analítico de la fuerza de inserción necesaria para el montaje de los tapones, y que se puede consultar al final de este capítulo.

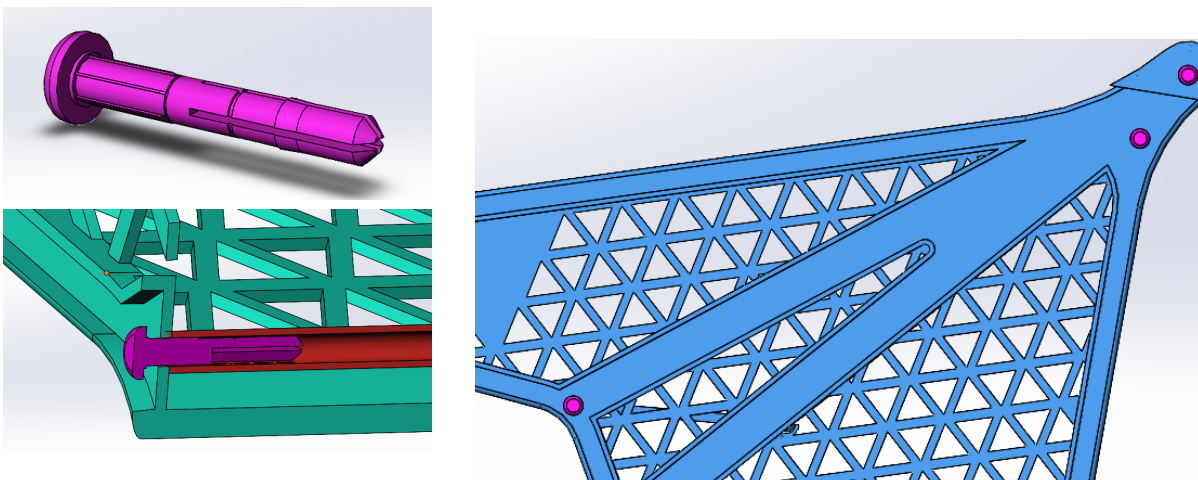


Figura 7.3.2.5 | Tapón de unión y ensamblaje de trampillas

| Zona de grafismo

Se ha generado una zona lisa en la pared del carro para poder ubicar el grafismo de **señalización de persona con discapacidad**, orientado en la posición en la que el usuario debería colocarse, para así facilitar el uso del producto.

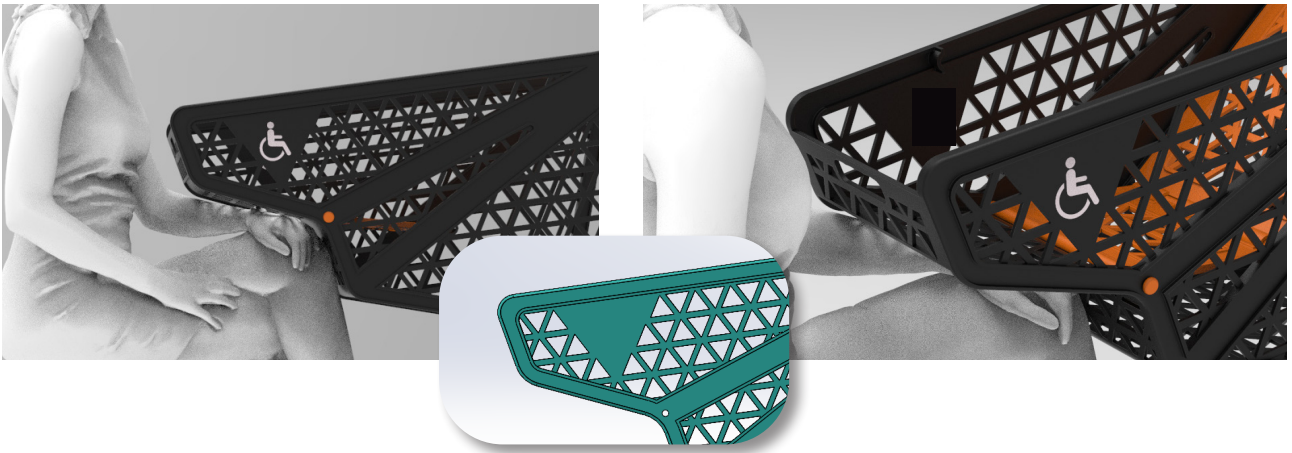


Figura 7.3.2.6 | Zona lisa para grafismo de discapacidad

| Líneas estructurales laterales

En las paredes laterales del cesto se han colocado dos líneas estructurales. El objetivo de estas líneas, además de reforzar las paredes del carro, es dotar al carro de cierta estética, ya que cuando el carro se disponga en modo adaptado, **las trampillas se alinean con estas líneas** de manera que no parece que el carro se está usando de una manera incorrecta, si no que está diseñado para ser utilizado así.

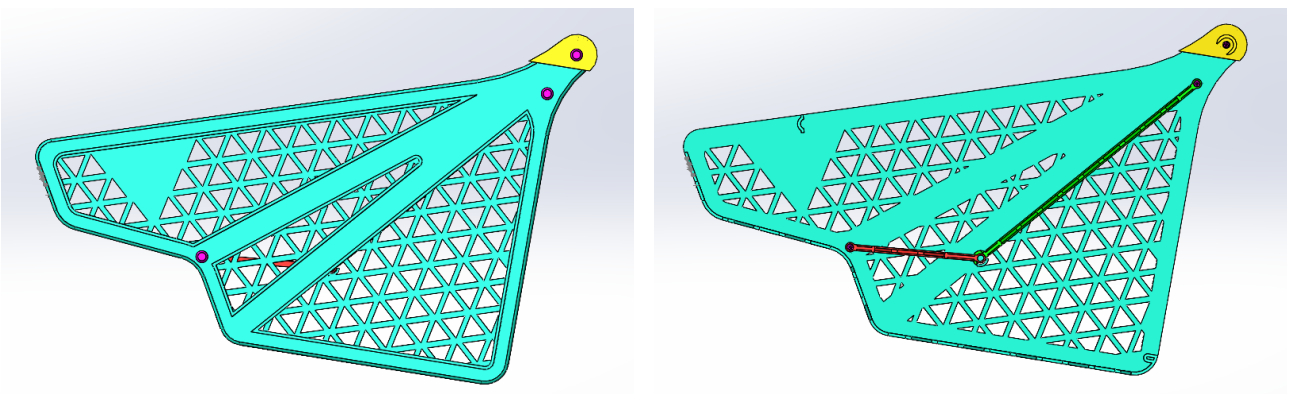


Figura 7.3.2.7 | Ilustración de como las líneas estructurales esconden el mecanismo adaptado

| Nervio perimetral lateral

Para rigidizar toda la estructura lateral, se ha decidido colocar un nervio perimetral a ambos lados de las paredes del cesto.

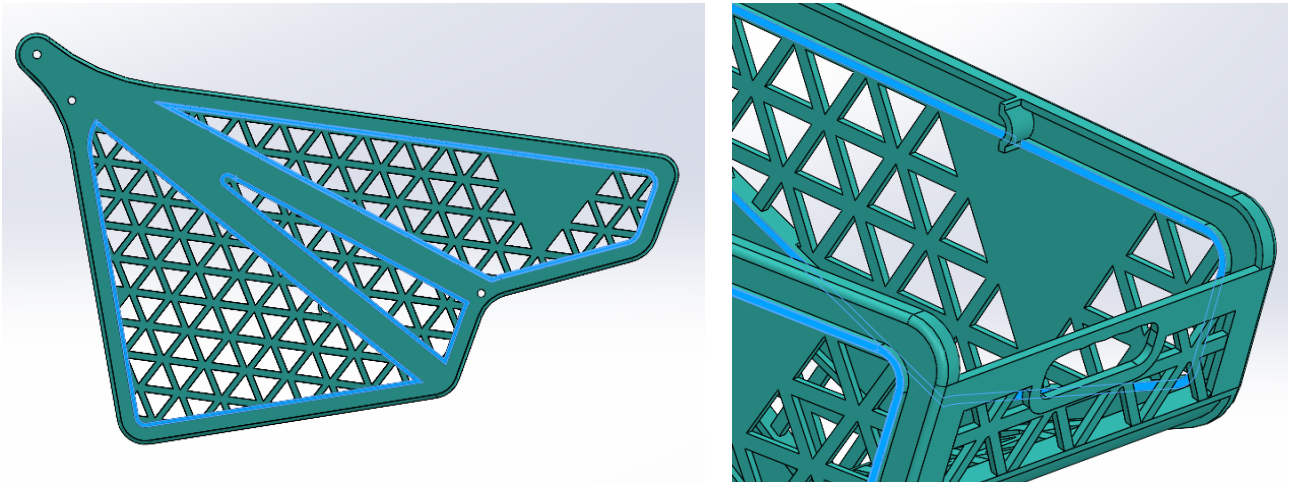


Figura 7.3.2.8 | Vista de los salientes colocados a ambos lados de las paredes del cesto

| Tamaño de los triángulos

Para definir un primer tamaño de los agujeros del entramado, se midieron los agujeros de carros de supermercados, teniendo unas dimensiones de 60 mm de largo y 20 mm de alto. Para el tamaño de estos triángulos se usó la medida media de 60 mm y 20 mm, es decir, **40 mm de lado**, siendo triángulos equiláteros obtenemos un agujero de **40 mm de ancho y 34.62 mm de alto**.

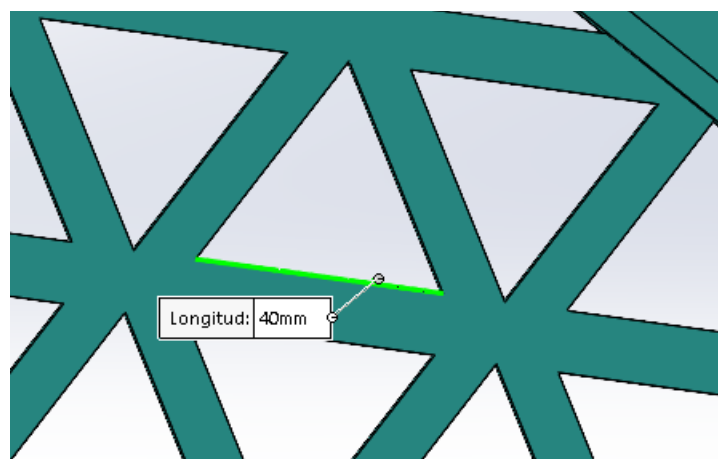


Figura 7.3.2.9 | Tamaño del entramado

| Modo carro - cesta

Para disponer el carro en modo carro - cesta, se han diseñado unas sujeciones para las dos trampillas. Para la trampilla pequeña (color rojo) se ha dispuesto un apoyo en la zona superior delantera del carro; para la trampilla grande (color verde) se ha colocado una zona de apoyo en la parte inferior trasera del carro.

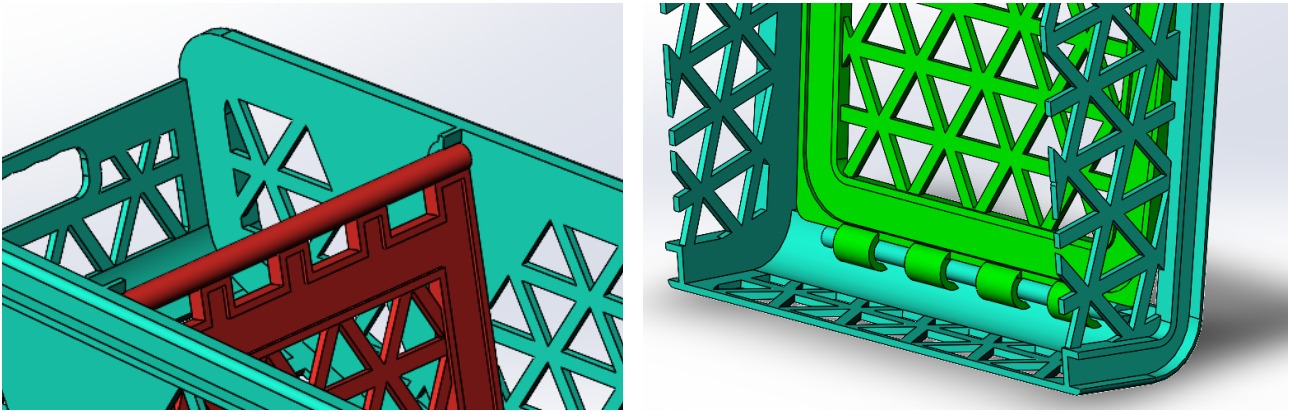


Figura 7.3.2.10 | Sujeciones de trampillas modo carro - cesta

| Modo adaptado

Cuando la cesta se disponga en el modo adaptado, la trampilla grande (verde) apoyará sobre la pequeña (roja), y a su vez, esta apoyará sobre un saliente del cesto, para que así la carga que tengan que soportar vaya al cesto y no a la unión entre las respectivas trampillas.

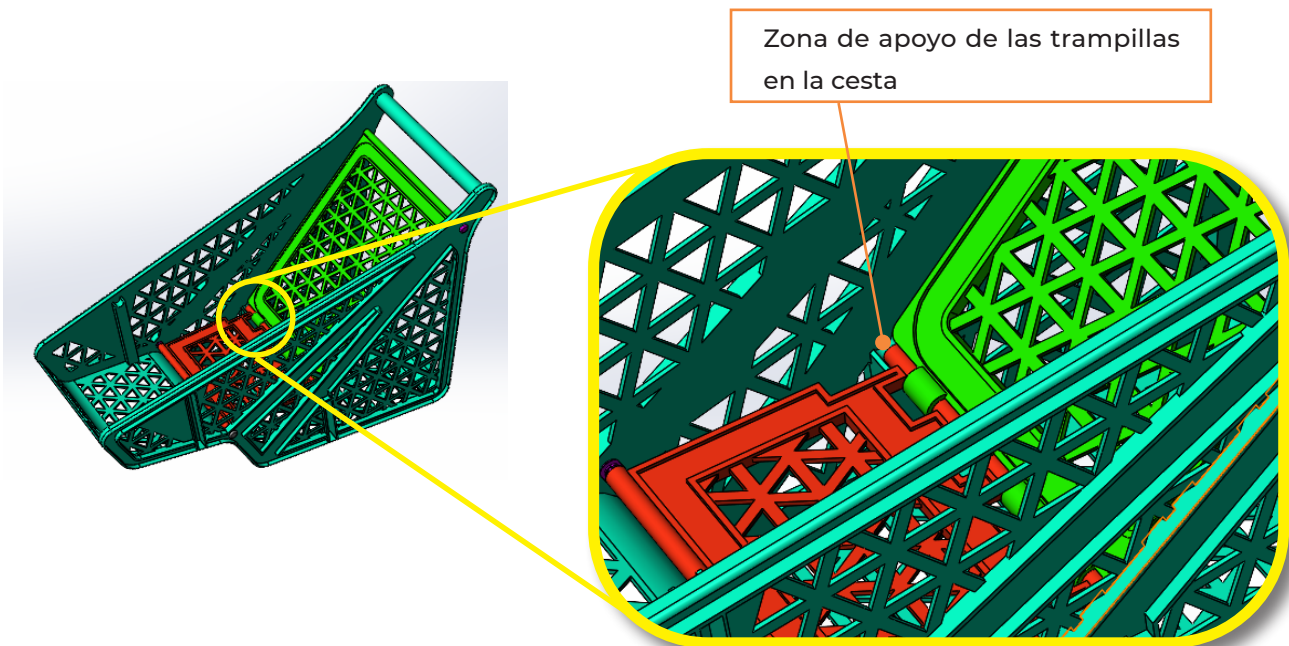


Figura 7.3.2.11 | Sujeciones de trampillas modo adaptado

| Propuesta estética

Se ha realizado una primera propuesta estética del cesto con sus elementos ensamblados, así como una previsualización de sus proporciones y relación de tamaño respecto a los usuarios.



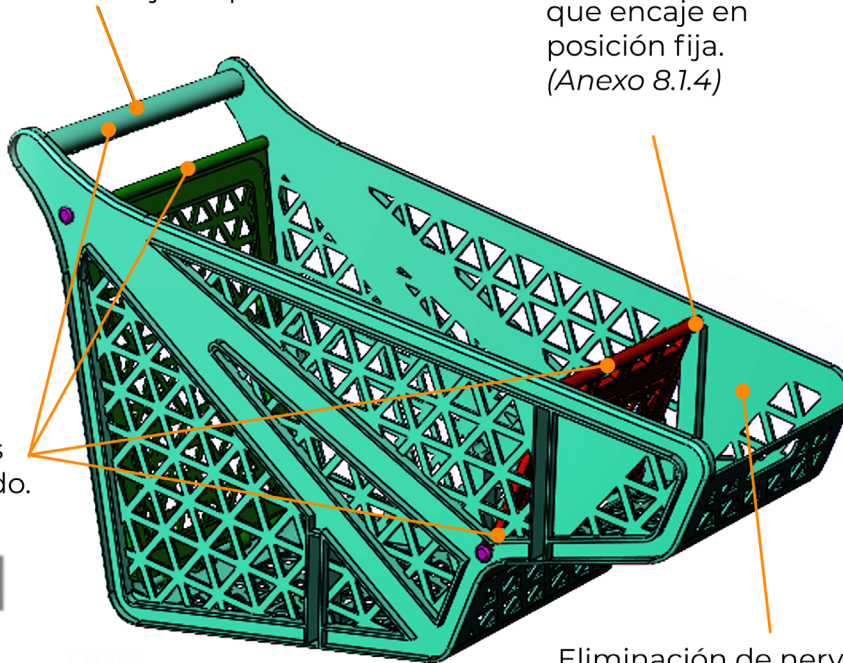
Figura 7.3.2.12 | Previsualización aproximada de proporciones del carro con figura humana y propuesta de acabado estético

7.4 Mejoras del diseño

Empuñadura implementada en el propio carro: ahorra montaje y nº de piezas y utillajes.
Desventaja: dificulta montaje de porta-monedas.
(Anexo 8.1.2)

Mejora en el apoyo de la trampilla pequeña a modo de separador para que encaje en posición fija.
(Anexo 8.1.4)

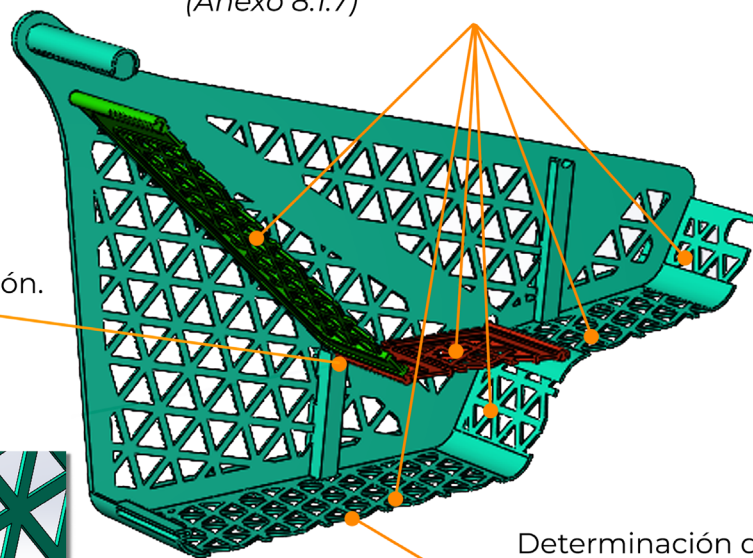
Tubos aligerados mediante nervado.
(Anexo 8.1.5)



Eliminación de nervios interiores para facilitar desmoldeo.
(Anexo 8.1.1)

Adecuación del tamaño de entramado para evitar caída de productos pequeños.
(Anexo 8.1.7)

Mejora en el apoyo de trampilla grande que ahora trabaja a compresión.
Menor posibilidad de daños en la compra.
(Anexo 8.1.4)



Determinación de espesores y dimensiones de nervado del fondo según ensayos resistentes previos.
VER apartado siguiente.
(Anexo 8.1.3)

Figura 7.4.1 | Resumen de las mejoras del diseño de la cesta

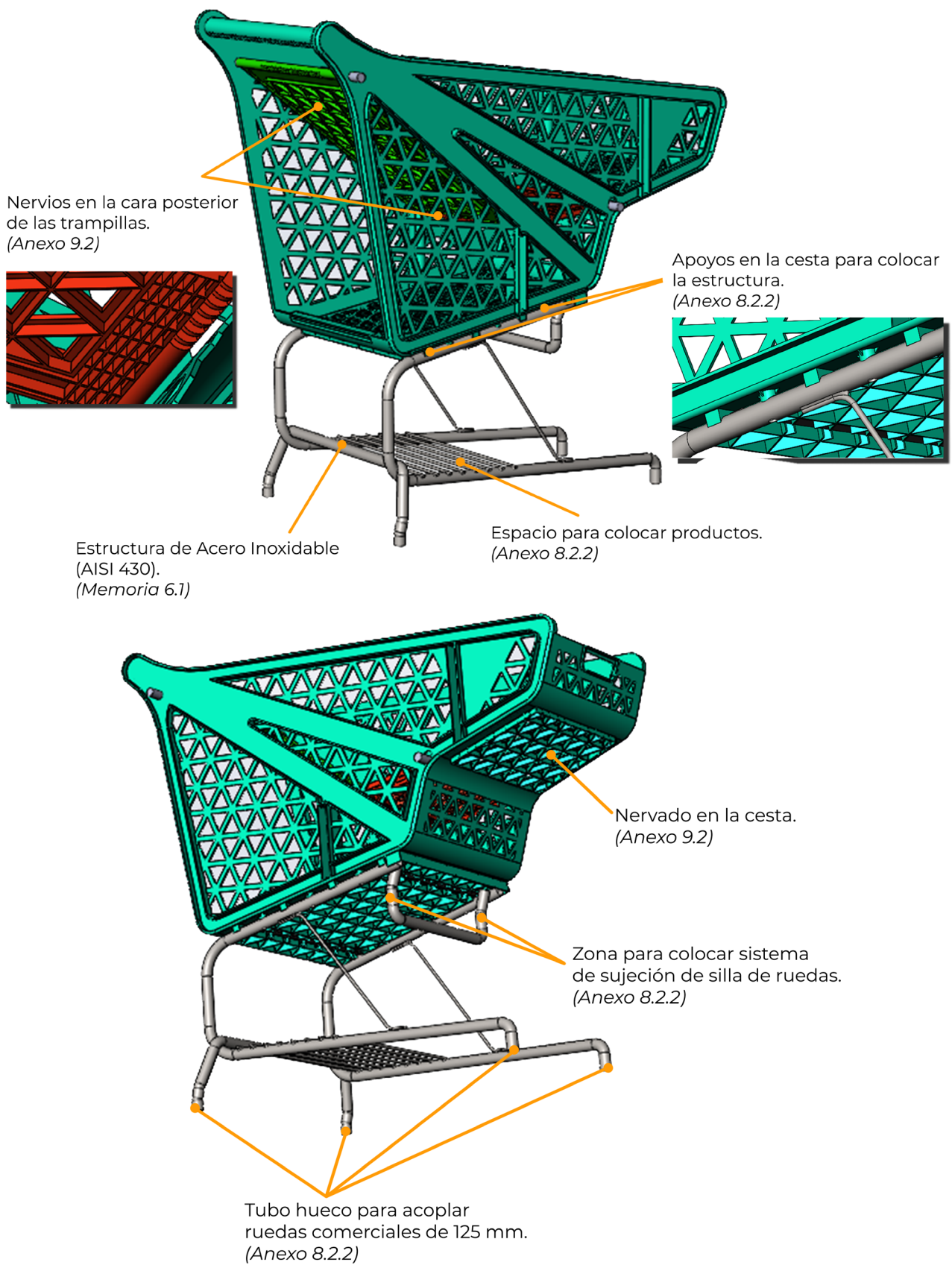
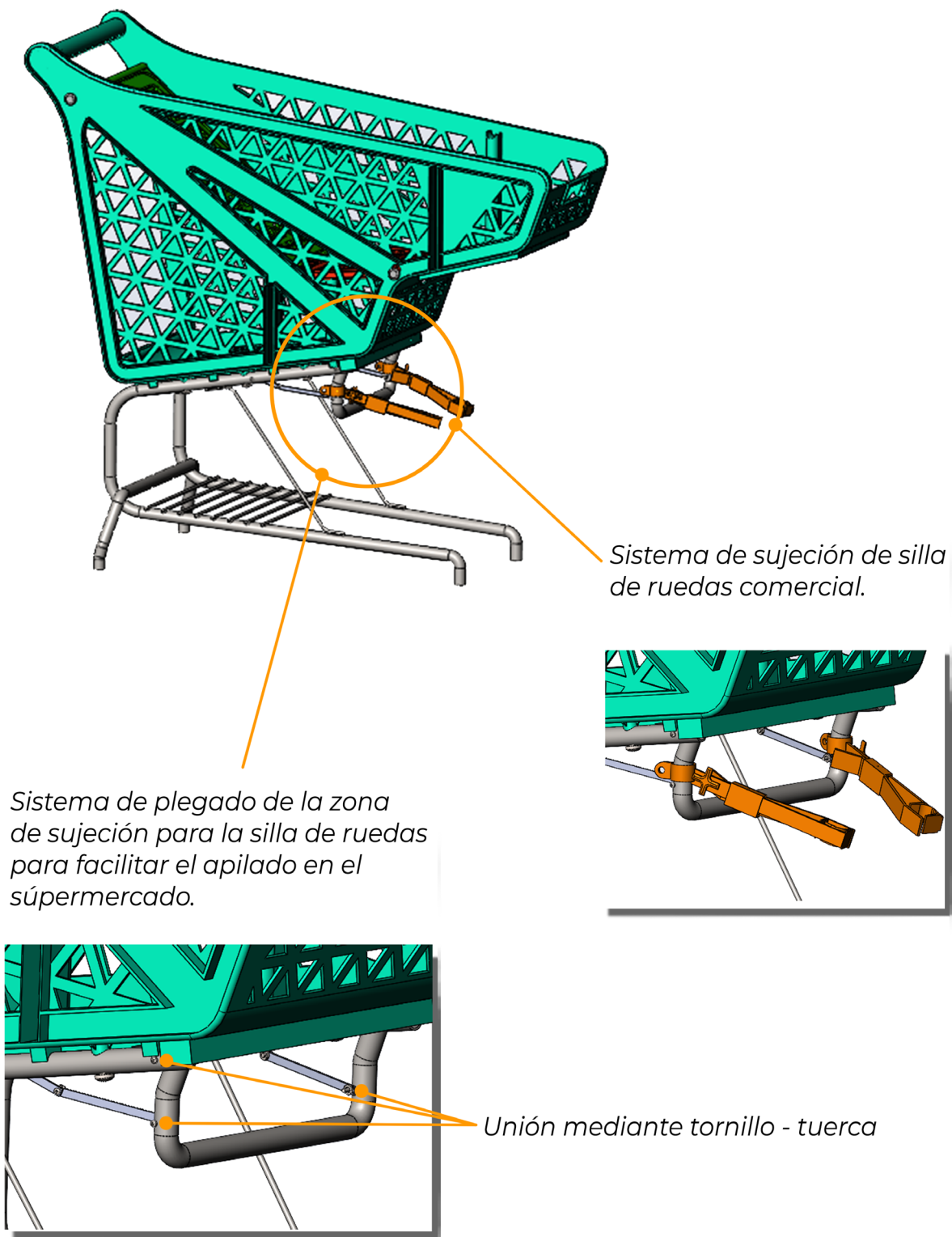


Figura 7.4.2 | Resumen de las mejoras del diseño de la estructura y la cesta



Sistema de sujeción de silla de ruedas comercial.

Sistema de plegado de la zona de sujeción para la silla de ruedas para facilitar el apilado en el supermercado.

Unión mediante tornillo - tuerca

Figura 7.4.3 | Resumen de las mejoras del diseño de la estructura y la cesta

7.5 Espesor

7.5.1 Simplificación

El diseño actual tiene un espesor de 5 mm.

Para definir el espesor final del carro se va a realizar un estudio simplificado de la zona más crítica del producto: el suelo.

Para ello, se ha supuesto un caso simplificado en el que se tiene una placa con las dimensiones del fondo del carro y el entramado de triángulos.

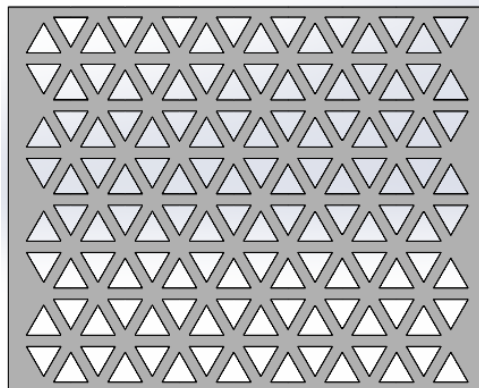


Figura 7.5.1.1 | Versión simplificada de la zona del fondo de la cesta

Esta placa se va a sujetar lateralmente impidiendo desplazamientos, pero permitiendo giros.

Sobre este caso, se le va a aplicar la carga que soportaría todo el carro, es decir, *volúmen de la cesta (100 L) x densidad de residuo (1 Kg / dm³)*.

Cabe destacar que el suelo *real* está mucho más sujeto, y la carga se repartiría por el resto de caras que forman el suelo del carro, no únicamente sobre el fondo estudiado.

Detalles del caso:

 Material	HDPE
Módulo elástico	1 000 MPa
Resistencia a tracción	30 MPa
Densidad	0.952 Kg / dm ³
 Fuerza aplicada	1 000 N

En estos casos se van a estudiar como afecta la variación del espesor de la pared (entre 4 mm y 3 mm), así como añadir nervios de diferentes espesores y alturas.

Para ver detalladamente estos ensayos así como observaciones y justificaciones de los mismos, consultar **Anexo 8.1.3**.

Ensayos	Espesor (mm)	Nervios_altura (mm)	Nervios_espesor (mm)	Tensión V.M. máx (MPa)	Desplazamientos (mm)	Masa (g)
1	4	-	-	57.8	78.2	337
2	4	10	4	13.9	5.8	702
3	4	10	2	22.4	9.7	529
4	3	10	1.5	38	15.5	398
5	3.5	10	1.75	29.5	12.2	464
6	3.5	10	2	24.5	11	487
7	3	15	1.5	20.9	6.4	471
8	3	15	1.75	17.7	5.7	506
9	3	13	1.5	25.7	8.8	442

Figura 7.5.1.2 | Tabla resumen de los ensayos realizados

Estos estudios previos se han hecho utilizando la carga nominal del carro, es decir, 1000 N. Sin embargo, según la Normativa *UNE-EN 1929-1:1998*, los estudios de cargas han de realizarse con un coeficiente de seguridad de 1.5, es decir, utilizar 1500 N en lugar de 1000 N (Ensayos 1 a 9).

Se ha colocado las dimensiones descritas en el Ensayo 09 frente a esta nueva carga para afinar mejor el resultado, y se han obtenido los siguientes resultados (Ensayos 10 y 11).

Ensayos	Espesor (mm)	Nervios_altura (mm)	Nervios_espesor (mm)	Tensión V.M. máx (MPa)	Desplazamientos (mm)	Masa (g)
1	4	-	-	57.8	78.2	337
2	4	10	4	13.9	5.8	702
3	4	10	2	22.4	9.7	529
4	3	10	1.5	38	15.5	398
5	3.5	10	1.75	29.5	12.2	464
6	3.5	10	2	24.5	11	487
7	3	15	1.5	20.9	6.4	471
8	3	15	1.75	17.7	5.7	506
9	3	13	1.5	25.7	8.8	442
10*	3	13	1.5	38.5	13	-
11*	3	20	1.5	22	5	-

* Ensayos realizados con **carga x 1.5**, según norma

Figura 7.5.1.3 | Tabla resumen de todos los ensayos realizados

Con el Ensayo 10 se puede observar que las tensiones máximas aumentan a los 38.5 MPa y los desplazamientos a 13 mm.

Hay que tener en cuenta que en el caso completo, esta zona va a estar mucho más sujeta, por lo tanto los 13 mm de desplazamientos se reducirán.

Además, los 38.5 MPa están ubicados en puntos muy concretos. Esto puede ser debido a que no hay redondeos y en las intersecciones entre los nervios se generan concentradores de tensiones.

Con esto, se va a seguir manteniendo las dimensiones: **espesor 3 mm, nervios_altura 13 mm y nervios_ espesor 1.5 mm.**

Si una vez realizado el caso general se viera que las sujeciones no son suficientes, se plantería aumentar la altura de los nervios como en el Ensayo 11.

7.6 Cálculos analíticos

El montaje de los elementos del carro se va a realizar mediante un tapón comercial de plástico que se utiliza actualmente para unir elementos en contenedores de basura por parte de la empresa Contenur.

Con el fin de estudiar si estos elementos funcionarían correctamente, se va a realizar unos cálculos de clipaje para conocer la fuerza que hay que hacer para que flecte cada una de las patas (F flexión) así como la fuerza de inserción (F inserción).

Para realizar estos cálculos se han realizado mediciones sobre una muestra física.

Se comenzó planteando la situación del clip.

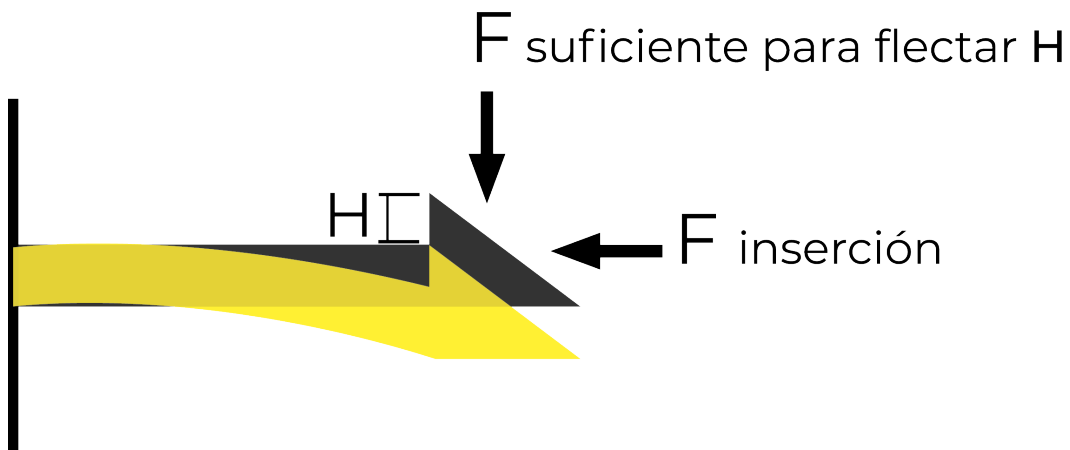


Figura 7.6 | Diagrama del clip

Para conocer la F suficiente para flectar H , se parte de la siguiente fórmula

$$H = \frac{F L^3}{3EI}$$

Donde la H y la L se mide sobre el tapón, la E viene dada por el material (entorno a 850 - 1000 MPa, y la I depende de la geometría. El tapón esta formado por un círculo dividido en 4 sectores, no obstante se encuentran unidos en grupos de 2, por lo que se va a considerar una geometría de 1 semicírculo.

$$\begin{aligned} \text{◊} & I = 0.110 r^4 \\ \text{◐} & I = 0.0508 r^4 \end{aligned}$$

$$1 = \frac{F \cdot 60^3}{3 \cdot 1000 \cdot (0.0508 \cdot 4^4)}$$

$$F = \frac{3 \cdot 1000 \cdot (0.0508 \cdot 4^4) \cdot 1}{60^3}$$

$$F = 0.18 \text{ N}$$

Una vez obtenida la $F = 0.18 \text{ N}$. Se pasa a calcular la F inserción, para la cual existe la siguiente fórmula

$$F_{\text{inserción}} = \underbrace{\frac{3EIH}{L^3}}_{F_{\text{flexión}}} \left(\frac{\mu + \operatorname{tg} \alpha}{1 - \mu \operatorname{tg} \alpha} \right)$$

Donde μ , para PE (polietileno) es de 0.20 y 0.25, y α se mide en la muestra física. Como el clip lo forman 2 patas semicirculares, hay que multiplicar la $F_{\text{flexión}} = 0.18$ por 2.

$$F_{\text{inserción}} = \underbrace{0.18}_{F_{\text{flexión}}} \left(\frac{0.25 + \operatorname{tg}(45^\circ)}{1 - 0.25 \cdot \operatorname{tg}(45^\circ)} \right)$$

$$F^{\text{inserción}} = 2 \cdot 0.18 \cdot \left(\frac{0.25 + 1}{1 - 0.25 \cdot 1} \right)$$

$$F_{\text{inserción}} = 0.6 \text{ N}$$

08 Ensayos generales

Una vez desarrollado el diseño del carro completo (cesta y estructura metálica), se van a realizar ensayos generales del carro en sus dos modos: carro - cesta y adaptado. De esta manera, se terminará por dimensionar los diferentes componentes para que resistan las cargas asociadas a cada caso, así como evitar unos desplazamientos excesivos que impidan su usabilidad y seguridad.

Toda la descripción de los casos así como la justificación de las variaciones entre los mismos se encuentra detallada en el **Anexo 09**

8.1 Ensayos resistentes modo carro - cesta

Una vez planteado este diseño, se han realizado una serie de ensayos con el fin de dimensionar la estructura acorde a las cargas que ha de soportar, así como comprobar el comportamiento de la cesta.

Para ello, se ha utilizado la *carga nominal* x el *factor de seguridad* (1.5).

Para plantear el caso, se van a aplicar 2 fuerzas, una, proporcional al volumen principal, y otra proporcional a la pequeña zona separa. Ambas fuerzas sumaran la nominal del ensayo con su correspondiente factor de mayoración.

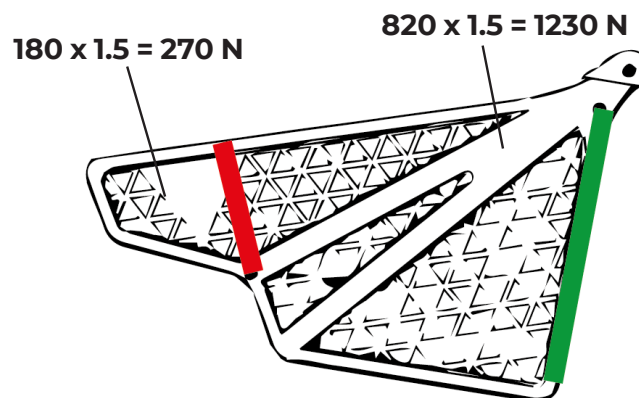


Figura 8.1.1 | Distribución de fuerzas para la realización de los ensayos

A continuación se presenta una tabla resumen con todos los casos realizados para el carro en este modo.

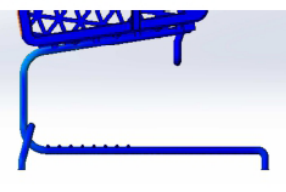
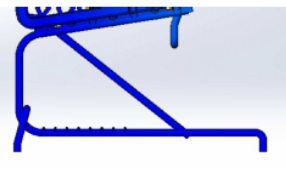
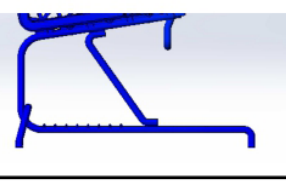
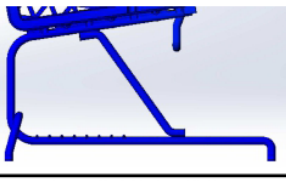

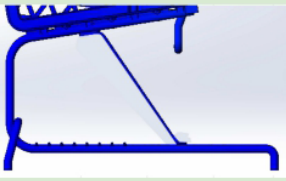
	Situación	Datos	Resultado	Valoración
CASO 1	<i>Estructura simple</i> ($\varnothing 20 \text{ mm}$ $e 1.5 \text{ mm}$) 	Tensiones en el cesto	Menores de 30 MPa	Sí cumple
		Tensiones en la estructura	Mayores de 250 MPa	NO cumple
		Desplazamientos totales	148 mm	Excesivo
CASO 2	$\varnothing 20 \text{ mm}$ $e 2 \text{ mm}$ 	Tensiones en el cesto	Menores de 30 MPa	Sí cumple
		Tensiones en la estructura	Mayores de 250 MPa	NO cumple
		Desplazamientos totales	34 mm	Reducir
CASO 3	$\varnothing 20 \text{ mm}$ $e 2 \text{ mm}$ 	Tensiones en el cesto	Menores de 30 MPa	Sí cumple
		Tensiones en la estructura	Mayores de 250 MPa	NO cumple (en pequeñas zonas)
		Desplazamientos totales	22.5 mm	Reducir
CASO 4	$\varnothing 20 \text{ mm}$ $e 2 \text{ mm}$ 	Tensiones en el cesto	Menores de 30 MPa	Sí cumple
		Tensiones en la estructura	Menores de 250 MPa	Sí cumple
		Desplazamientos totales	20 mm	Sí cumple
CASO 5	$\varnothing 10 \text{ mm}$ $e 1 \text{ mm}$ 	Tensiones en el cesto	Menores de 30 MPa	Sí cumple
		Tensiones en la estructura	Menores de 250 MPa	Sí cumple
		Desplazamientos totales	12.94 mm	Sí cumple
CASO 6	$\varnothing 5 \text{ mm}$ 	Tensiones en el cesto	Menores de 30 MPa	Sí cumple
		Tensiones en la estructura	Menores de 250 MPa	Sí cumple
		Desplazamientos totales	13.6 mm	Sí cumple

Figura 8.1.2 | Tabla resumen de casos realizados para el carro modo carro - cesta

Con esta tabla se observa que, finalmente, el Caso 6 ha sido considerado el mejor.

En las figuras siguientes se puede observar como se comporta el carro tanto en tensiones como en desplazamientos en esta situación.

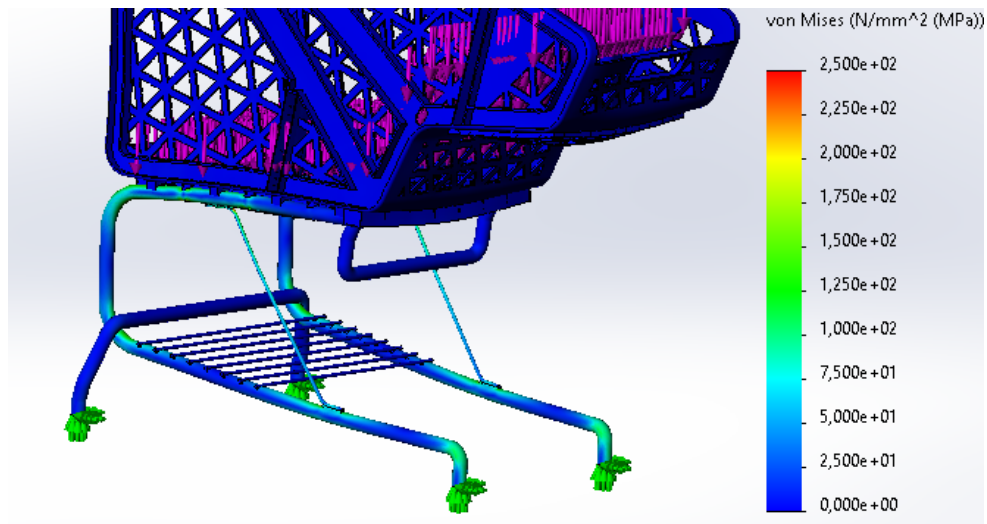


Figura 8.1.3 | Ensayo 6: Tensiones de VM (MPa). Escala de 250 MPa

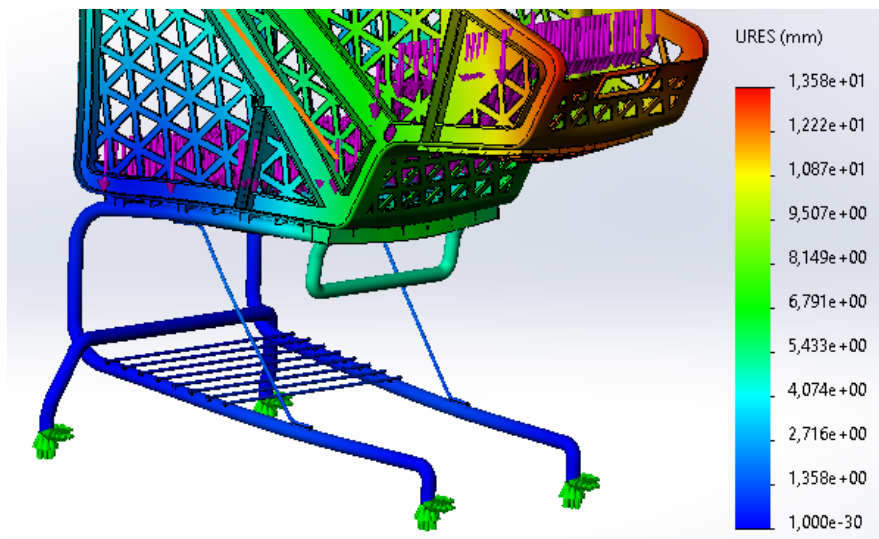


Figura 8.1.4 | Ensayo 6: Desplazamientos (mm)

Puede observarse que respecto a las tensiones, estas son admisibles ya que ninguna zona sobrepasa los 250 MPa (límite elástico del AISI 430).

En cuanto a los desplazamientos, si bien se observa un desplazamiento máximo de 13 mm en la zona delantera del carro, cabe destacar que este valor no indica el desplazamiento aislado de esa zona de la cesta, si no que está sumando el abombamiento del suelo con el giro debido al desplazamiento de la estructura metálica. Por lo tanto, 13 mm como desplazamiento general es admisible.

8.2 Ensayos resistentes modo adaptado

Una vez definida la estructura, se va a realizar el ensayo del carro en modo adaptado para así ver como se comportan las trampillas, que en este caso actúan de fondo de la cesta.

Para estos ensayos también se han generado 2 fuerzas separadas, ya que en la zona verde de la Figura 8.2.1 si se apoyaran productos, serían ligeros, ya que la gran mayoría de los pesados estarán en la zona izquierda de la figura, donde se encuentra el usuario. Por lo tanto, aunque a esa zona le corresponderían 23 Kg ya que ocupa 23 L, se le van a asignar 10 Kg y los 13 Kg restantes se sumarán en la otra zona.

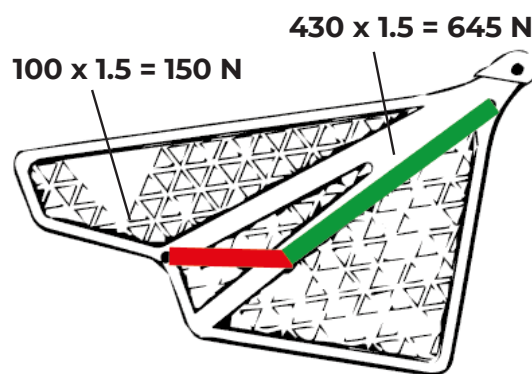


Figura 8.2.1 | Distribución de fuerzas para la realización de los ensayos

	Situación	Datos	Resultado	Valoración
CASO 1	<i>Trampillas sin nervios</i>	Tensiones en el cesto y estructura	Favorable	Sí cumple
		Tensiones en trampillas	Menores de 30 MPa	Sí cumple
		Desplazamientos totales	26 mm	Reducir
CASO 2	<i>Nervios en trampillas Solo en un lado Espesor 1.5 mm Altura 5 mm</i>	Tensiones en el cesto y estructura	Favorable	Sí cumple
		Tensiones en trampillas	Menores de 30 MPa	Sí cumple
		Desplazamientos totales	16.5 mm	Sí cumple

Figura 8.2.2 | Distribución de fuerzas para la realización de los ensayos

Se puede observar en esta tabla que el Caso 2 es el que consigue cumplir con todos los valores necesarios para que el carro resista correctamente. A continuación se pueden visualizar los resultados de ese caso.

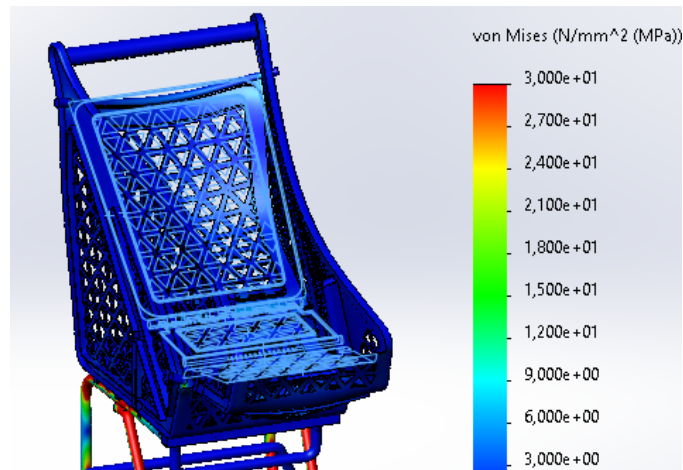


Figura 8.2.3 | Ensayo 2: Tensiones de VM (MPa). Escala de 30 MPa

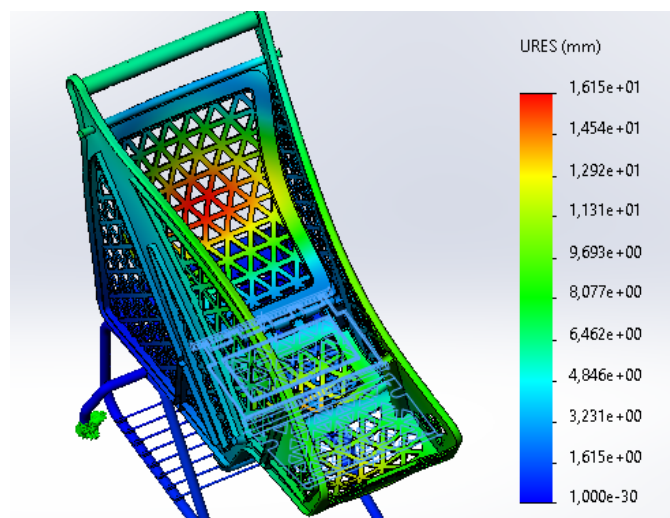


Figura 8.2.4 | Ensayo 2: Desplazamientos (mm)

Debido a que la cesta y la estructura soportan más peso en el modo carro - cesta (1 000 N) que en el adaptado (530 N), en este caso se ha focalizado la atención sobre las trampillas que, como puede observarse, una vez añadido nervios se comportan correctamente sin sobrepasar los 30 MPa (límite elástico del HDPE).

En cuanto a los desplazamientos, hay una situación similar a la del modo carro - cesta: los desplazamientos indicados como máximos no son los correspondientes únicamente a las zonas donde se indican, si no que son el resultado del desplazamiento general del carro debido a la flexión de la estructura junto los propios desplazamientos de las zonas marcadas en rojo en la figura 8.2.4.

Con el programa de cálculo de puede conocer el desplazamiento de una zona concreta, así que se ha seleccionado la zona en voladizo de la estructura, obteniendo 5.8 mm, por lo tanto: 16.5 mm (desp. generales) - 5.8 mm (desp. concretos) = 10.7 mm de desplazamiento debido a abombamiento, lo que es asumible.

09 Estudios de inyección

9.1 Introducción

Una vez obtenido el diseño con el dimensionado final, se va a proceder a realizar un estudio de inyección con el fin de estimar un coste de producción aproximado.

Para ello, se tendrá en cuenta el coste de la materia prima y el coste del proceso.

No se va a contemplar en este proyecto la amortización de moldes (son necesarios 3), ya que el precio del molde para el cesto, puede variar mucho de unos fabricantes a otros (puede haber diferencias de precio de el doble entre un moldista peninsular, especializado en moldes de automoción, y un moldista en China). Tampoco se contemplarán otros costes, tal y como se indica más adelante.

Todas las gráficas referenciadas en este apartado así como información ampliada se encuentra en el **Anexo 10**.

9.2 Estudio de inyección del cesto

Para realizar este estudio se ha utilizado el software de *Autodesk Moldflow*, donde se ha seleccionado el material de Polietileno y se han obtenido los siguientes datos a tener en cuenta en el proceso de inyección:

T ^a inyección	200 - 260 °C — 230 °C
T ^a molde	10 - 50 °C — 30 °C
T ^a expulsión	100 °C
T ^a máxima	300 °C
Shear Stress	0.2 MPa
Shear velocity	40 000 s ⁻¹

Además, se va a seleccionar un tiempo de inyección de 6 segundos realizando el cambio a segunda fase con el 100% de la cavidad llena. Se destaca que la presión máxima admisible es de 160 MPa ya que una inyectora está siempre limitada a una presión de entre 180 y 200 bares hidráulicos, que se corresponden aproximadamente a 180-200 MPa específicos en el plástico.

Este estudio se comenzó colocando un único punto de llenado centrado en el fondo de la cesta, donde se observó que se superaba la presión máxima de máquina y no se llenaba la pieza.

Por lo tanto, se ubicaron 3 puntos de llenado alineados. A pesar de este cambio,

se seguía necesitando demasiada presión y, aunque se llenaba la cesta, el fondo se sobrecompactaba.

Seguidamente se decidió bajar el número de puntos a 2, eliminando el punto intermedio del caso anterior. De esta manera la presión disminuía pero, aunque menos, el fondo seguía sobrecompactándose. Además, el plástico tardaba demasiado en llegar a la empuñadura de la cesta.

Se desplazaron los 2 puntos fuera de los nervios, a las zonas lisas para así facilitar el desplazamiento del plástico por el molde. Así, aunque se seguía sobrecompactando el fondo y llegaba tarde a la empuñadura, las presiones bajaron a 131 MPa, lo cuál ya era admisible.

Como seguía tardando demasiado tiempo en llegar a la empuñadura, se decidió volver a colocar 3 puntos, de manera que 2 de ellos estuvieran en las esquinas del fondo que conectaban directamente con la empuñadura, intentando así acelerar la llegada del plástico a esta zona. Con esto, se consiguió que el plástico llegara a la empuñadura a la vez que a otras zonas del extremo del carro, por lo que se obtenía un resultado más equilibrado. Además, las presiones bajaron a 103 MPa, por lo que **este caso se ha considerado el más favorable**.

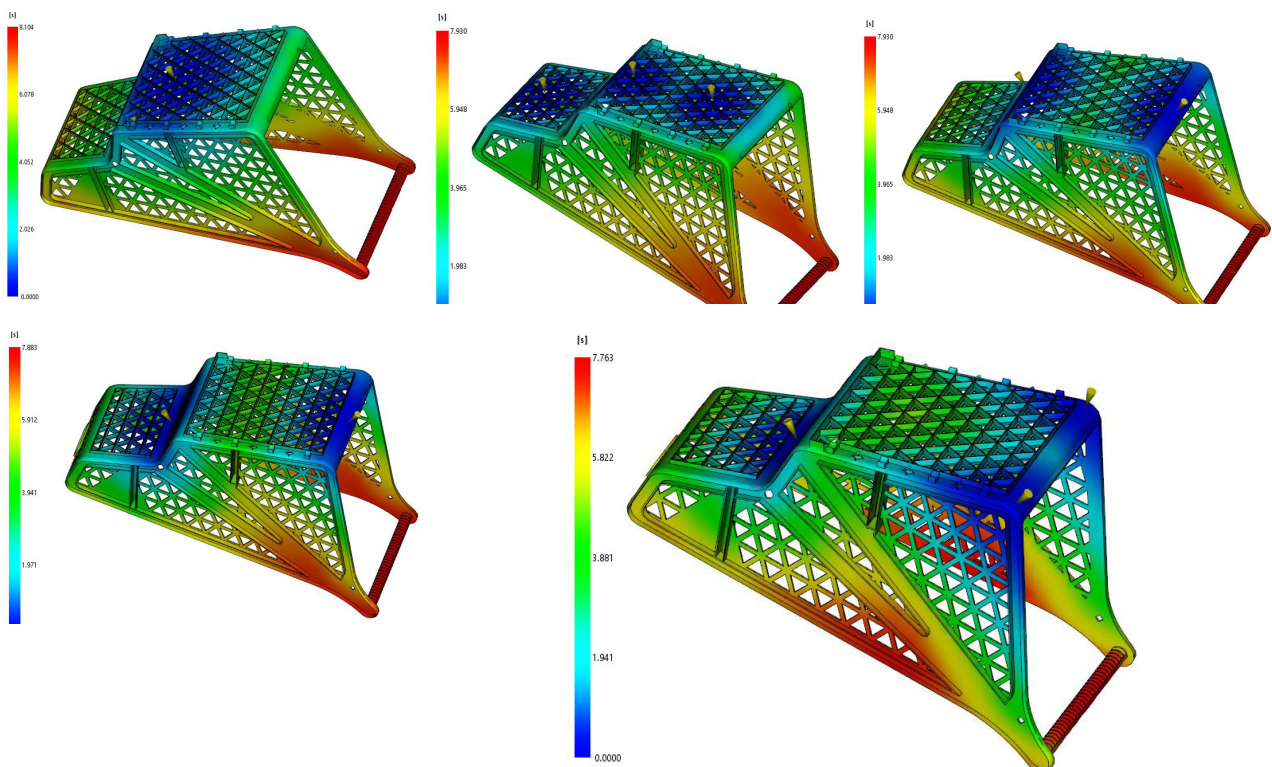


Figura 9.2.1 | Resultados de tiempos de llenado en los diferentes casos. En grande el caso final considerado favorable (**Anexo 10**)

Ensayo	Nº de puntos de inyección	Presión (MPa)
1	1	164
2	3	155
3	2	135
4	2	131
5	3	103

Figura 9.2.2 | Tabla resumen de las presiones obtenidas en los ensayos realizados

Una vez definido el número de puntos de inyección y su ubicación, se ha añadido una cámara caliente para afinar en los resultados.

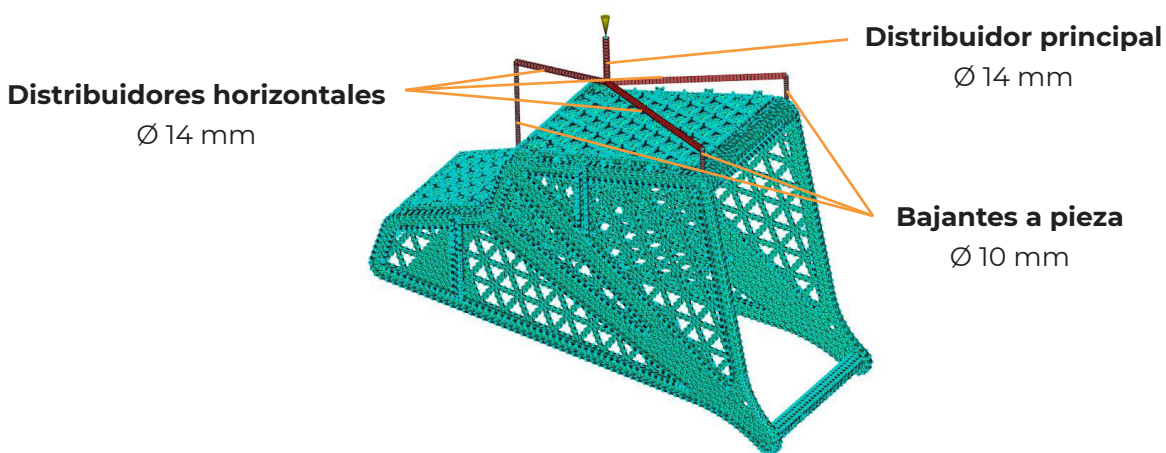


Figura 9.2.3 | Imágen de la cámara caliente sobre el modelo de la cesta

Tras realizar el estudio de inyección con la cámara caliente se obtienen unos resultados de tiempo de llenado mejorados, ya que la cámara ha ayudado a equilibrarlos. En este caso, ya se realiza el cambio a segunda fase con el 98% de la cavidad llena, obteniéndose una presión de inyección de 108 MPa, incluyendo la caída de ésta causada por la cámara caliente.

Una vez realizado este último estudio, se va a **evaluar la compactación**.

Para ello, se ha comenzado con la 2ª fase un poco antes (98% como ya se ha indicado), tiempos de compactación (30 segundos) y enfriamiento (20 segundos) largos, y se compactará al 80% de la presión máxima de llenado, es decir, con 90 MPa (aproximadamente el 85% de la presión máxima de llenado).

Con este planteamiento, se ha obtenido una fuerza de cierre durante el llenado de 1668 Tn, y 2622 Tn durante la compactación. Además, consultando los gráficos de Presión y Peso, se observa que a partir de 31 segundos no se gana peso, por lo que se decide reducir el tiempo de compactación a 25 segundos.

En este momento antes de realizar más ensayos, gracias a los datos de fuerza de cierre obtenidos, se va a elegir **que máquina se va a utilizar**, ya que ésta definirá

cuánta fuerza de cierre es necesaria.

Para ello, se ha realizado una aproximación del tamaño del molde para conocer la distancia entre columnas.

En la imagen siguiente se ve la representación aproximada del tamaño del molde. En el centro se encuentran las dimensiones de la cesta, a las que se le añaden unos **márgenes aproximados de 200 mm** para las guías (color verde y rojo), y las correderas (color amarillo).

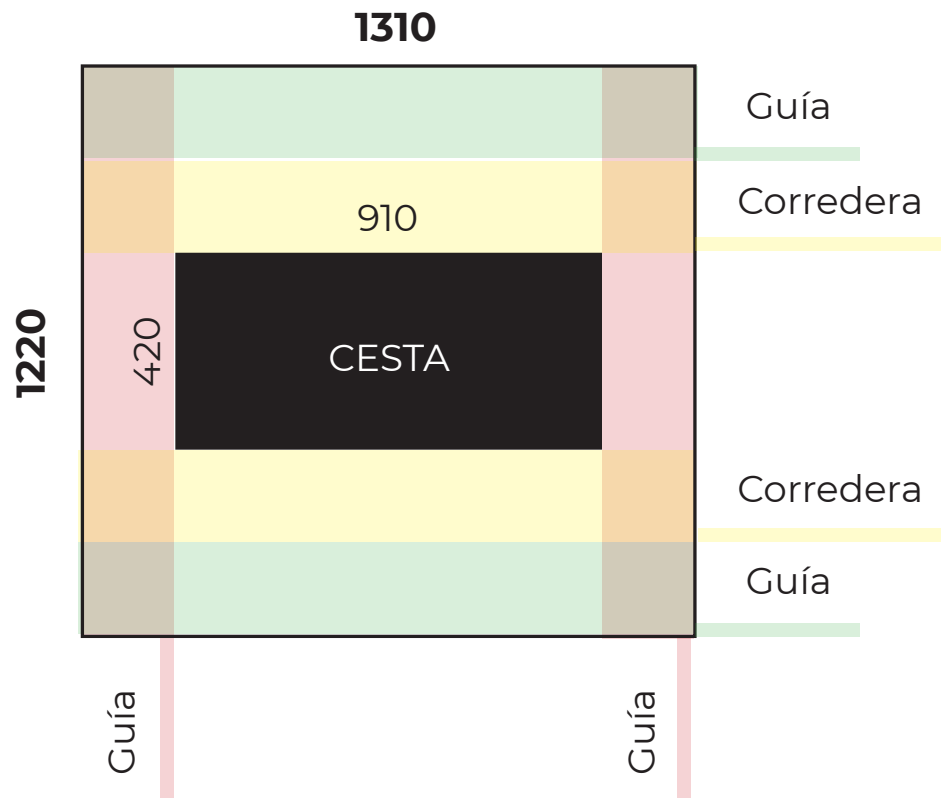


Figura 9.2.4 | Aproximación de las dimensiones del molde para la cesta

A continuación, conociendo que la Fuerza de cierre de llenado es de **1668 Tn**, la Fuerza de compactación es de 2622 Tn y el tamaño del molde es de **1310 x 1220 mm**, hay que buscar una máquina que ejerza mínimo 1668 Tn de Fuerza de cierre, y permita alojar el molde en base a la medida máxima de 1310 mm.

Se han consultado dos catálogos teniendo en cuenta que la distancia entre columnas sea mayor de 1310 mm:

Krauss Meffe	1300 Tn	1500 x 1250 mm
	1600 Tn	1800 x 1400 mm
Eugel	1300 Tn	1530 x 1275 mm
	1500 Tn	1530 x 1275 mm
	1800 Tn	1850 x 1400 mm

Con estas máquinas puede observarse que las de 1300 Tn tienen unas medidas demasiado justas para el tamaño de molde que se necesita. No obstante, las máquinas de 1600 Tn, 1500 Tn y 1800 Tn ya tendrían unas dimensiones suficientes. Lógicamente, habría máquinas con mayor fuerza de cierre y mayor distancia entre columnas, no obstante es preferible seleccionar la más pequeña que cumpla con los requisitos para ahorrar costes de producción.

Una vez visto esto, se va a intentar reducir la **Fuerza de cierre a 2000 Tn**.

Como se ha dicho anteriormente, se va a reducir el tiempo de compactación a 25 segundos, y se propone hacerlo de la siguiente manera (Ensayos 2 y 3):

Ensayos	Tiempo (s)	Presión (MPa)	Fcierre (Tn)
Ensayo 1	30	90 MPa	2622
Ensayo 2	25	3	85 MPa
		7	70 MPa
		15	60 MPa
Ensayo 3	25	3	75 MPa
		7	65 MPa
		15	60 MPa

Figura 9.2.5 | Tabla resumen de ensayos de compactación

Con estos ensayos se ve que con el Caso 3 se consigue bajar de 2000 Tn la fuerza de cierre ya en compactación. La Fuerza de cierre necesaria será de **1949 Tn**. Se destaca en que los 3 ensayos de compactación realizados los desplazamientos debidos a deformaciones han sido de 9 mm, 10.5 mm y 10.5 mm respectivamente (diferencias despreciables entre sí), debidos a que la empuñadura contrae más que las paredes, y provoca que estas se abomben

A continuación, se ha comprobado el tiempo necesario para alcanzar la temperatura de expulsión y, como se puede ver en la siguiente gráfica, el tiempo de proceso es de **50 s**.

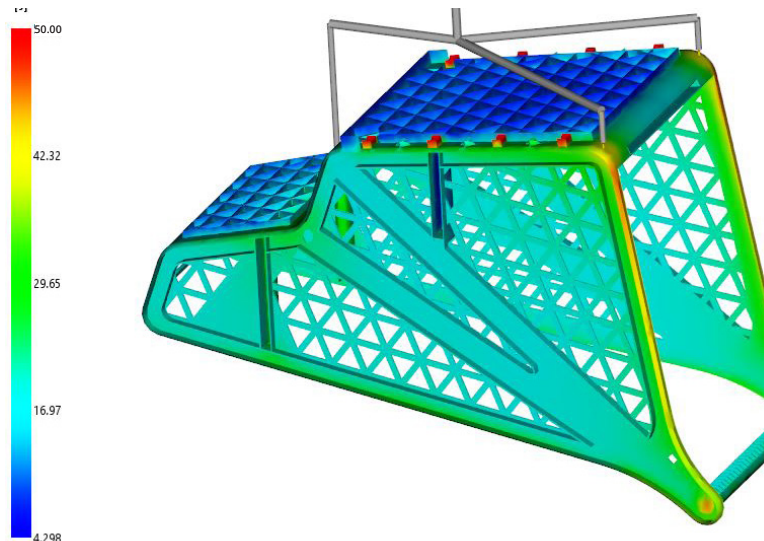


Figura 9.2.6 | Gráfica del tiempo necesario para temperatura de expulsión

Como puede observarse, las zonas dedicadas a la unión con la estructura habría que aligerarlas, ya que actualmente son macizas y eso provoca que el tiempo de enfriamiento se alargue. Obviando esas zonas, se puede comprobar que el tiempo de ciclo es de 50 segundos, por lo tanto:

$$\text{Tiempo de ciclo} = 50 \text{ s}$$

$$50 \text{ s} = \text{Tiempo de inyección} + \text{Tiempo de compactación} + \text{Tiempo de enfriamiento}$$

$$50 \text{ s} = 6 \text{ s} + 20 \text{ s} + \text{Tiempo de enfriamiento}$$

$$\text{Tiempo de enfriamiento} = 24 \text{ s} \sim 25 \text{ s}$$

A este tiempo se le va a añadir unos 10 segundos de manipulación y extracción de la pieza del molde. Con esto, se tiene que el tiempo de proceso es de **65 segundos**.

9.3 Estudio de inyección de las trampillas

Debido a que las trampillas tienen un diseño más sencillo, el estudio de inyección se va a realizar de manera aproximada sin utilizar un software de cálculo.

| Trampilla pequeña

En el caso de la trampilla pequeña, el recorrido de flujo es de **190.5 mm y el espesor de 3 mm**.

Con estos datos, es posible conocer la presión en el molde, lo cuál servirá para conocer la fuerza de cierre.

Para conocer la presión, se va a utilizar la siguiente gráfica:

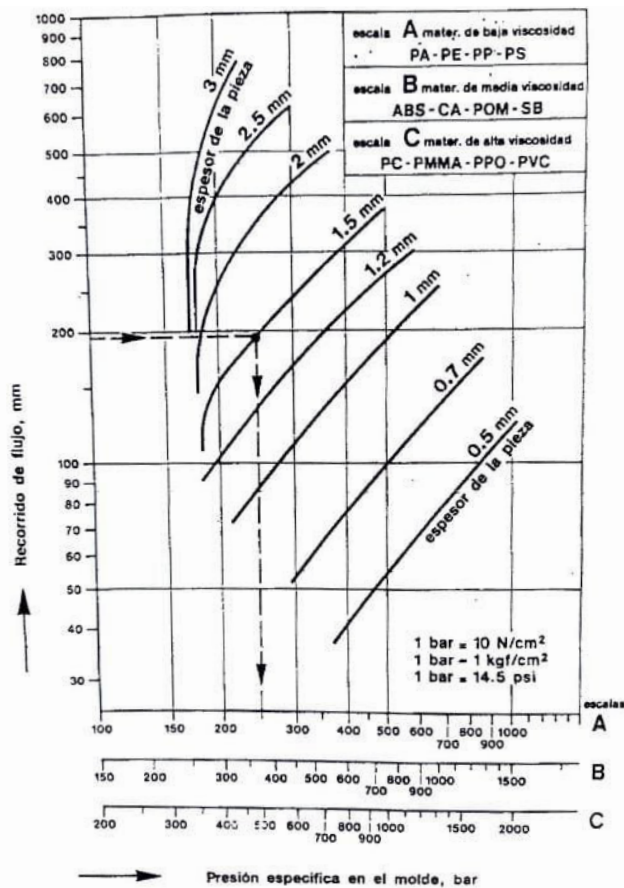


Figura 9.3.1 | Gráfica del tiempo necesario para temperatura de expulsión

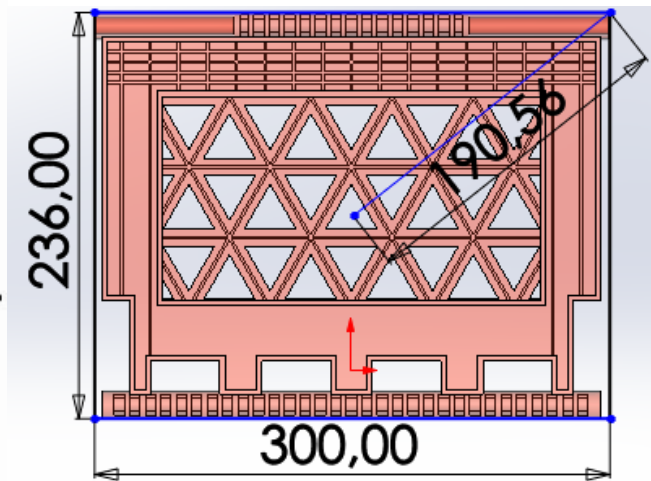


Figura 9.3.2 | Medida de recorrido de flujo en trampilla pequeña

Con esto, se observa que la presión en el molde es de 175 bares.

A continuación, se va a utilizar la siguiente fórmula para conocer la Fuerza de cierre:

$$F_{\text{cierre}} = [A \text{ (cm}^2\text{)} \cdot P \text{ (bar)} \cdot FS] / 1000$$

FS (factor de seguridad) se va a utilizar 2, para tener en cuenta la compactación. Con esta fórmula se obtiene una fuerza de cierre de **250 Tn.**

El tamaño del molde aproximado va a ser las dimensiones de la pieza + 150 mm por cada lado, ya que desmoldea directo. Esto da unas medidas de **386 mm x 450 mm.**

Con estos datos, se ha buscado una máquina inyectora acorde: **KM 250 B1** con una fuerza de cierre de 250 Tn, y distancia entre columnas de 630 x 560 mm en el catálogo de inyectoras de *KraussMaffei*.

| Trampilla grande

En el caso de la trampilla grande, el recorrido de flujo es de **190.5 mm** y el **espesor de 3 mm**.

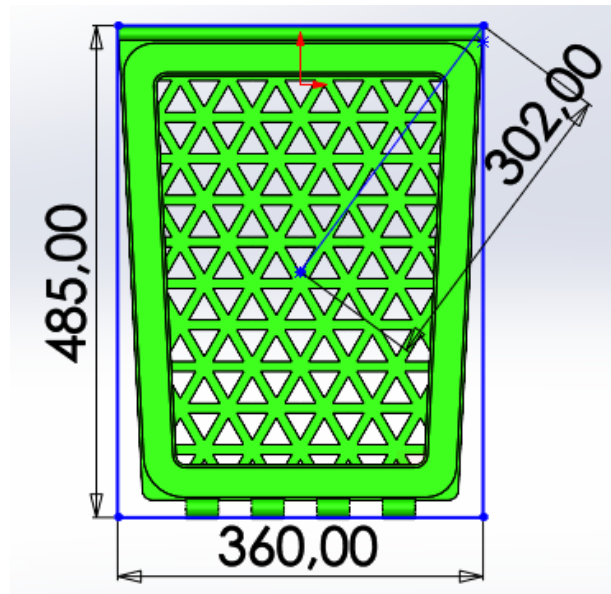


Figura 9.3.3 | Medida de recorrido de flujo en trampilla pequeña

De la misma manera que la trampilla anterior, se obtiene una presión de molde de unos 170 bares. Y, con la fórmula de la fuerza de cierre, se obtiene que es de **595 Tn**. El molde tendrá unas dimensiones aproximadas de **510 x 635 mm**.

Consultando el catálogo de *Engel* se ha encontrado la inyectora **3550/600 DUO** con una fuerza de cierre de 600 Tn y distancia entre columnas de 915 x 860 mm.

De la misma manera que la trampilla anterior, se obtiene una presión de molde de unos 170 bares. Y, con la fórmula de la fuerza de cierre, se obtiene que es de **595 Tn**. El molde tendrá unas dimensiones aproximadas de **510 x 635 mm**.

Una vez se ha calculado la fuerza de cierre de ambas trampillas y seleccionado inyectora, se va a estimar un tiempo de ciclo aproximado igual para los dos elementos. Para ello se han seguido las recomendaciones indicadas en el libro "Diseño y desarrollo de componentes de plástico inyectado II: la pieza" [10]:

<i>Tiempo inyección</i>	2 s
<i>Tiempo compactación</i>	15 s
<i>Tiempo enfriamiento</i>	20s
<i>Tiempo manipulación</i>	10 s
Tiempo total de ciclo	45 s

10 Estudio de costes

10.1 Costes de elementos inyectados

El estudio de costes en cuanto a la propia fabricación de la pieza se divide en costes de materia prima y costes de proceso.

Para completar el cálculo del coste sería necesario estimar precio de utillajes (los tres moldes necesarios) para su amortización, así como costes de manipulación, embalaje, montaje y transporte, que quedan fuera del alcance de este proyecto.

El coste de materia prima depende del peso de la pieza y el precio / Kg del material.

El coste de proceso depende del número de piezas que se pueden producir a la hora, y el precio de máquina por hora.

Para conocer el precio de máquina por hora, se va a utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Precio / hora} = [47 + 0.073 \cdot F_{\text{cierre}} - 4.7 \ln (F_{\text{cierre}})] \cdot f_{\text{máquina}} \quad [11]$$

En la imagen siguiente puede observarse el resumen del cálculo de costes de cada elemento. Para verlo desglosado, consultar **Anexo 11.1**.

Cesto	Coste materia prima	Coste de proceso	Coste fabricación / pieza (€)
	Coste / pieza (€)	Coste / pieza (€)	8.54
	5.76	2.77	
Trampilla pequeña	Coste materia prima	Coste de proceso	Coste total / pieza (€)
	Coste / pieza (€)	Coste / pieza (€)	1.02
	0.53	0.49	
Trampilla grande	Coste materia prima	Coste de proceso	Coste total / pieza (€)
	Coste / pieza (€)	Coste / pieza (€)	1.74
	0.98	0.76	
Carro inyectado	Coste fabricación / unidad (€)		
	11.30		

Figura 10.1.1 | Resumen cálculo de costes de elementos inyectados

10.2 Costes de amortización de moldes

10.2.1 Amortización de molde cesta

Conociendo la información del apartado anterior, se va a calcular aproximadamente cual sería la amortización necesaria para el cesto, ya que es el elemento más costoso.

En el **Apartado 5.3** de la Memoria, se aproximó un coste de molde para carro discapacitado sin patas de 150 000 € y una producción del mismo de 4 000 unidades, y de carro pequeño de 58 000 unidades anuales. Ya que con este diseño se unifican estos dos tipos, se va a estimar una producción anual de 62 000 unidades, por lo tanto:

$$150.000 / 62.000 = 2'42 \text{ € de amortización / cesta}$$

Cabe destacar estos 2,42 € de amortización frente a los 37,5 € de amortización estimados si el diseño hubiera sido únicamente para personas con discapacidad.

10.2.2 Amortización de moldes trampillas

Para realizar el cálculo de amortización de las trampillas se van a utilizar un precio de molde estimado gracias a ayuda del TIIP.

Para la trampilla grande se estima un precio de molde de 35 000 €.

$$35.000 / 62.000 = 0'5 \text{ € de amortización / trampilla grande}$$

Y, para la trampilla pequeña, 25 000 €.

$$25.000 / 62.000 = 0'4 \text{ € de amortización / trampilla pequeña}$$

10.3 Costes de estructura metálica

Para aproximar un coste de la estructura metálica se ha tratado de buscar el precio de tubos con las dimensiones necesarias. No obstante no ha sido posible encontrar catálogos donde directamente se indicara el precio.

Así que se va a realizar un cálculo estimado teniendo en cuenta el peso de la pieza y el coste / Kg del material (AISI 430). Consultar **Anexo 11.2**.

Estructura	Coste materia prima				
	Volúmen (L)	Densidad (Kg / L)	Peso (Kg)	Precio (€ / Kg)	Coste / pieza (€)
	0,489	7,850	3,839	3,19	12,25

Figura 10.3.1 | Cálculo de costes de estructura metálica

No ha sido posible encontrar quien hiciera un presupuesto de esta estructura al tratarse de un trabajo docente, por lo que se ha estimado un precio de fabricación equivalente al de la material prima, otros 12 €, dejando la estructura en aproximadamente **25 €**.

10.4 Costes de elementos comerciales

Para la fabricación del carro se van a necesitar una serie de elementos comerciales, de los cuáles se han encontrado precios *online* de las ruedas.

| Ruedas

En el Apartado 2.1 de la Memoria se indicó que las ruedas más comunes de 125 mm son de la marca Wanzl. No obstante, al no disponer del precio en los catálogos *online* se va a seleccionar unas similares para estimar el precio. En concreto de la marca WilTec, los cuales comercializan unas ruedas de 125 mm por **6.95€ / ud.** (**Anexo 11.3**).

| Enganches

Los enganches para unir la silla de ruedas al carro son comerciales, y se ha estimado un precio orientativo de **10 €** por el par de enganches.

10.5 Costes de ingeniería

Para estimar unos costes de ingeniería y desarrollo del proyecto se van a tener en cuenta las horas dedicadas al desarrollo de este TFG con un precio / hora orientativo de 25€/h.

Ingeniería y desarrollo del proyecto	Coste materia prima				
	Créditos ECTS	Tiempo equivalente (h / ECTS)	Tiempo dedicado (h)	Precio (€ / h)	Coste (€)
	12	25	300	25	7500

Figura 10.4.1 | Cálculo de costes de ingeniería y desarrollo

Como se ha estimado una producción anual de 62 000 unidades. Si se dividen estos costes para el número de unidades anuales, para amortizar el gasto habría que sumar a cada una **0.12 €** debido a costes de ingeniería

10.6 Costes

Como se ha indicado anteriormente, sin tener en cuenta costes como manipulación, embalaje, montaje y transporte, que quedan fuera del alcance de este proyecto, se ha estimado un coste para este producto de **77.54 €**

Costes de fabricación (€)	HDPE	Cesta	8,54
		Trampilla grande	1,74
		Trampilla pequeña	1,02
	AISI 430	Estructura	25
Amortización moldes (€)		Molde cesta	2,42
		Molde trampilla grande	0,5
		Molde trampilla pequeña	0,4
Elementos comerciales (€)		Enganches x 2	10
		Ruedas x 4	27,8
Ingeniería y desarrollo del proyecto (€)			0,12
TOTAL (€)			77,54

Figura 10.5.1 | Cálculo de costes final

11 Conclusiones

11.1 Conclusiones de modelado y diseño

Un factor determinante de este proyecto fue el diseño estético y funcional del carro, ya que debía permitir ser usado por un usuario de pie y por uno sentado en silla de ruedas.

El sistema de transformación del carro entre sus dos modos (carro - cesta y adaptado) ha sido diseñado de manera que se pueda unificar con un único producto dos grandes grupos de usuarios, con y sin discapacidad. Este sistema utiliza dos trampillas incorporadas en el carro de manera que se reduce la profundidad del mismo y se re-orienta.

Esto ha provocado tener que diseñar las trampillas para que puedan soportar el peso de la compra asociada al modo adaptado, así como los topes donde estos elementos tendran que apoyar.

El diseño cumple con las EDP's planteadas, ya que el modo carro - cesta tiene capacidad de 100 L y el modo adaptado de 53 L.

11.2 Conclusiones de ensayos FEM

Para que el producto sea viable y seguro se han realizado ensayos resistentes para verificar que el carro en sus dos modos soporta la carga.

Para ello se han seguido indicaciones de la normativa *UNE-EN 1929-1:1998* donde se indica que la densidad de la carga es de 1 g / dm^3 y se ha de usar un coeficiente de seguridad de 1.5.

Se han realizado las modificaciones necesarias para que tanto los elementos de plástico como los de acero tengan unas tensiones y desplazamientos razonables.

11.3 Conclusiones de ensayos inyección

En el estudio de inyección se ha hecho especial énfasis en el elemento del cesto, ya que es el más grande e importante. Para él, tras probar diferentes alternativas respecto a número y posición de los puntos de inyección, se ha decidido realizar la inyección con 3 puntos colocados de manera que el llenado es lo más homogéneo posible. De esta manera, se ha calculado la fuerza de cierre necesaria, lo que ha servido para seleccionar una inyectora de 2 000 Tn. Con el tamaño de pieza se ha estimado el tamaño de molde y se ha corroborado que este cabe en la máquina seleccionada.

11.4 Conclusiones generales

Se llega finalmente a un carro versátil, con un peso de unos 12 kg, que facilita el uso tanto al usuario convencional como al con discapacidad. Su precio estará en torno a 78 €, que se podría incrementar en torno a un 20% para contemplar transporte, montaje y distribución (93 €).

Se considera que el diseño del carro es atractivo, innovador e intuitivo, técnicamente viable para fabricación por inyección, y resistente para la carga que se le aplica.

12 Líneas futuras

12.1 Líneas futuras de desarrollo

Durante el desarrollo de este TFG se han destacado diferentes aspectos que han resultado ser inabarcables en este proyecto, pero se consideran interesantes para trabajar en futuras líneas de desarrollo.

| **Diseño y desarrollo de la estructura enteramente de plástico** formando así una única pieza junto al cesto y evitando tener que realizar una fase de montaje así como abaratar el coste de la materia prima, ya que el plástico es mucho más barato que el acero. Además, mejoraría la estética haciéndola más uniforme y atractiva.

| **Desarrollo de la zona de anclaje para sillas de ruedas** permitiendo que sea abatible para así mejorar el apilado en el súpermercado. Actualmente se ha planteado una solución que permita su viabilidad, pero podría ser mejorada y desarrollada.

| **Diseño y desarrollo del sistema de sujeción para la silla de ruedas**, ya que en este TFG se ha optado por utilizar uno comercial, y podría mejorarse a nivel ergonómico y funcional, pudiendo tener en cuenta a usuarios con diversidad funcional que tengan dificultades en el agarre, presas palmares, disminución de fuerza u otras afecciones restrictivas del movimiento.

13 Renders



Figura 13.1 | Render generales del carro (izda. modo carro - cesta / dcha. modo adaptado)

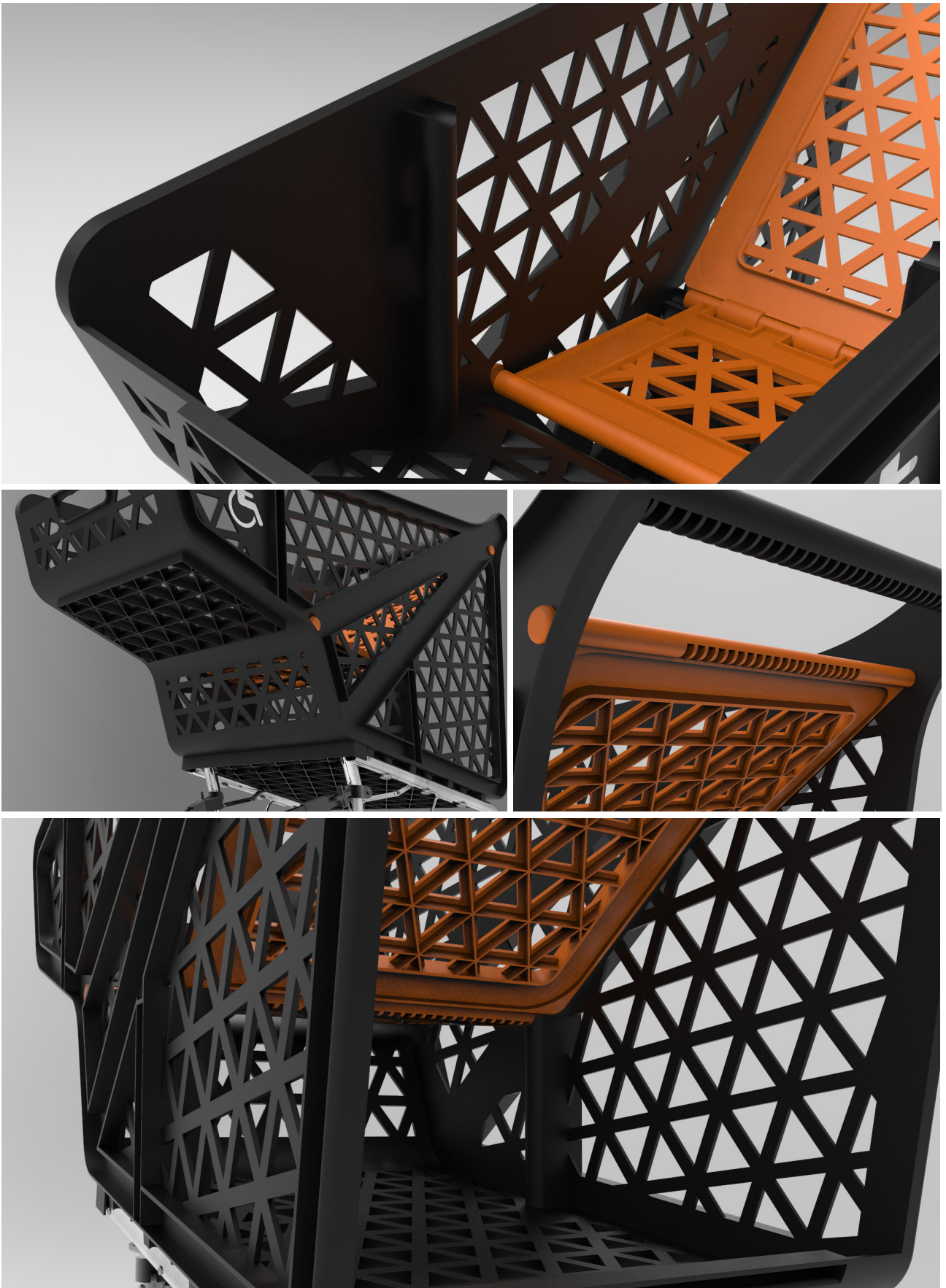


Figura 13.2 | Render detalle modo adaptado

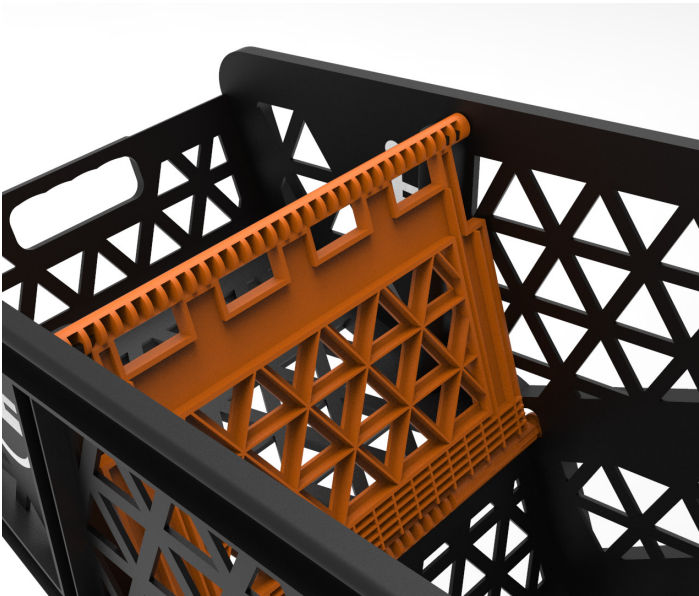


Figura 13.3 | Render detalle modo carro - cesta



Figura 13.4 | Render detalle estructura metálica y apilado.

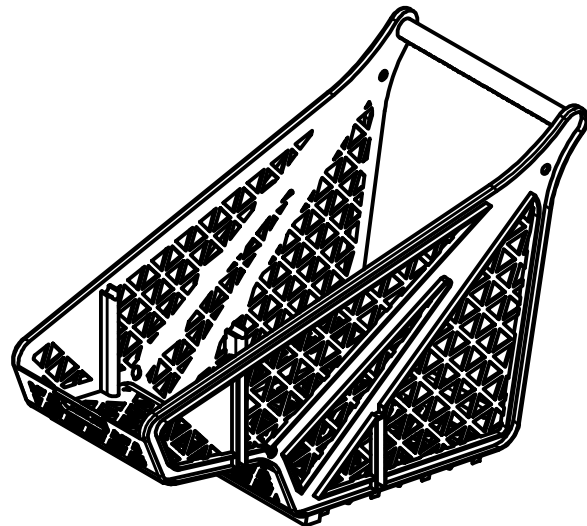
14 Planos

1

2

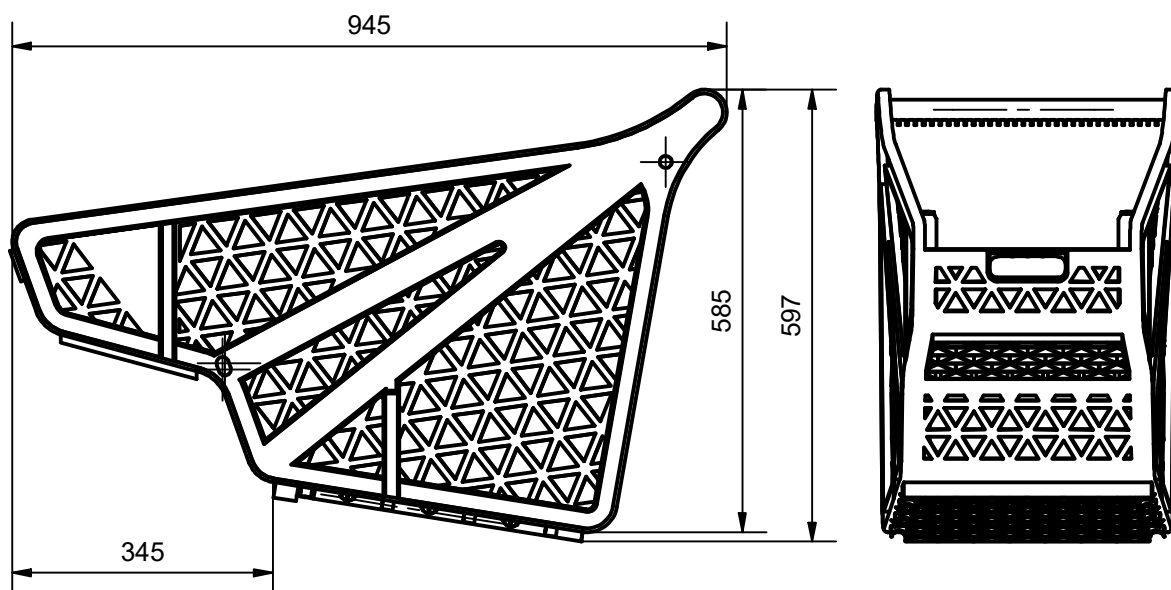
3

4



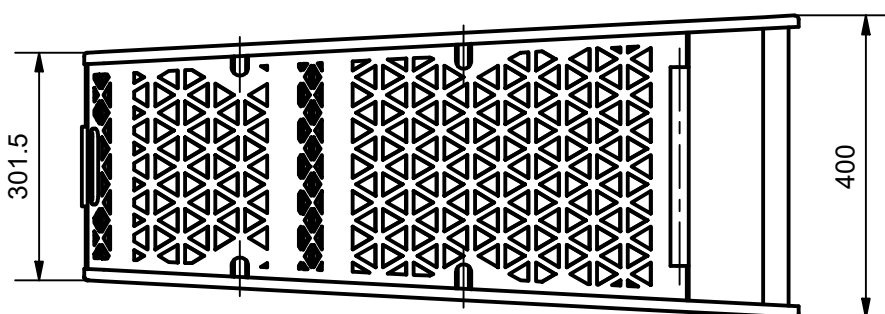
A

B



C

D



E

NOTAS

| Espesor: 3 mm
| Material: HDPE

F

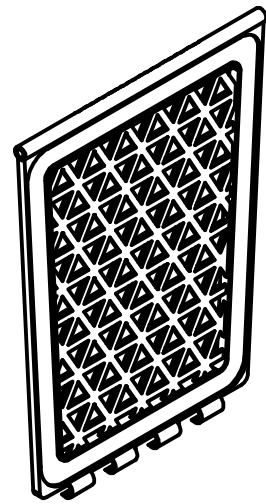
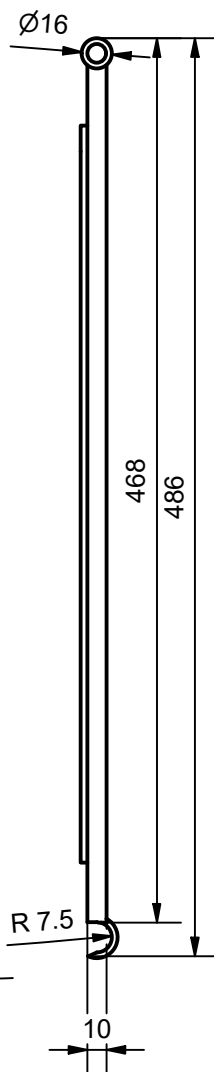
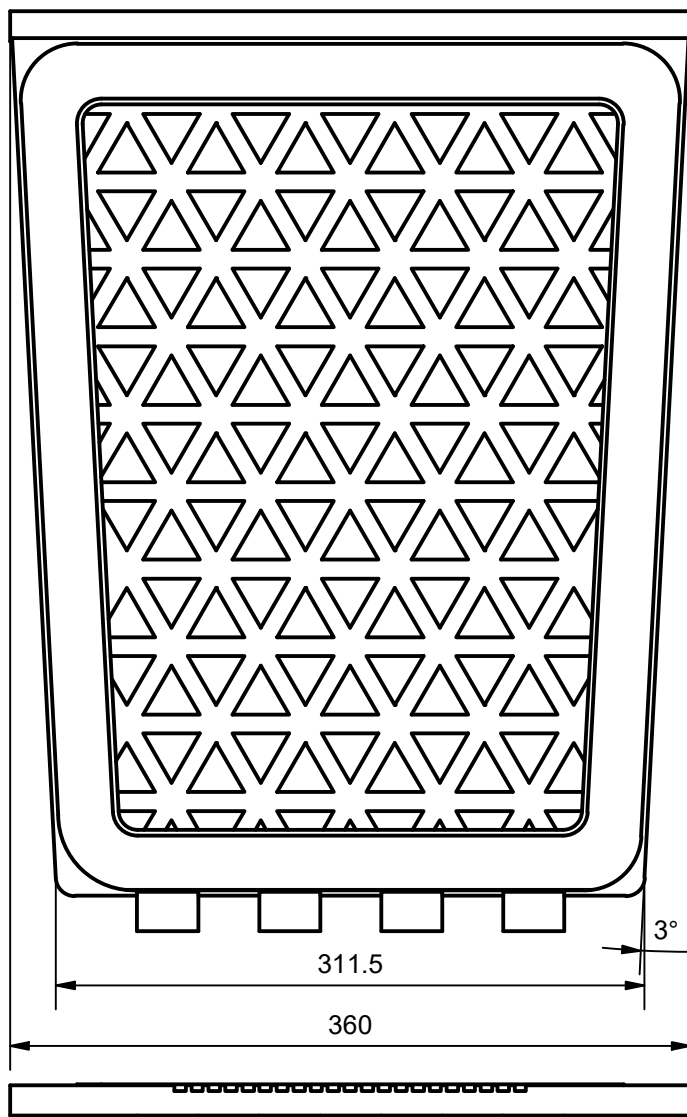
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA
Dibujado:	08/06/2021	Cristian Ricón		
Comprobado:				
Escala: 1 : 10	Título: Cesto			NIA:
	Proyecto: TFG: Diseño y desarrollo carro supermercado personas discapacidad plástico			Curso: 4º Grado de Diseño Industrial
				Nº Plano:

1

2

3

4



A

B

C

D

E

F

NOTAS

| Espesor: 3 mm
| Material: HDPE

	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA
Dibujado:	08/06/2021	Cristian Ricón		
Comprobado:				
Escala: 1 : 4	Título: Trampilla grande			NIA:
	Proyecto: TFG: Diseño y desarrollo carro supermercado personas discapacidad plástico			Curso: 4º Grado de Diseño Industrial
				Nº Plano:

1

2

3

4

A

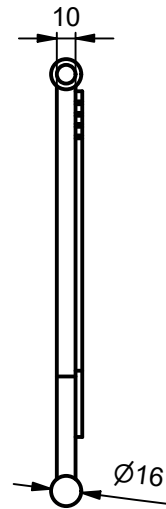
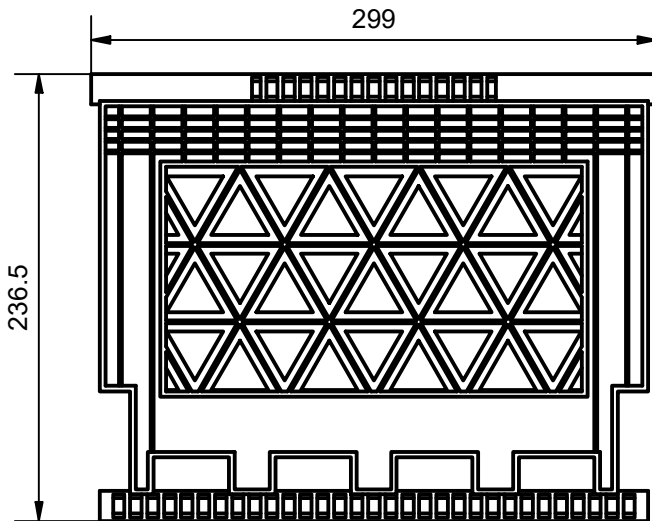
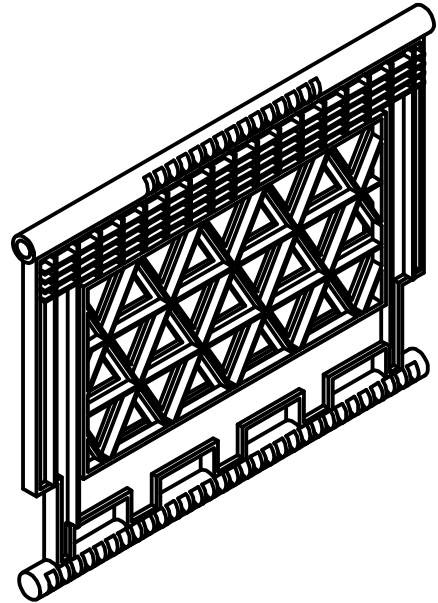
B

C

D

E

F



NOTAS

- | Espesor: 3 mm
- | Material: HDPE

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA
Dibujado:	08/06/2021	Cristian Ricón		
Comprobado:				
Escala: 1 : 4	Título: Trampilla pequeña			NIA:
	Proyecto: TFG: Diseño y desarrollo carro supermercado personas discapacidad plástico			Curso: 4º Grado de Diseño Industrial
				Nº Plano:

1

2

3

4

A

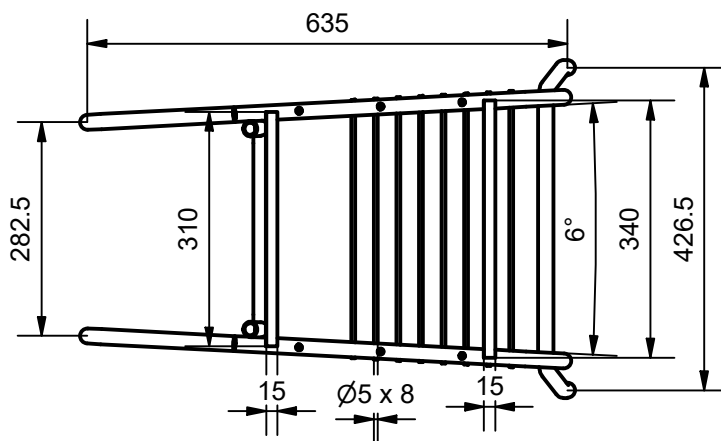
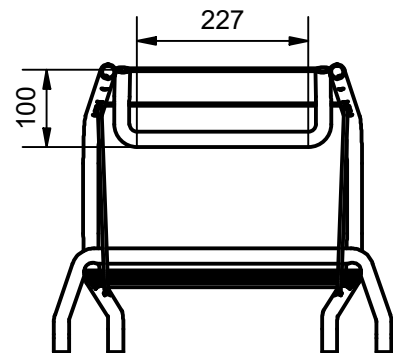
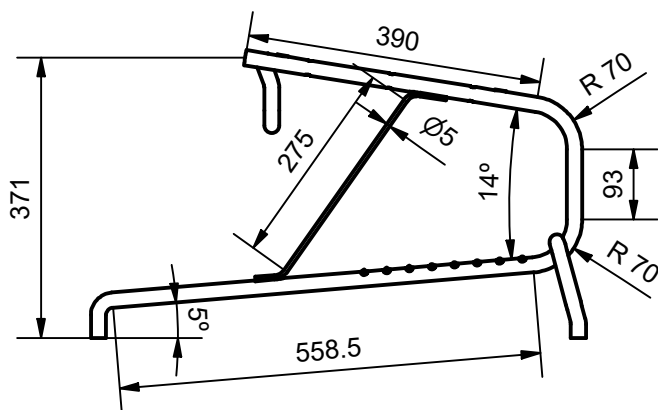
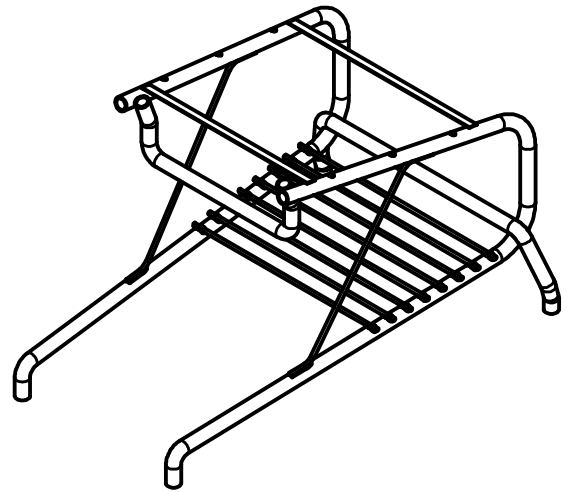
B

C

D

E

F



NOTAS

- | Diámetro del tubo: 20 mm
- | Espesor del tubo: 2 mm
- | Espesor tubo macizo refuerzo: 5 mm
- | Material: Acero Inoxidable (AISI 430)

	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA
Dibujado:	08/06/2021	Cristian Ricón		
Comprobado:				
Escala: 1 : 10	Título: Estructura acero			NIA:
	Proyecto: TFG: Diseño y desarrollo carro supermercado personas discapacidad plástico			Curso: 4º Grado de Diseño Industrial
				Nº Plano:

15 Bibliografía de Memoria

Referencias de textos

- [1] <https://www.sidaciberia.com/carros-de-supermercado.html>
(15/02/2021)
- [2] <https://www.aenor.com/certificacion/certificacion-de-producto/marca-n/otros-productos-y-equipos/carros-compra-usuarios-supermercado-hipermercado>
(19/02/2021)
- [3] <https://fadiplast.com/inyeccion-de-plastico/#PI%C3%A1sticos> .
(22/02/2021)
- [4] Castany, J., Martínez, A. y Aísa, J. (2013). *Diseño y Desarrollo de componentes de plástico inyectados (I): el material*. Pressas de la Universidad de Zaragoza.
- [5] <http://www.ergonomos.es/ergonomia.php>
(01/03/2021)
- [6] <http://www.semec.org.mx/archivos/6-22.pdf>
(01/03/2021)
- [7] Datasheet modelo P100 de Polycart - <https://www.polycartgroup.com/es/serie-p/p10>
(05/03/2021)
- [8] <https://www.polycartgroup.com/es>
(05/03/2021)
- [9] Catálogo completo Wanzl - https://www.wanzl.com/ru_RU/produkty/pokupatelskaja-telezhka/pokupatelskaja-telezhka-dlja-tekh-kto-peredvigaetsja-v-kreslakh-koljaskakh/ .
(05/03/2021)
- [10] Castany, J., Martínez, A. y Aísa, J. (2014). *Diseño y Desarrollo de componentes de plástico inyectados (II): la pieza*. Pressas de la Universidad de Zaragoza.
- [11] Injection Mold Design Engineering (David O. KAZMER, Ed. Hanser)

Referencias de imágenes

- [F1] <https://grupofort.com.pe/producto/carritode-supermercado-gf09/>
(19/02/2021)
- [F2] <https://www.industic.es/prod/carro-compra-dicapacitados-carttec-1586>
(19/02/2021)
- [F3] <https://br.freepik.com/fotos-vectores-gratis/carrinho-de-compras>
(22/02/2021)
- [F4] Castany, J., Martínez, A. y Aísa, J. (2013). *Diseño y Desarrollo de componentes de plástico inyectados (I): el material*. Prensas de la Universidad de Zaragoza.
- [F5] <http://www.semec.org.mx/archivos/6-22.pdf>
(01/03/2021)
- [F6] Villaécija. R. Hacer la compra desde una silla de ruedas. El Mundo. <https://www.elmundo.es/economia/2016/05/12/572b4ea122601d7f358b45ea.html>
(05/03/2021)
- [F7] <https://www.globalsources.com/Shopping-cart/Plastic-shopping-trolley-supermarket-cart-1149164812p.htm>
(26/03/2021)
- [F8] <https://filstorage.com/collections/supermarket-trolleys>
(26/03/2021)