



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de  
Producto**

# **Diseño de cockpit para simulador de conducción de competición**

**Autor:**

**Juarros Izquierdo, Álvaro**

**Tutor:**

**Prádanos del Pico, Roberto**

**Departamento:**

**CMeIM, EGI, ICGF, IM e IPF Expresión  
Gráfica en la Ingeniería**

**Valladolid, Enero, 2022**



## **Agradecimientos**

Agradecer a mi familia por su apoyo incondicional y creer en mi esfuerzo y dedicación. Gracias por hacer todo porque yo este lo más cómodo posible.

A mi pareja por creer en mí y apoyarme incondicionalmente cada segundo.

También recordar a mis amigos que me han acompañado durante todo este camino que es la carrera.

Finalmente agradecer a mi tutor Roberto Prádanos del Pico por guiarme de la mejor manera posible en este TFG.



## Resumen y palabras clave

En este proyecto se diseña un cockpit de simracing.

Se analizará el mercado, se diseñará una estética adecuada, se hará un análisis de la ergonomía para conseguir la mejor posición de conducción y se aplicará una estructura con la suficiente solidez para cumplir los requerimientos del hardware que se usa en esta disciplina.

**Cockpit:** dentro del contexto del simracing se entiende como la estructura que soportara nuestro volante de simulación, pedalera y asiento.

**Simracing:** (Simulated Racing) define la competición en simuladores, podríamos traducirlo como automovilismo virtual, siendo lo mismo que hacen los pilotos reales, pero en el mundo virtual. ¿Qué ventajas tiene? Pues que no tienes que hacer frente a numerosas facturas de ruedas, gasolina, alquiler de circuito y mejor aún, desperfectos y daños personales si tienes algún accidente.[1]

**Ergonomía:** Conjunto de conocimientos de carácter multidisciplinar aplicados para la adecuación de los productos, sistemas y entornos artificiales a las necesidades, limitaciones y características de sus usuarios, optimizando la eficacia, seguridad y bienestar.[2]



## ÍNDICE

1. Prólogo	11
2. Introducción	14
2.1 Objeto y justificación	15
2.2 Alcance	16
3. Estado del arte	17
4. Estudio mercado	20
5. Condicionantes del diseño	23
6. Alternativas de diseño	25
6.1 Patentes de interés	26
6.2 Diseño definitivo	27
7. Descripción del proyecto	28
7.1 Embellecedores	29
7.2 Estructura	30
7.3 Asiento	31
7.4 Ajuste y adaptabilidad	32
7.5 Compatibilidad	34
8. Ergonomía	35
9. Materiales	38
10. Cálculos	40
10.1. Resistencia estructura a las fuerzas aplicadas	40
11. Proceso de fabricación	45
12. Presupuestos	47
13. Conclusiones	49
14. Bibliografía	51

## ANEJOS

### 15. Planos







## 1. Prólogo

El objetivo de este proyecto es el desarrollo de un cockpit de simulación de conducción que cumpla con los siguientes objetivos:

- Adaptabilidad para conseguir una posición óptima de conducción en diferentes sujetos.
- Compatibilidad diferentes hardware de simulación (volantes de simulación, pedales...).
- Ergonomía cuidada para conseguir la comodidad necesaria durante el uso intensivo.
- Desarrollo de una estructura sólida para conseguir mayor rendimiento en el desarrollo de la actividad (evitar vibraciones y torsiones ejercidas por el hardware afecten a la estructura)
- Desarrollo estética atractiva para el público objetivo.

Aunque para comprender en profundidad el carácter del proyecto hemos de tener en cuenta el contexto en que este se desarrolla.

Vivimos en un mundo tecnológico en el que todo tiende a la digitalización, gracias a ello se ha conseguido acceso a multitud de información, de formación y actividades a las que una buena parte de la población nunca hubiera tenido acceso.

En el área de la ingeniería uno de los grandes avances son los entornos virtuales de simulación, donde se simulan condiciones reales y se pueden obtener datos del funcionamiento de prototipos sin la necesidad de fabricarlos y tener que hacer costosas pruebas.

Estos entornos de simulación junto al hardware adecuado, tienen un importante papel en formación donde a día de hoy se puede aprender a pilotar un avión, pilotar un coche, aprender a programar robots, gestionar una planta de producción... Y todo ello en un entorno seguro donde no existen las consecuencias que podría acarrear un error en la vida real.

En este contexto, nos centraremos en el mundo de los coches y el simRacing.

Durante generaciones el sueño de convertirse en un piloto de carreras ha estado presente, pero solo al alcance de unos pocos privilegiados.

A día de hoy gracias al simracing ese sueño está al alcance de cualquiera.

El simracing viene de los videojuegos/recreativas de carreras coches que nacieron hace ya unas décadas, este mundillo sufrió una gran evolución gracias al desarrollo del software y el hardware, pasando de videojuegos poco realistas (destinados al entretenimiento y a un público más infantil) a software y hardware tan desarrollados y que reproducen las condiciones y sensaciones reales de manera tan fiel que todos los equipos de F1 (y todas las demás categorías) prueban durante horas las diferentes configuraciones de los coches en estos simuladores. Los pilotos entrenan y memorizan los trazados en estos “videojuegos”.

Tanta es la importancia y la confianza en estos softwares de simulación que no es raro ver a pilotos virtuales dar el salto a las carreras reales.

Entrar en el mundo de las carreras es muy sencillo basta con hacerse con uno de estos softwares de simulación que las empresas venden a modo de videojuego (Rfactor2, assetto corsa, gtsport...) y el hardware adecuado. En cuanto al hardware existen volantes y pedaleras que simulan las de un coche real, y a través de motores son capaces de transmitir a través del aro cada imperfección del terreno, la fuerza de giro en función de la curva, el trabajo de las suspensiones, las frenadas... y todo aquello que suceda en vehículo.

Destacar la multitud de categorías y campeonatos on-line de gran nivel que dotan a las carreras virtuales de un gran reconocimiento, estando muchos campeonatos regulados por la FIA.



[3]

## 2. Introducción

Como para cualquier deporte existen numerosos equipamientos necesarios, en este caso uno de los más recomendables es el cockpit; una estructura sólida con un asiento donde se ancla el hardware que usaras, en el que pasaras horas practicando.

Este cockpit será el objeto que se diseñará en este proyecto.



## 2.1 Objeto y justificación

El cockpit es uno de los elementos más importantes a la hora de disfrutar de una buena experiencia, ya que los volantes ejercen unas fuerzas nada despreciables que según los diferentes modelos varían entre 5-25 N/m por ello la necesidad de una estructura solida capaz de soportar estas fuerzas sin holguras ni vibraciones. Además, hemos de tener en cuenta que una correcta posición de conducción es necesario no solo porque mejorara nuestro rendimiento, sino porque pasaremos horas y horas practicando y compitiendo y la posición ha de ser la adecuada para no sufrir lesiones ni incomodidades, la ergonomía del asiento y la posición han de estar bien cuidadas.

El mundo de las carreras es un mundo pasional por ello tampoco podemos despreciar la estética, debemos de cuidar el diseño y dar un aspecto acorde a nuestro mercado.

### FULLY ADJUSTABLE



## **2.2 Alcance**

En este proyecto diseñara la estructura del cockpit de manera que esta se capaz de aguantar los esfuerzos, la posición mediante uso de tablas ergonómicas, adaptabilidad a personas de diferentes alturas y complexiones, y compatibilidad con diferentes hardware (volantes y pedaleras) del mercado.

Se diseñará la estructura, elección del material y se dotará a de la estética adecuada al producto.

### 3. Estado del arte

Para el estudio de estado del arte tomaremos como referencia productos existentes, prototipos y patentes que representan de mejor forma el ideal estético de este tipo de productos. También tomaremos como referencia la estética referente al mundo del automóvil.

Es muy común que fabricantes de automóviles con historia y tradición en el mundo de las carreras se acerquen a este mundillo del automovilismo virtual y presenten modelos de simuladores y cockpits, muchas veces se quedan en meras ideas o prototipos, o tan solo son usados para eventos o como material de entrenamiento de la escuela/equipo de pilotos de la propia marca.

Así es el caso de Aston Martín y Porsche, ambos siguen una línea de diseño similar en la que reflejan la estética de sus automóviles en estos cockpits, visible sobre todo en el de Aston Martin haciendo reconocible la marca por las líneas de tensión y formas que son comunes al diseño de sus automóviles. [4]





En el caso de Porsche apuesta por un diseño más funcional, ya que estos prototipos son solo usados en su escuela de pilotos y eventos de la marca. Para hacer ver su marca apuesta aplicar los colores de su equipo de carreras



Otras muchas escuderías y marcas de automóviles han visto un mercado lucrativo en este mundillo y se dedican a licenciar productos fabricados por marcas como playseat. Y aunque sean el mismo producto con diferentes colores debemos prestar atención a sus formas fluidas buscando una sensación de continuidad y dinamismo, intentando conseguir en el usuario una sensación de reposo y abrazo por parte de la estructura



Podemos observar cómo en todos los casos en estos simuladores la estética se basa en hacer constantes guiños al mundo del automóvil, uso de asientos que recuerdan o son a buckets de competición y dotando de una estética ligada siempre al mundo de las carreras, colores, logos y formas.



De hecho, podemos observar cómo incluso sin usar asientos que imiten a los de competición tan solo haciendo una básica abstracción de su forma y dotándolo de la estética adecuada (color, logotipos...) podemos crear un producto reconocible y que encaja perfectamente en los parámetros esperados.



## 4. Estudio de mercado

En cuanto a los productos existentes en este mercado los podemos dividir tanto por tipología y prestaciones, como por precio. Lo más apropiado por el carácter de este proyecto será analizarlo por tipo.

### Estructura soporte básica

Mucho mas compactos, aunque para hacerlos funcionales los debemos completar con nuestra silla de escritorio, sofá, butaca...

Va dirigido a un publico que se esta iniciando y no puede permitirse ni económicamente ni por espacio un cockpit de grandes prestaciones.



## Estructura completa

Ya sean rígidas o plegables implica un salto en prestaciones ,se incluye un asiento y la estructura es capaz de soportar mejor las fuerzas y vibraciones, sin deslizar ni flexar en exceso.

Hemos de diferenciar entre las plegables y las rígidas ya que estas últimas implican tener que dedicar un espacio en exclusiva para nuestro simulador aunque no lo estemos usando.



## Modular y de alto rendimiento

Fabricadas normalmente en perfiles de aluminio, ofrecen un gran rendimiento pudiendo soportar los volantes de simulación más potentes del mercado, a la vez que ofrecen multitud de opciones de personalización.

Precios elevados y destinados al mundo competitivo.



## Estructura simulación realista

Extremadamente costosas, fabricadas de forma artesanal desde el volante, la estructura, el asiento... Son prácticamente chasis de vehículos modificados para la realización de un simulador. Ofrecen un alto nivel de inmersión.



## **5. Condicionantes del diseño**

Antes de diseñar el producto tenemos que tener una serie de requisitos que condicionaran en gran medida el diseño, ya que son estos condicionantes los que conseguirán que nuestro diseño no se desvíe de su propósito original, siendo capaz de cumplir a la perfección con su función.

Los requisitos los podríamos dividir en cuatro tipos, los de carácter estructural, ergonómicos, adaptabilidad y estéticos.

### **Requisitos estructurales**

Capacidad para soportar vibraciones

Soportar esfuerzos torsionales de entre 5/25 N/m

Soportar estos esfuerzos manteniendo su integridad, sin flexar, manteniéndose rígido y estable en todo momento.

### **Requisitos ergonómicos**

Correcta posición de conducción, esta disciplina exige muchas horas de uso del producto.

Comodidad

Libertad de movimiento de brazos y piernas

Capacidad de adaptarse a diferentes complejiones y estaturas (ajuste pedalera y asiento)

Posición que permita ejecutar las fuerzas de forma correcta

### **Requisitos de versatilidad**

Compatibilidad con las diferentes bases y pedaleras del mercado

adaptabilidad de periféricos mediante partes modulares, palanca de cambios, pantalla, ratón, teclado...

### **Requisitos estéticos**

Es un producto que pese a la importancia de los requisitos funcionales una buena estética puede marcar la diferencia y es necesario que se adapte al cliente tipo y sus gustos

En este caso el producto ha de tener una estética cuidada y elegante a la par que encajar y transmitir su relación con el mundo del motor.

## 6. Alternativas de diseño

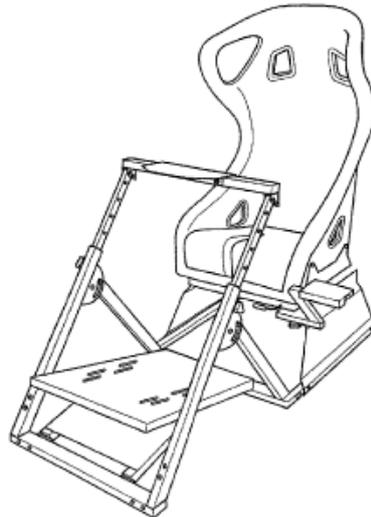
### 6.1. Patentes de interés

Pese a la gran cantidad de patentes disponibles al respecto, con soluciones de mayor o menor rendimiento (hemos podido encontrar desde anclajes a nuestra propia silla de oficina hasta simuladores de movimiento), quiz.as la idea que mas se adapta a lo que buscamos es la patente US D701,917S.



US00D701917S

<p>(12) <b>United States Design Patent</b> <b>Ghahramanian</b></p>	<p>(10) <b>Patent No.:</b>       <b>US D701,917 S</b> (45) <b>Date of Patent:</b>   <b>** Apr. 1, 2014</b></p>																																				
<p>(54) <b>GAMING SIMULATOR FRAME AND SEAT</b></p> <p>(75) Inventor: <b>Hessam Ghahramanian, Benowa (AU)</b></p> <p>(73) Assignee: <b>Pagnian Imports Pty Ltd, Queensland (AU)</b></p> <p>(**) Term:   <b>14 Years</b></p> <p>(21) Appl. No.: <b>29/426,183</b></p> <p>(22) Filed:   <b>Jul. 2, 2012</b></p> <p>(51) <b>LOC (10) CL</b> ..... <b>21-01</b></p> <p>(52) <b>U.S. CL</b> ..... <b>D21/326; D21/333</b></p> <p>USPC ..... <b>D21/326; D21/333</b></p> <p>(58) <b>Field of Classification Search</b> USPC ..... D21/325, 329, 333, 369-371, 385; 273/148 B, 138.1; 463/1, 16-21, 25, 463/42, 46, 47</p> <p>See application file for complete search history.</p> <p>(56)       <b>References Cited</b>  U.S. PATENT DOCUMENTS</p> <p>5,054,771 A * 10/1991 Mansfield ..... 463/36 5,437,453 A * 8/1995 Hineman ..... 463/38 D384,705 S * 10/1997 Muraki et al. .... D21/326 D392,688 S * 3/1998 Isetani et al. .... D21/326</p>	<table border="0"> <tr> <td>5,911,634 A *</td> <td>6/1999</td> <td>Nidata et al. ....</td> <td>472/59</td> </tr> <tr> <td>6,083,106 A *</td> <td>7/2000</td> <td>McDowell .....</td> <td>463/46</td> </tr> <tr> <td>6,132,314 A *</td> <td>10/2000</td> <td>Aiki .....</td> <td>463/37</td> </tr> <tr> <td>D446,263 S *</td> <td>8/2001</td> <td>Heys .....</td> <td>D21/477</td> </tr> <tr> <td>6,471,586 B1 *</td> <td>10/2002</td> <td>Aiki et al. ....</td> <td>463/6</td> </tr> <tr> <td>D467,977 S *</td> <td>12/2002</td> <td>Giatto et al. ....</td> <td>D21/326</td> </tr> <tr> <td>D493,843 S *</td> <td>8/2004</td> <td>Jackson et al. ....</td> <td>D21/327</td> </tr> <tr> <td>D545,912 S *</td> <td>7/2007</td> <td>Numokawa .....</td> <td>D21/326</td> </tr> <tr> <td>D656,553 S *</td> <td>3/2012</td> <td>Blaskov et al. ....</td> <td>D21/326</td> </tr> </table> <p>* cited by examiner</p> <p><i>Primary Examiner</i> — Prabhakar Deshmukh (74) <i>Attorney, Agent, or Firm</i> — Renner Kenner Grievé Bobak Taylor &amp; Weber</p> <p>(57)       <b>CLAIM</b> The ornamental design for a gaming simulator frame and seat, as shown and described.</p> <p style="text-align: center;"><b>DESCRIPTION</b></p> <p>FIG. 1 is a front view of a gaming simulator frame and seat showing my new design; FIG. 2 is a back view thereof; FIG. 3 is a side view thereof; FIG. 4 is a top view thereof; FIG. 5 is a bottom view thereof; and, FIG. 6 is a perspective view thereof.</p> <p style="text-align: center;"><b>1 Claim, 4 Drawing Sheets</b></p>	5,911,634 A *	6/1999	Nidata et al. ....	472/59	6,083,106 A *	7/2000	McDowell .....	463/46	6,132,314 A *	10/2000	Aiki .....	463/37	D446,263 S *	8/2001	Heys .....	D21/477	6,471,586 B1 *	10/2002	Aiki et al. ....	463/6	D467,977 S *	12/2002	Giatto et al. ....	D21/326	D493,843 S *	8/2004	Jackson et al. ....	D21/327	D545,912 S *	7/2007	Numokawa .....	D21/326	D656,553 S *	3/2012	Blaskov et al. ....	D21/326
5,911,634 A *	6/1999	Nidata et al. ....	472/59																																		
6,083,106 A *	7/2000	McDowell .....	463/46																																		
6,132,314 A *	10/2000	Aiki .....	463/37																																		
D446,263 S *	8/2001	Heys .....	D21/477																																		
6,471,586 B1 *	10/2002	Aiki et al. ....	463/6																																		
D467,977 S *	12/2002	Giatto et al. ....	D21/326																																		
D493,843 S *	8/2004	Jackson et al. ....	D21/327																																		
D545,912 S *	7/2007	Numokawa .....	D21/326																																		
D656,553 S *	3/2012	Blaskov et al. ....	D21/326																																		



## 6.2 Diseño definitivo

A día de hoy los cockpits dirigidos a la competición y a un alto rendimiento se centran únicamente en la funcionalidad y el rendimiento dejando de lado la estética completamente de lado. Como hemos visto en el estudio de mercado los cockpits con un alto rendimiento se basan en perfilería de aluminio dando lugar a feas estructuras cuadrangulares que si bien dan un gran rendimiento no cumplen con los requerimientos de alguien que busque una estética más cuidada.

Para comenzar el diseño considere importante no solo conseguir una estructura lo suficientemente capaz, si no que la estética tenía que ser el diferenciador de este proyecto, por ello tome como referencia las formas de los prototipos de las 24 h de Le Mans , los LMP1 (quizás tras la fórmula 1 una de las categorías más afamadas)

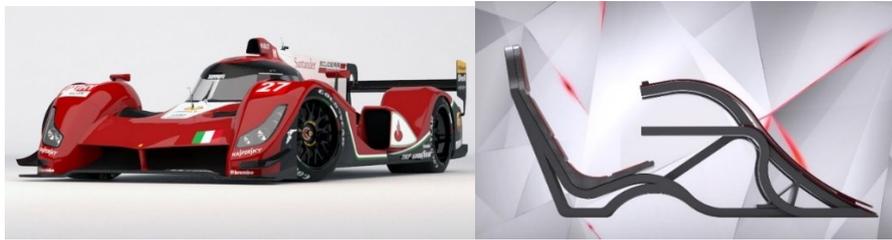
Para lograr que nuestro cockpit recuerde a estos automóviles tomaremos dos partes diferenciadoras de su estética:



Por un lado, la parte delantera dividida marcadamente en tres partes el capo central y los carenados de las ruedas donde se encuentran los faros.



Y por otra parte la forma aerodinámica distintiva de la parte delantera.



Implementando estas formas en nuestro diseño conseguimos relacionar indudablemente nuestro cockpit de una manera elegante y sencilla con el mundo del automovilismo.

Para el diseño del asiento del cockpit se decidió usar la fibra de carbono (debido a lo ligado que se encuentra esta con el automóvil y la competición).

Para aportar comodidad usaremos un recurso usado por fabricantes de coches deportivos (que si bien buscan deportividad y rendimiento no pueden dejar de lado la comodidad ya que son coches dirigidos a un publico general) consistente en el posicionamiento de almohadillas de forma estratégica en el asiento consiguiendo una correcta transpiración y acomodo.[5]



## 7. Descripción del proyecto

El proyecto final se compone de varias partes diferenciadas que se unen dando lugar a nuestro producto final.

Las principales partes que pasaremos analizar detenidamente son:

- Los embellecedores: contribuyen a dar la imagen deseada al producto.
- La estructura: parte clave del conjunto, encargada de soportar todas las partes y de aportar las prestaciones deseadas.
- Asiento: junto con la estructura una parte muy importante ya que dota de la comodidad necesaria y contribuye a la imagen del producto.
- Sistemas de ajuste y adaptabilidad: permiten variar las posiciones de elementos como el volante y la pedalera para adaptarse a las dimensiones de cada individuo
- Compatibilidad con hardware: en el mercado existen diferentes estándares de anclaje del hardware dependiendo de la empresa



## 7.1. Embellecedores



Son tres placas de aluminio 6061 de grosor 10 mm. Sobre ellas aplicaremos un cepillado y anodizado dotándolo de la textura y efecto visual deseado.

Para anclar esas placas a la estructura se hará en la placa central a través de un soporte soldado al resto de la estructura en la parte inferior y encajándolo con los tornillos de ajuste del soporte para el volante en la parte superior

En cuanto a las placas laterales estas van adheridas mediante un adhesivo epóxico específico para metales [6]



## 7.2 Estructura

Todos los tubos que componen la estructura son perfiles de 50 x 100 mm con un grosor de 5mm. Todo el conjunto estará soldado mediante soldadura TIG.

Pese a que pueden parecer un grosor excesivo tenemos que tener en cuenta que los volantes de simulación son capaces de ejercer grandes fuerzas.

Además, hemos de tener en cuenta que estas no se aplican siempre de forma continuada si no que en función de los baches, curvas o colisiones esta varia dando lugar a continuas vibraciones y si la estructura no consigue filtrar estas vibraciones o flexa demasiado puede perjudicar enormemente la experiencia de simulación.



En esta estructura se ancla el asiento, los embellecedores, la pedalera y el volante, además se ha incluido en la estructura un soporte para palancas de cambio.



### 7.3 Asiento

El asiento está fabricado en fibra de carbono de alto modulo t800 con una densidad de hilo de 3K.

En cuanto a los acolchados están hechos de espuma viscoelástica y forrados con piel microperforada.

Gracias a la disposición de los paneles acolchados y a la espuma viscoelástica conseguimos una adecuada circulación del aire y una correcta transpirabilidad del mismo.

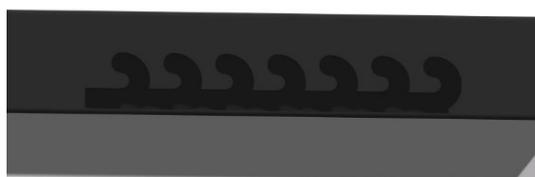
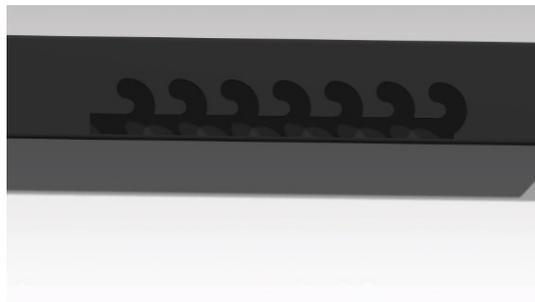
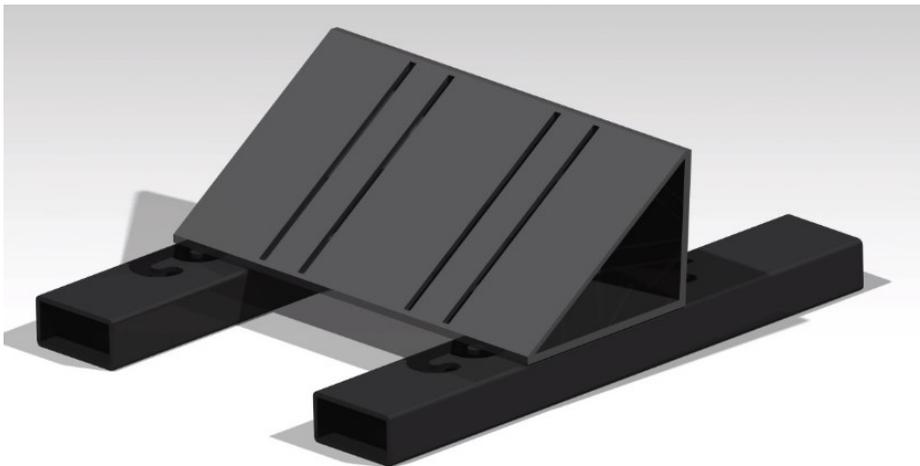
Se adhiere a la estructura con un adhesivo industrial específico para carbono y aluminio.[7]



#### 7.4 Sistemas de ajuste y adaptabilidad

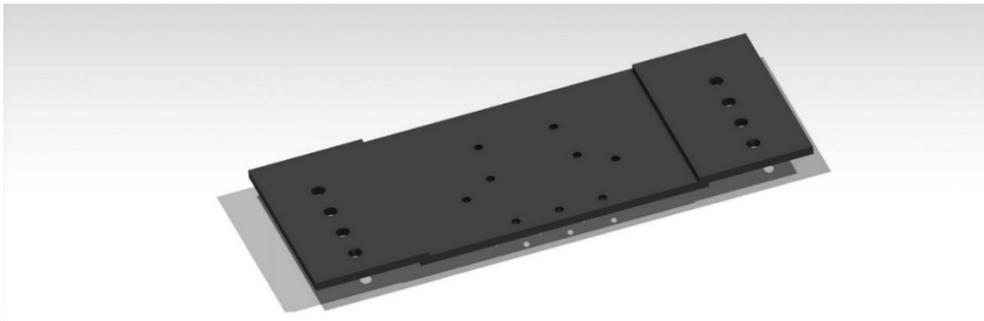
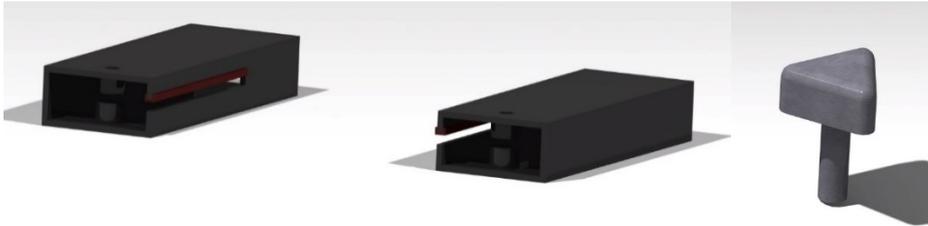
Para conseguir mantener la posición óptima de conducción en todos los percentiles tenemos que conseguir variar la posición de los pedales y el volante adaptándonos a las dimensiones, para ello hay 2 opciones o acercar el asiento o bien acercamos pedales y volante. Optaremos por la segunda opción ya que así la adaptabilidad a cada persona y gusto se multiplica.

Para la pedalera mediante un sistema de enganches estilo trinquete conseguimos 6 posiciones distintas, necesitamos un gran número de posiciones debido a que el accionamiento preciso y rápido de los pedales es de vital importancia



Para permitir la movilidad del volante el sistema requiere mucha más resistencia ya que es un punto crítico en la estructura, por ello el sistema elegido es un tornillo M12 que se enrosca en la estructura y atrapa a la placa en una de las 4 posiciones predeterminadas.

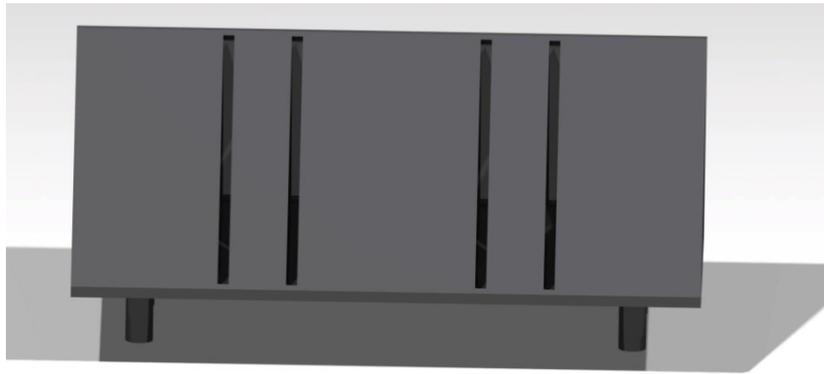
Para evitar que pueda haber algún tipo de holgura en el perfil donde encajamos la placa adherimos un recubrimiento de silicona.



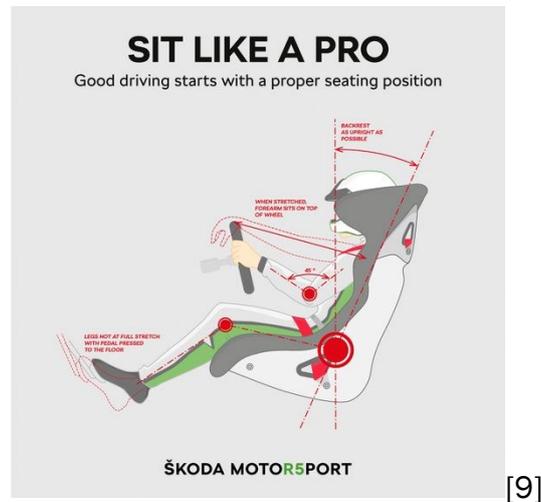
## 7.5 Compatibilidad

Existen multitud de marcas que fabrican volantes y pedaleras de simulación de conducción por ello existen multitud de sistemas y tipos de anclaje a la estructura.

Se han diseñado tanto el anclaje de los pedales y el volante de manera que es compatible con los estándares de fijación de las tres marcas dominantes del mercado Fanatec, Thrustmaster y Logitech. [8]

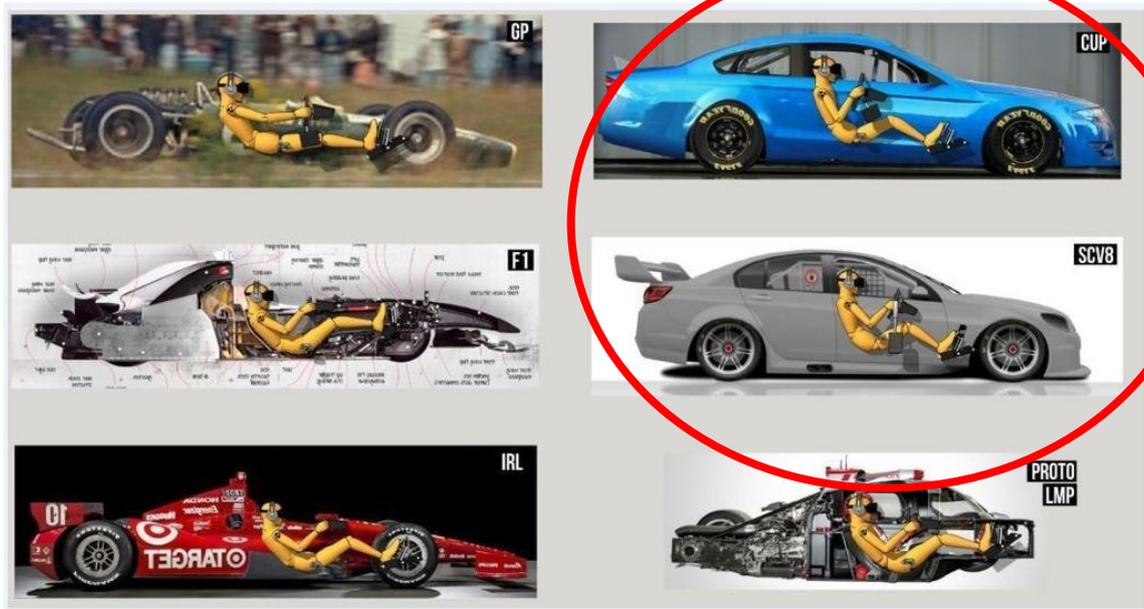


## 8. Ergonomía



Una de los puntos mas importantes era conseguir una correcta posición de conducción. Pasaremos muchas horas entrenado y practicando por ello una ergonomía cuidada es clave en el proyecto.

Para conseguir la posición optima partiremos de una posición de conducción similar a la que se usa en coches estilo GT la cual esta mas diseñada para carreras de resistencia y es mucho menos exigente físicamente que la de un coche tipo Formula.[10]



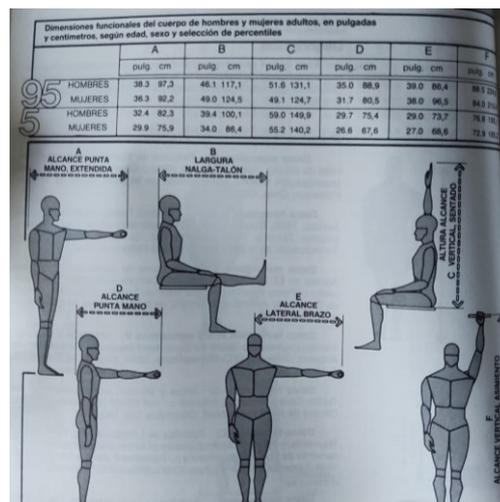
También es clave conseguir un producto que se adapte al mayor rango de población posible. Por ello podemos modificar la posición tanto del

volante como de la pedalera para conseguir la mejor adaptabilidad posible. En este caso hemos usado tablas ergonómicas y hemos adaptado la posición para que cubra del percentil 10 al percentil 90 en una posición adecuada.

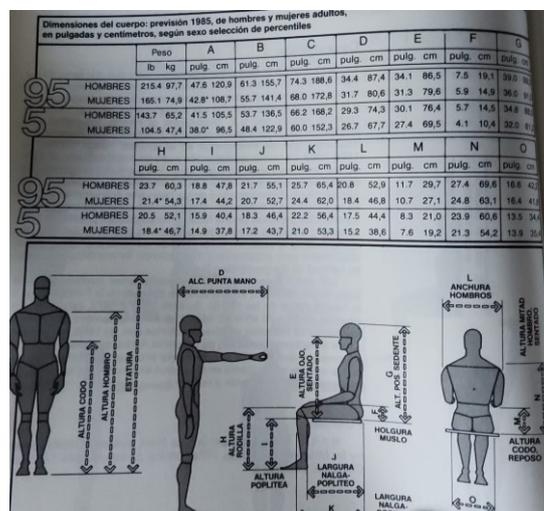
**TABLA 3.1**  
**DATOS ANTROPOMETRICOS ESTIMADOS DE LA POBLACION ESPAÑOLA**  
*(Dimensiones en mm)*  
 EDAD de la POBLACION: 18 - 25 años

	VARONES			HEMBRAS		
	5%	50%	95%	5%	50%	95%
a) ESTATURA	1.656	1.756	1.855	1.518	1.612	1.705
b) ALTURA DE LOS OJOS	1.548	1.646	1.743	1.415	1.507	1.599
c) ALTURA DE LOS CODOS	1.029	1.102	1.175	940	1.009	1.079
d) ALTURA DE LOS OJOS, SENTADO	744	793	842	690	741	792
f) ALTURA DE LOS HOMBROS, SENTADO	553	598	643	509	557	604
g) ALTURA DE LOS CODOS, SENTADO	201	244	287	185	228	271
ij) ESPESOR DE LOS MUSLOS	137	159	181	124	149	173
J) ALTURA DE LA RODILLA	503	548	593	457	497	537
lj) DISTANCIA NALGA-HUECO POPLÍTEO	403	443	484	356	398	439
m) DISTANCIA NALGA-RODILLA	452	498	544	428	472	517
n) ANCHURA DE LOS HOMBROS	550	593	637	517	562	606
p) ANCHURA DE LAS CADERAS	424	463	503	356	393	429
	307	349	391	303	348	392

[12]

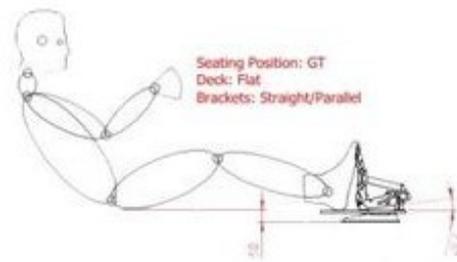
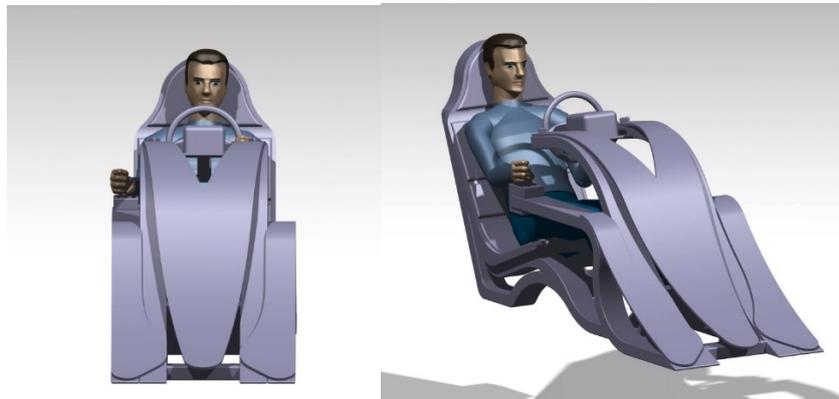


[13]



[13]

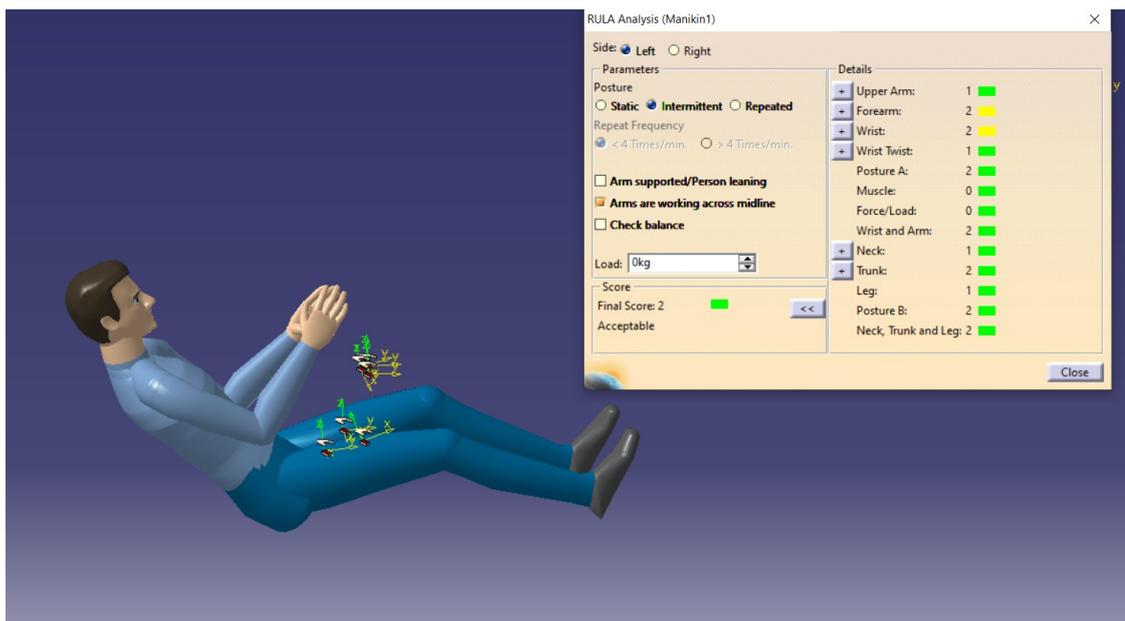
Gracias a estas tres tablas podemos determinar tanto la posición óptima del asiento y las distancias necesarias de la pedalera y el volante.



[14]

Tras determinar la posición óptima, someteremos esta posición al análisis RULA través del software Catia V5 (módulo de ergonomía) obteniendo una calificación de 2.

Lo cual nos indica que esta es la posición óptima que con diferentes adaptaciones hemos de mantener en los diferentes percentiles.



## 9. Materiales

La elección de un material de calidad que ofrezca las prestaciones que queramos es de suma importancia en el proyecto.

Para la estructura se decidió usar aluminio 6061, el cual es conocido por su uso en bicicletas, dispone de una gran rigidez y buena capacidad para absorber las vibraciones, esto junto a la capacidad de soldarlo con TIG, además de poder curvarlo y conseguir tubos de numerosas formas me hizo decantarme por él.

Property	6061-T4	6061-T6
Tensile Strength	241 MPa   35000 psi	310 MPa   45000 psi
Yield Strength	145 MPa   21000 psi	276 MPa   40000 psi
Modulus of Elasticity	68.9 GPa   10000 ksi	68.9 GPa   10000 ksi

Element	Minimum %	Maximum %
Magnesium	0.8	1.2
Silicon	0.4	0.8
Iron	No Min	0.7
Copper	0.15	0.4
Manganese	No Min	0.15
Chromium	0.04	0.35
Zinc	No Min	0.25
Titanium	No Min	0.15
Other Elements	No Min	0.05 each 0.15 in total

[15]

El asiento se realiza en fibra de carbono toray 800 con una densidad de hilo de 3k nos aporta unas propiedades suficientes para el uso al que se va a someter [16][17]



## 10. Cálculos

### 10.1 Resistencia estructura

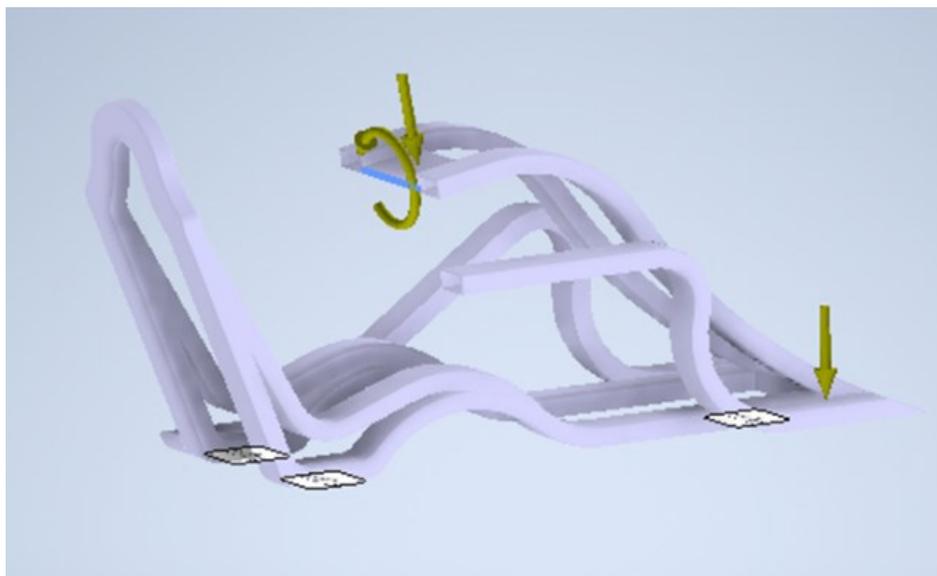
Para calcular la resistencia de nuestra estructura hemos usado el software Autodesk Inventor.

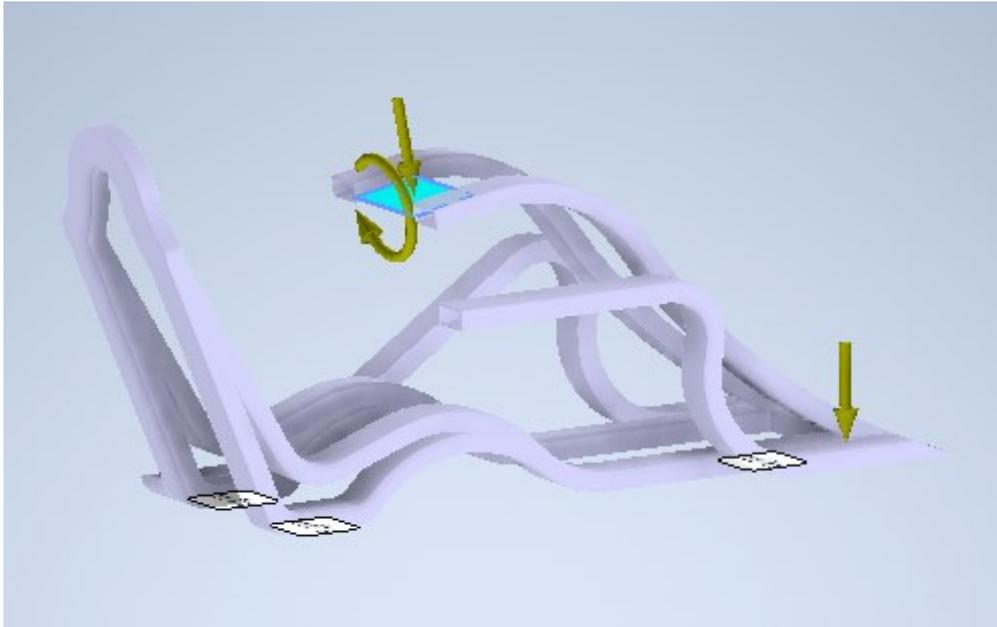
El material empleado ha sido el aluminio 6061 que se usa en la estructura.

Nombre	Aluminio 6061	
General	Densidad de masa	2,7 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	275 MPa
	Resistencia máxima a tracción	310 MPa
Tensión	Módulo de Young	68,9 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,33 su
	Módulo cortante	25,9023 GPa

Para aplicar las cargas en la estructura hemos tenido en cuenta el par que produce el volante 25 n/m, la gravedad 9.8 m/s<sup>2</sup> y el peso del propio volante 16 kg

Se han hecho 2 estudios donde el par se aplica en direcciones opuestas



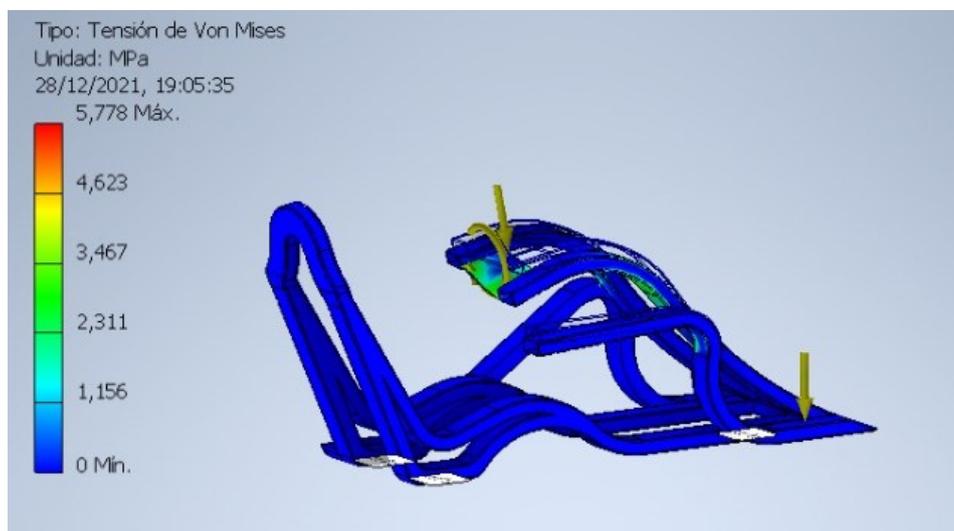


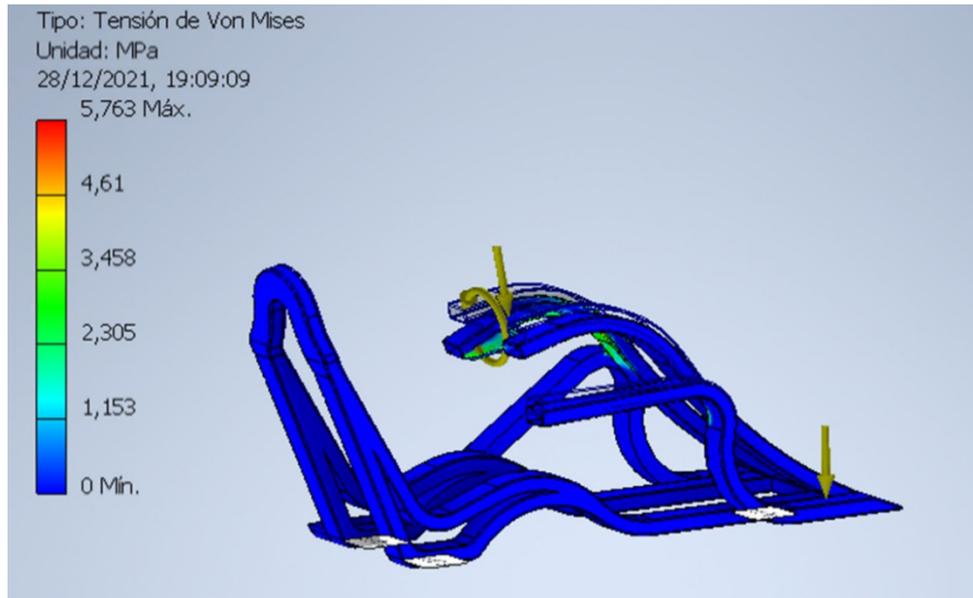
Los resultados aplicados en ambos casos, aunque la estructura no sea completamente simétrica son muy similares.

Para visualizar los resultados miraremos los dos datos mas representativos, el desplazamiento y la tensión de Von Mises (para así comprobar si se supera el límite de elasticidad)

### Tensión de Von Mises

El límite de elasticidad no es superado en ningún caso, y la estructura se muestra solida y lejos de llegar a ese valor limite

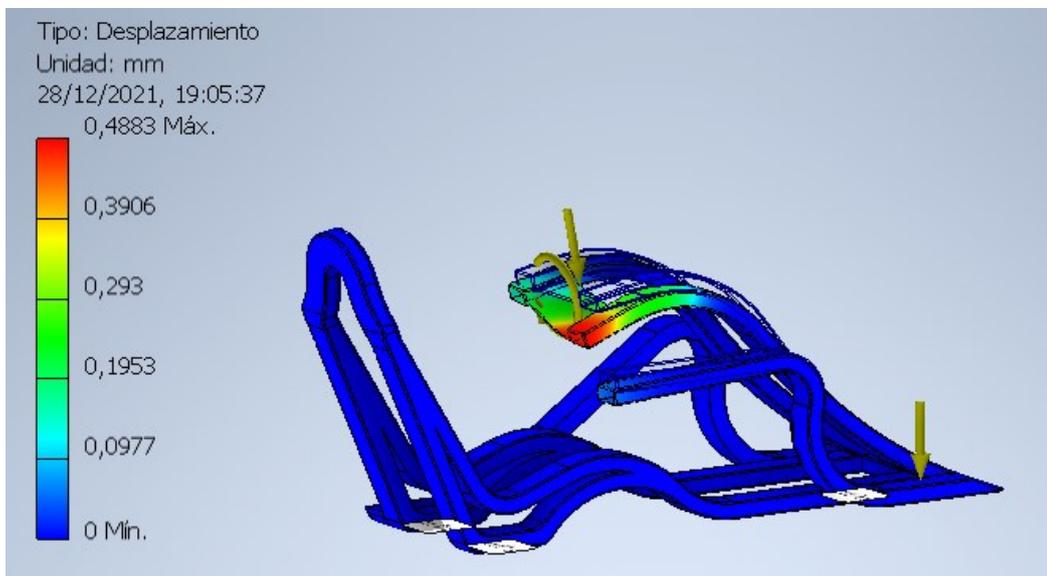
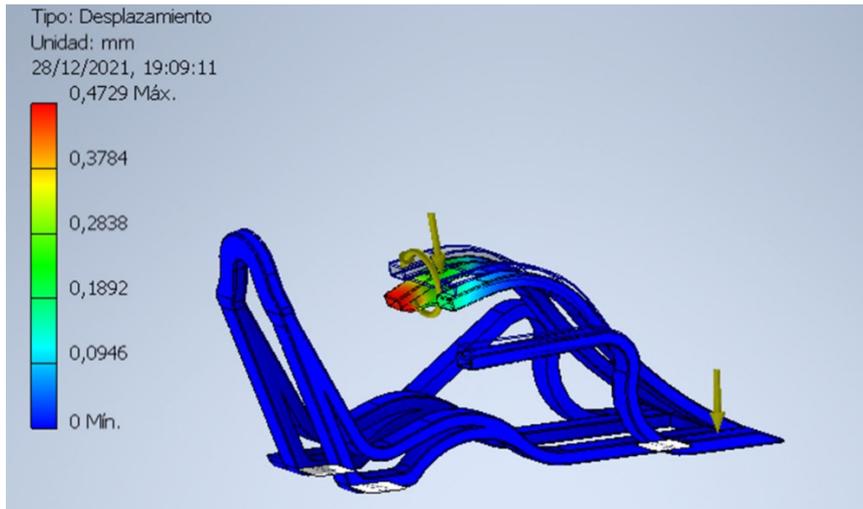




## Desplazamiento

Otro valor determinante es el desplazamiento, un buen resultado aquí es sumamente importante ya que un valor alto, al aplicarse las cargas de forma intermitente daría lugar a molestas vibraciones que terminarían en imprecisiones y bajada del rendimiento debido a la estructura.

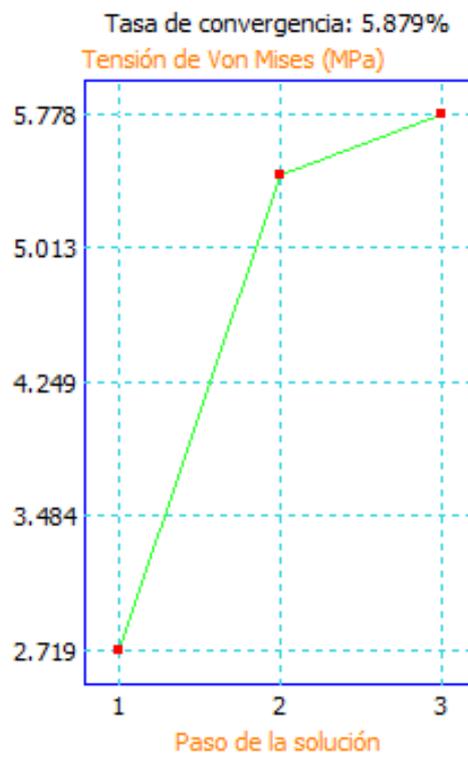
Finalmente podemos observar cómo obtenemos también unos buenos resultados en esta parte.



### Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Tensión de Von Mises	0,0000493898 MPa	5,76285 MPa
Primera tensión principal	-1,08338 MPa	5,91492 MPa
Tercera tensión principal	-5,39989 MPa	1,47787 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,47294 mm

El dato de la convergencia es buena lo que quiere decir que el estudio es fiable



## **11. Proceso de fabricación**

### **Materiales y partes ya prefabricadas**

- Telas de fibra de carbono para la fabricación del asiento.[18]
- Adhesivos epóxicos (tanto de aluminio/aluminio como de aluminio/carbono) [19] [20]
- Cojines de viscoelástica y piel del asiento.[21]
- Tornillos.
- Tubos de 50\*100\*5 mm (sin doblar) largo necesario para cada sección.[22]
- Planchas de aluminio para la fabricación de las placas de volante/pedalera y embellecedores.[23]

### **Maquinaria utilizada**

- Dobladora de tubos CNC. [24]
- Equipo soldadura TIG [25]
- Pulidora/Lijadora. [26]
- Equipo de anodización de aluminio. [27]
- Amoladora. [28]
- Prensa hidráulica (troquel y punzón).[29]
- Roladora/Curvadora de metal. [30]

## Proceso

-Tras la recepción de los perfiles de aluminio con las longitudes necesarias un operario se encarga de llevar los perfiles hasta la máquina dobladora CNC (Se escoge de este tipo ya que las curvas han de estar realizadas con precisión porque si no el conjunto puede no encajar)

- Para la fabricación de los embellecedores, placas de pedales y volante se usan las planchas de aluminio de los espesores adecuados. El operario utilizará la prensa hidráulica para conseguir, mediante estampación y troquelado, la forma especificada.

-Tras esto, se procede al curvado de los embellecedores a través de una Roladora/Curvadora.

-Para la fabricación del asiento comenzaremos con la aplicación de las telas de carbono (vienen ya pre-impregnadas del adhesivo) sobre un molde del asiento. Tras esto, se lleva a la prensa de composite donde permanecerá 3 horas a una temperatura no superior a 180°C y a una presión de 120Kg/cm<sup>2</sup>.

-Los perfiles de la estructura ya doblados se soldarán mediante soldadura TIG.

-Seguidamente, se harán los cortes necesarios en la estructura para albergar los sistemas de regulación de las placas de volante y pedatera.

-Con la estructura y el resto de piezas de aluminio ya fabricadas, se someterán al proceso de anodizado para conseguir el acabado estético deseado. Posteriormente, se aplicará el cepillado con ayuda de la lijadora y un disco específico.

-Un operario pega los cojines de viscoelástica y piel microperforada al asiento en la posición establecida.

-Se ensambla el asiento y los embellecedores a la estructura con sus respectivos adhesivos epóxicos.

-Finalmente, se colocan las placas de volante /pedales y los tornillos de regulación.

## 12. Presupuestos

	coste(€)	periodo(años)	horas funcionamiento (horas/año)	horas totales (horas)	Interes(€/h)	Amortizacion (€/h)	Mantenimiento (€/h)	consumo electrico(Kw/h)	Gasto electrico (€/h)	Coste funcionamiento (€/h)
Prensa estampacion	7964,6	25	164,25	4106,25	4,84907154	1,93962861	19,39628615	5,5	0,418	26,6029863
Curvadora de tubosCNC	22125,35	25	766,5	19162,5	2,88654273	1,15461709	11,54617091	26,3	1,9988	17,58613072
equipo soldadura TIG	3339	25	930,75	23268,75	0,35874295	0,14349718	1,434971797	6	0,456	2,393211926
Radial corte(diferentes cabezales)	245	25	273,75	6843,75	0,08949772	0,03579909	0,357990868	3,5	0,266	0,749287671
cepilladora/pulidora	275	25	821,25	20531,25	0,03348554	0,01339422	0,133942161	12,5	0,95	1,130821918
Prensa para composites	29529	25	3285	82125	0,89890411	0,35956164	3,595616438	36	2,736	7,590082192
Roladora curvadora	4430	25	328,5	8212,5	1,34855403	0,53942161	5,394216134	11	0,836	8,118191781
Máquinas anodizado	60251	25	730	18250	8,25356164	3,30142466	33,01424658	86	6,536	51,10523288
									coste total(€/h)	115,2759454
									Coste para una unidad(8h)	922,2075631 €

Material	Peso	(€)unidad	Cantidad	Neto(€)	Bruto(€)
Tornillos		1	2	2	2,2
Cojines(espuma + piel)		20	4	80	88
Láminas Fibra Carbono		20,2	46	929,2	1022,12
Planchas aluminio(8mm)	2kg	1,7		4	4,4
Planchas aluminio(10mm)	3kg	1,77		6	6,6
Tubos aluminio		2,6582	10	26,5	29,15
Pegamento aluminio/carbono		0,2658	2	0,5316	0,58476
Pegamento aluminio		7,1	2	16	17,6
			<b>TOTAL(€)</b>	<b>1048,2316</b>	<b>1170,65476</b>

Tarea	Operario	Jornal(€/h)	Tiempo(h)	Total Jornal(€)
Curvado de perfiles	Especialista	8,5	0,7	5,95
Corte de embellecedores	Especialista	8,5	0,1	0,85
Curvado de embellecedores	Especialista	8,5	0,3	2,55
Colocacion de laminas de fibra	Especialista	8,5	0,5	4,25
Curado de la fibra de carbono	Pinche	5,5	3	16,5
Estampacion (placa volante y piezas placa pedales)	Especialista	8,5	0,15	1,275
Soldado TIG placa pedalera	Especialista	8,5	0,5	4,25
Soldado TIG Estructura	Especialista	8,5	0,25	2,125
Corte orificios de ajuste pedalera y volante(estructura)	Especialista	8,5	0,25	2,125
anonizado(estructura y embellecedores)	Pinche	5,5	0,6666	3,6663
pegado de los cojines en el asiento	Especialista	8,5	0,25	2,125
Cepillado de la estructura y embellecedores	Especialista	8,5	0,75	6,375
Union asiento estructura(pegado)	Especialista	8,5	0,05	0,425
Pegado de los embellecedores	Especialista	8,5	0,5	4,25
Colocacion placa volante , placa pedalera y tornillos	Pinche	5,5	0,04	0,22
Inspeccion final	Oficial	10,4	0,025	0,26
			<b>total horas</b>	<b>8,0316</b>
			<b>total</b>	<b>57,1963</b>
			<b>COSTE POR MOD UD (€)</b>	<b>57,1963</b>

Moi	0,25	14,3
Gasto social	0,4	22,88
Gasto general	0,2	11,44
Coste total	mod +materiales+ pt +moi +cs+ gg	2198,77
Beneficio industrial	0,15	329,8155
Precio de venta en fabrica	coste total + bi	2528,5855
	pvp	3059,58846 €

### 13. Conclusiones

Una vez desarrollado el proyecto podemos observar que las metas fijadas se han alcanzado. Se ha conseguido una buena ergonomía, una estética acorde con el público objetivo de nuestro producto, además también se alcanza un gran nivel de compatibilidad con hardware existente al hacer compatible el producto con las principales marcas del sector.

En cuanto al posible desarrollo futuro del proyecto, podríamos incluir un soporte para integrar las pantallas en el propio cockpit.



Otro desarrollo interesante sería un sistema de integración de cables en la estructura, de manera que podamos ordenar y esconder los cables del hardware una vez instalado, al estilo de los cuadros de bicicletas.



Una de las pegas que podríamos encontrar es la del transporte del cockpit, ya que debido a necesitar una gran rigidez se decidió soldar las partes que componen la estructura y no unirla luego con mecanismos sencillos de encaje. Por ello en desarrollos futuros sería interesante el estudio del transporte y la posibilidad de dividir la estructura en diferentes partes por las zonas menos críticas.

## 14. Bibliografía

[1] 8000 VUELTAS (23/01/2022)

<https://8000vueltas.com/2014/12/01/guia-basica-de-simuladores-de-conduccion-parte-1-que-necesitas>

[2] Asociación española de ergonomía (23/01/2022)

<http://www.ergonomos.es/ergonomia.php>

[3] Revista CAR <https://revistacar.es/simracing-una-nueva-era-de-la-competicion-automovilistica/>

[4] SoyMotor (23/01/2022)

<https://soymotor.com/coches/noticias/aston-martin-amr-c01-980421>

[5] Caranddriver (23/01/2022)

<https://www.caranddriver.com/es/coches/planeta-motor/a31980726/alfa-romeo-giulia-gt-electrico-totem-automobili/>

[6] Aluminipolis (23/01/2022) <https://aluminipolis.es/pegamento-aluminio/>

[7] Atalanta speciality chemicals (23/01/2022)

<https://www.antala.es/como-pegar-aluminio-fibra-carbono/>

[8] Motedis (23/01/2022) <https://www.motedis.es/shop/DIY-Kits/Sim-Racing/Placa-de-montaje-del-volante-Fanatec-Logitech-Trustmaster::999999018.html>

[9] SKODA MOTORSPORT (24/01/2022) <https://www.skoda-motorsport.com/en/drive-like-pro-sitting-like-racing-driver/>

- [10] Gustavo Vera Puebla, E. et al. *Ergonomía para pilotos de monoplaza*  
[https://www.researchgate.net/profile/David-Morales-Neira/publication/334224236\\_Ergonomia\\_para\\_pilotos\\_de\\_monoplaza/links/5d1d823492851cf440630f63/Ergonomia-para-pilotos-de-monoplaza.pdf](https://www.researchgate.net/profile/David-Morales-Neira/publication/334224236_Ergonomia_para_pilotos_de_monoplaza/links/5d1d823492851cf440630f63/Ergonomia-para-pilotos-de-monoplaza.pdf)
- [11] Simracingcoach (24/01/2022)  
<https://www.simracingcoach.com/contenido/posicion-real-del-piloto-en-competicion/>
- [12] GARCÍA, C. et al .(1992). *Guía de recomendaciones para el diseño de mobiliario ergonómico*. Instituto de biomecánica de valencia
- [13] PANERO ,J. ZEINIK,M. (1996). *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*
- [14] simracing-setupguide (24/01/2022) <https://www.simracing-setupguide.com/simracing-seat-position/>
- [15] Gabrian Internationa (24/01/2022)  
<https://www.gabrian.com/es/aluminio-6061-conozca-sus-propiedades-y-usos/>
- [16]Fibra de carbono.es (24/01/2022)  
<https://www.fibradecarbono.es/articulos/tipos-de-fibra-de-carbono/>
- [17]CarboSystem (24/01/2022) <https://carbosystem.com/fibra-de-carbono-2/>
- [18] Tela de carbono [https://spanish.alibaba.com/product-detail/prepreg-3k-2x2-weave-fabric-plain-real-pre-preg-twill-roll-carbon-fiber-240-3k-1600315913262.html?spm=a2700.7735675.normal\\_offer.d\\_title.33d8fe80cvlRUq&s=p](https://spanish.alibaba.com/product-detail/prepreg-3k-2x2-weave-fabric-plain-real-pre-preg-twill-roll-carbon-fiber-240-3k-1600315913262.html?spm=a2700.7735675.normal_offer.d_title.33d8fe80cvlRUq&s=p)

[19] Pegamento epóxico aluminio/aluminio (24/01/2022)

<https://www.amazon.es/dp/B082XRMBWF?tag=dietapara2020-21&linkCode=osi&th=1&psc=1#customerReviews>

[20] Pegamento epóxico aluminio/F.carbono (24/01/2022)

<https://www.antala.es/productos/araldite-2031-1-adhesivo-epoxy-negro/>

[21] Proveedor rellenos asientos a medida (24/01/2022)

<https://kfoam.es/espuma-a-medida>

[22] Proveedor perfiles de aluminio (24/01/2022)

<https://www.alu-stock.es/es/aluminio-industria/perfiles-a-medida-de-cliente/>

[23] Proveedor láminas de aluminio (24/01/2022)

<https://www.alu-stock.es/es/aluminio-industria/productos-laminados/chapas-aleaciones-comerciales/chapas-aluminio-en-aw-6061/>

[24] Dobladora de tubos (25/01/2022)

[https://spanish.alibaba.com/product-detail/tube-bending-machine-high-quality-3d-mandrel-hydraulic-electric-3-inch-tube-bender-cnc-automatic-pipe-bending-machine-1600261283969.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_title.6eb27e97AbRLYt&s=p](https://spanish.alibaba.com/product-detail/tube-bending-machine-high-quality-3d-mandrel-hydraulic-electric-3-inch-tube-bender-cnc-automatic-pipe-bending-machine-1600261283969.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.6eb27e97AbRLYt&s=p)

[25] Equipo soldadura TIG (25/01/2022)

[https://www.amazon.es/Welder-Fantasy-Soldadora-Enfriador-soldadura/dp/B09CZCD5WJ/ref=sr\\_1\\_10?qid=1643103045&refinements=p\\_36%3A2493687031&rnid=2493681031&s=tools&sr=1-10](https://www.amazon.es/Welder-Fantasy-Soldadora-Enfriador-soldadura/dp/B09CZCD5WJ/ref=sr_1_10?qid=1643103045&refinements=p_36%3A2493687031&rnid=2493681031&s=tools&sr=1-10)

[26]Pulidora/lijadora (25/01/2022)

<https://www.leroymerlin.es/fp/82199115/pulidora-lijadora-hikoki-sp18va-1-250-w>

[27] Equipo de anodización de aluminio (25/01/2022)

[https://spanish.alibaba.com/product-detail/junan-tongda-customized-automatic-aluminum-anodizing-equipment-for-profiles-62200963483.html?spm=a2700.7724857.normal\\_offer.d\\_title.7cf843cfaw7nqg](https://spanish.alibaba.com/product-detail/junan-tongda-customized-automatic-aluminum-anodizing-equipment-for-profiles-62200963483.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_title.7cf843cfaw7nqg)

[28]Amoladora (25/01/2022)

<https://www.leroymerlin.es/fp/82199155/amoladora-con-cable-hikoki-cv350vw1-350w-disco-mm>

[29] Prensa hidráulica (troquel y punzón) (25/01/2022)

[https://spanish.alibaba.com/product-detail/press-die-press-brake-factory-t-l-brand-cnc-hydraulic-press-brake-30-1600mm-with-segment-die-and-punch-1600260362245.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_image.7a3312e141T3wM&s=p](https://spanish.alibaba.com/product-detail/press-die-press-brake-factory-t-l-brand-cnc-hydraulic-press-brake-30-1600mm-with-segment-die-and-punch-1600260362245.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.7a3312e141T3wM&s=p)

[30] Roladora/Curvadora de metal (25/01/2022)

[https://www.alibaba.com/product-detail/rodillo-curvador-de-chapa-steel-plate\\_1600318635046.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_title.5e3b5932z5HeQ2](https://www.alibaba.com/product-detail/rodillo-curvador-de-chapa-steel-plate_1600318635046.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.5e3b5932z5HeQ2)

