

DISEÑO DE UN CONCEPTO PARA LA CASA SEAT

MEMORIA

Trabajo Final de Grado

Grado de Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

Autor: Ricardo Soria Guijarro

Tutor: Salvador Gisbert Vicedo

Curso académico: 2019-2020

Resumen

El sujeto de este trabajo se centra en el desarrollo del diseño exterior de un vehículo compacto de menos de 3 metros de longitud y con capacidad para dos personas.

Para la correcta realización de este proyecto ha sido necesario aplicar todos los conocimientos desarrollados en el *grado de ingeniería industrial en diseño y desarrollo de productos*, especialmente en lo relacionado al diseño asistido por ordenador.

Primeramente, se realiza un estudio del caso para conocer las necesidades y requisitos aplicables al diseño de la carrocería.

Posteriormente se realizan diferentes bocetos a mano con los que se forman las ideas previas de las cuales se concretará el diseño del automóvil.

Finalmente, con ayuda de las herramientas CAD del software *Fusion 360*, se modela en detalle toda la carrocería del vehículo.

El objetivo de este trabajo es la participación en el concurso “mobility design challenge by seat & autopista” organizado por la revista autopista con la colaboración de Seat y el master en diseño y styling de la universidad politécnica de Valencia.

Palabras clave: Diseño automóvil, CAD, Seat®.

Abstract

The subject of this work focuses on the development of the exterior design of a compact vehicle of less than 3 meters in length and capacity for two people.

For the correct realization of this project it has been necessary to apply all the knowledge developed in the degree of industrial engineering in the design and development of products, especially in relation to computer-aided design.

First, a study is conducted to discover the needs and requirements applicable to body design.

Subsequently, different handmade drawings form the preconceptions for designing the car.

Finally, with the help of the CAD tools of the *Fusion 360* software, the entire car body is modeled in detail.

The objective of this work is participation in the contest “mobility design challenge by seat & autopista” " organized by the *autopista* Magazine with the collaboration of Seat and the Master in Design and Styling of the Polytechnic University of Valencia.

Keywords: Automobile designs, CAD, Seat®.

Índice:

1.	<i>Antecedente</i>	1
2.	<i>Objetivo del proyecto</i>	1
3.	<i>Justificación</i>	1
4.	<i>Necesidades previas</i>	1
5.	<i>Mercado</i>	3
5.1	<i>Objetivo de negocio</i>	3
5.2	<i>Consumidores de referencia</i>	3
5.3	<i>Análisis de la competencia</i>	4
5.4	<i>Mercado de destino</i>	22
6.	<i>Necesidades finales</i>	22
7.	<i>Ideas previas</i>	24
8.	<i>Elección mejor diseño</i>	29
9.	<i>Programa de cad</i>	29
10.	<i>Proceso de diseño</i>	30
11.	<i>Materiales</i>	41
11.1	<i>Aceros en automoción</i>	42
12.	<i>Seguridad</i>	47
13.	<i>Diseño ergonómico</i>	49
14.	<i>Análisis de elementos finitos</i>	51
15.	<i>Aerodinámica</i>	54
15.1	<i>Justificación del Cx</i>	55
15.2	<i>Calculo del Cx</i>	59
16.	<i>Presupuesto</i>	62
17.	<i>Renders</i>	62
17.1	<i>Reflexiones</i>	62
17.2	<i>Colores</i>	64
18.	<i>Elaboración de la maqueta a escala</i>	65
19.	<i>Conclusión</i>	67
20.	<i>Bibliografía</i>	68

Índice de imágenes:

<i>Imagen 5-1 Renault Twingo</i>	4
<i>Imagen 5-2 Renault Zoe</i>	5
<i>Imagen 5-3 Fiat 500</i>	6
<i>Imagen 5-4 Suzuki Ignis</i>	6
<i>Imagen 5-5 Suzuki Celerio</i>	7
<i>Imagen 5-6 Hunday i10</i>	8
<i>Imagen 5-7 Toyota Aygo</i>	9
<i>Imagen 5-8 Smart ForTwo</i>	10
<i>Imagen 5-9 Smart ForFour</i>	11
<i>Imagen 5-10 Opel Adam</i>	12
<i>Imagen 5-11 Skoda Citigo</i>	13
<i>Imagen 5-12 Peugeot 108</i>	14
<i>Imagen 5-13 Kia Picanto</i>	15
<i>Imagen 5-14 Nissan Micra</i>	16
<i>Imagen 5-15 Volkswagen Up!</i>	17
<i>Imagen 5-16 Seat Mii</i>	18
<i>Imagen 5-17 BMW i3</i>	19
<i>Imagen 5-18 Citroën C1</i>	20
<i>Imagen 5-19 Honda E</i>	21
<i>Imagen 7-1 Primeros esbozos</i>	24
<i>Imagen 7-2 Esbozo vista frontal perfil y posterior</i>	24
<i>Imagen 7-3 Esbozo faros y llantas</i>	25
<i>Imagen 7-4 Esbozos parachoques delantero</i>	25
<i>Imagen 7-5 Esbozo luces dinámicas</i>	25
<i>Imagen 7-6 Diseño 1</i>	26
<i>Imagen 7-7 Diseño 2</i>	27
<i>Imagen 7-8 Diseño 3</i>	28
<i>Imagen 9-1 Fusion 360</i>	29
<i>Imagen 10-1 Nomenclatura neumático</i>	30
<i>Imagen 10-2 Volumen rueda</i>	31
<i>Imagen 10-3 Detalle posicionamiento ergonómico</i>	31
<i>Imagen 10-4 Proceso modelado superficie</i>	32
<i>Imagen 10-5 Detalle similitud scketch</i>	32
<i>Imagen 10-6 Volúmenes vehículo</i>	33
<i>Imagen 10-7 Proceso modelado ruedas</i>	34
<i>Imagen 10-8 Proceso modelado difusor</i>	35
<i>Imagen 10-9 Proceso modelado faros</i>	35
<i>Imagen 10-10 Proceso modelado calandra</i>	35
<i>Imagen 10-11 Detalle modelado rejilla</i>	36
<i>Imagen 10-12 Modelado rejilla calandra</i>	36
<i>Imagen 10-13 Proceso de modelado rejilla</i>	36
<i>Imagen 10-14 Proceso de modelado luz antiniebla</i>	36
<i>Imagen 10-15 Proceso de modelado rejilla</i>	37
<i>Imagen 10-16 Proceso de modelado cubre limpias y capo</i>	37
<i>Imagen 10-17 Detalle capo y cubre limpias</i>	37
<i>Imagen 10-18 Proceso de modelado techo</i>	38
<i>Imagen 10-19 Detalle de defectos</i>	38
<i>Imagen 10-20 Proceso de modelado pilar B y portón</i>	38
<i>Imagen 10-21 Proceso de modelado luces traseras</i>	39

<i>Imagen 10-22</i> Proceso de modelado paso de rueda.....	39
<i>Imagen 10-23</i> Proceso de modelado logotipo.	39
<i>Imagen 10-24</i> Detalle logotipo..	40
<i>Imagen 10-25</i> Detalle error luminosidad.	40
<i>Imagen 10-26</i> Detalle error faro delantero.....	40
<i>Imagen 10-27</i> Render faro delantero.	40
<i>Imagen 11-1</i> Grafica de Alargamiento Vs Resistencia a tracción.	46
<i>Imagen 12-1</i> Distribucion de materiales en chasis de coche (centro de zaragoza)	47
<i>Imagen 12-2</i> Detalle luces dinámicas.	48
<i>Imagen 13-1</i> Dimensiones funcionales cuerpo humano.	49
<i>Imagen 13-2</i> Dimensiones estructurales cuerpo humano.....	50
<i>Imagen 13-3</i> Detalle posicionamiento de dummies.....	50
<i>Imagen 14-1</i> Capó.....	51
<i>Imagen 14-2</i> Malla capó.....	51
<i>Imagen 14-3</i> Fuerzas y restricciones simulación estructural.	52
<i>Imagen 14-4</i> Resultados simulación acero.	52
<i>Imagen 14-5</i> Resultados simulación aluminio.	53
<i>Imagen 15-1</i> Detalle rejilla.....	56
<i>Imagen 15-2</i> Detalle formas traseras.	56
<i>Imagen 15-3</i> Detalle retrovisor.	57
<i>Imagen 15-4</i> detalle forma lateral.....	57
<i>Imagen 15-5</i> Detalle retrovisor tipo camara.....	57
<i>Imagen 15-6</i> Detalle llantas.....	58
<i>Imagen 15-7</i> Detalle bajos.....	58
<i>Imagen 15-8</i> Croquizado de área frontal.....	59
<i>Imagen 15-9</i> Calculo área frontal.	59
<i>Imagen 15-10</i> Calculo Resistencia aerodinámica.	60
<i>Imagen 15-11</i> Flujo plano de perfil.	60
<i>Imagen 15-12</i> Flujo plano de planta.	61
<i>Imagen 15-13</i> Flujo y presiones en 3D.	61
<i>Imagen 17-1</i> Análisis de curvatura.	62
<i>Imagen 17-2</i> Colores.	64
<i>Imagen 18-1</i> Ender 3.....	65
<i>Imagen 18-2</i> Sólido para impresión 3D.....	65
<i>Imagen 18-3</i> Detalle eje ruedas.	66
<i>Imagen 18-4</i> Detalle Cura.	66

Índice de tablas:

<i>Tabla 8-1</i> VTP.....	29
<i>Tabla 11-1</i> Comparación de materiales.	41
<i>Tabla 11-2</i> Tipos de aceros automoción.	46
<i>Tabla 14-1</i> Resultados simulación.	53
<i>Tabla 16-1</i> Presupuesto.	62
<i>Tabla 17-1</i> Errores y corrección.	63

1. Antecedente

El presente proyecto se realiza en respuesta al concurso “mobility design challenge by seat & autopista”, este concurso está organizado por la revista autopista con la colaboración de Seat y el master en diseño y styling de la universidad politécnica de Valencia.

Nota: Puede consultar el cartel del concurso en anexos → mobility-design-challenge (cartel)

2. Objetivo del proyecto

El objetivo de este proyecto es la realización del modelado de la carrocería de un vehículo urbano acorde con la línea de diseño Seat, de menos de 3 metros de longitud y con capacidad para 2 personas.

3. Justificación

Este proyecto se precisa para el diseño de este automóvil a partir de las necesidades que se indican a continuación.

4. Necesidades previas

- Segmento:

segmento A

- Estética:

Manteniendo la estética definida por Seat el vehículo debe de tener un aspecto juvenil, con pequeños detalles sutiles y formas que hagan un producto atractivo.

El vehículo deberá ser personalizable en una amplia gama de colores y distintas tonalidades, principalmente colores vivos, llantas a gusto del consumidor y posibilidad de cristales tintados.

- Dimensiones:

Dado que ya existe un vehículo de Seat urbano, Seat Mii, nos centraremos en un coche un poco más pequeño de no más de 3 metros de longitud y un ancho menor de 1.7 metros.

En su interior deberá tener espacio para dos personas y un maletero para poder guardar un par de maletas como mínimo (100-150 Litros).

Cabe la posibilidad, si el espacio disponible lo permite, de tener unos asientos traseros abatibles.

- **Materiales:**

Deben de ser materiales económicos y fáciles de trabajar, que ofrezcan una buena calidad tanto en ligereza como en rigidez.

- **Ergonomía:**

El vehículo dispondrá de dos puertas laterales suficientemente grandes como para que entren sin dificultad las personas en el habitáculo.

En el interior se dispondrá del suficiente espacio para albergar dos personas y estas tendrán una separación suficiente en el habitáculo para tener una correcta accesibilidad de los mandos y realizar los movimientos típicos de la conducción sin ningún inconveniente.

En la parte trasera se dispondrá de un portón suficientemente amplio para realizar cargas en el maletero sin problemas.

- **Acabados**

Amplia posibilidad de acabados como puede ser: cromados, negros, texturas, bitonalidad, vinilo de marca, variedad de colores y llantas para personalización.

- **Mantenimiento**

El vehículo estará pensado para que sea un coche fiable con un mantenimiento mínimo y bajos costes de reparación.

- **Utilidad**

El vehículo se destinará principalmente a trayectos cortos de tipo urbano, desplazamientos cortos, poco equipaje, para una o dos personas, vehículo de empresa sin carga.

- **Precio**

Para ser un vehículo competente y asequible a una gran cantidad de personas tiene que tener un coste de en torno a 10000€.

- **Consumo**

Poco consumo de combustible.

5. Mercado

5.1 Objetivo de negocio

Crear un producto atractivo a la venta, dirigido para un tránsito urbano y con un precio asequible, para aumentar las ventas de la marca y abarcar más mercados con este nuevo modelo.

5.2 Consumidores de referencia

- Edad:

Comprendidas entre 18 y 75 años, pero más focalizada a un consumidor joven de entorno a unos 30 años.

- Clase social:

Media- baja.

- Países:

Europa.

- Estado civil:

Principalmente solteros o parejas sin hijos, también para familias como segundo coche.

- Población:

Ciudades.

- Sexo:

Indiferente.

- Físico:

Complexión normal.

- Trabajo:

Trabajos en ciudades con desplazamientos cortos, vehículos de empresa sin cargas.

5.3 Análisis de la competencia



REANULT TWINGO

Precio (desde): 12.354 €

Dimensiones:

Largo (mm): 3614

Ancho (mm): 1646

Alto (mm): 1544

Distancia entre ejes (mm): 2492

Vía delantera y trasera (mm): 1452 - 1425

Nº de asientos: 4

Diseño: Deportivo, personalizable, colores llamativos

Imagen 5-1 Renault Twingo.



RENAULT ZOE

Precio (desde): 15.000 €

Dimensiones:

Largo (mm): 4084

Ancho (mm): 1730

Alto (mm): 1562

Distancia entre ejes (mm): 2588

Vía delantera y trasera (mm): 1511 - 1510

Nº de asientos: 5

Diseño: Se trata de un coche eléctrico en el que predominan las formas redondeadas, los espejos retrovisores se modelaron de tal forma que emitieran ruido ya que el motor eléctrico es excesivamente silencioso.

Imagen 5-2 Renault Zoe.



Imagen 5-3 Fiat 500.

Fiat 500

Precio (desde): 14.400 €

Dimensiones:

Largo (mm): 3571

Ancho (mm): 1627

Alto (mm): 1488

Distancia entre ejes (mm): 2300

Vía delantera y trasera (mm): 1413-1407

Nº de asientos: 4

Diseño: Conserva el estilo clásico del Fiat 500 con su forma redondeada y sus embellecedores cromados, llama la atención los faros traseros, los cuales integran la carrocería en su parte central. Además, está disponible en terminados Abart de competición.



Imagen 5-4 Suzuki Ignis.

SUZUKI IGNIS

Precio (desde): 13.070 €

Dimensiones:

Largo (mm): 3700

Ancho (mm): 1690

Alto (mm): 1595

Distancia entre ejes (mm): 2435

Vía delantera y trasera (mm): 1460-1470

Nº de asientos: 4

Diseño: Trata de ser un coche polivalente por eso la carrocería está tan levantada, aspecto cuadrado, ligeros detalles personalizados.



Imagen 5-5 Suzuki Celerio.

SUZUKI CELERIO

Precio (desde): 8.390 €

Dimensiones:

Largo (mm): 3600

Ancho (mm): 1600

Alto (mm): 1540

Distancia entre ejes (mm): 2425

Vía delantera y trasera (mm): 1420-1410

Nº de asientos: 4

Diseño: Se trata de un utilitario de bajo coste, en cuanto a su estética no supone ningún cambio sino más bien es un estilo clásico nada fuera de lo común.



HUNDAY i10

Precio (desde): 10.740 €

Dimensiones:

Largo (mm): 3665

Ancho (mm): 1660

Alto (mm): 1500

Distancia entre ejes (mm): 2385

Vía delantera y trasera (mm): 1467-1480

Nº de asientos: 5

Diseño: Hunday es una de las marcas que más ha cambiado en cuanto al diseño, destacan unas líneas más europeas y modernas en todas sus modelos, quedando reflejado también en el hunday i10.

Imagen 5-6 Hunday i10



TOYOTA AYGO

Precio (desde): 10.740 €

Dimensiones:

Largo (mm): 3465

Ancho (mm): 1615

Alto (mm): 1460

Distancia entre ejes (mm): 2340

Vía delantera y trasera (mm): 1430-1420

Nº de asientos: 4

Diseño: Estilo japonés con formas redondeadas, destaca por la forma de X con los faros delanteros y parrilla frontal y sus faros traseros situados en el pilar trasero que se mimetizan con la carrocería rodeándose por detalles en negro del portón trasero.



Imagen 5-7 Toyota Aygo.



Imagen 5-8 Smart ForTwo.

SMART FORTWO

Precio (desde): 12.175 €

Dimensiones:

Largo (mm): 2695

Ancho (mm): 1663

Alto (mm): 1555

Distancia entre ejes (mm): 1873

Vía delantera y trasera (mm): 1469-1430

Nº de asientos: 2

Diseño: La carrocería cambia según modelos de gasolina o eléctricos, en los que se modifican principalmente la parrilla central ya que no necesita tanta refrigeración, también podemos encontrarlo en cabrio y más deportivo en las líneas Brabus. Destaca por su línea de diseño, por sus formas modernas y redondeadas, y su doble tonalidad que conecta pilares y faros traseros.



Imagen 5-9 Smart ForFour.

SMART FORFOUR

Precio (desde): 12.890 €

Dimensiones:

Largo (mm): 3495

Ancho (mm): 1665

Alto (mm): 1554

Distancia entre ejes (mm): 2494

Vía delantera y trasera (mm): 1467-1429

Nº de asientos: 4

Diseño: La carrocería cambia según modelos de gasolina o eléctricos en los que se modifican principalmente la parrilla central ya que no necesita tanta refrigeración, también podemos encontrarlo en cabrio y más deportivo en las líneas Brabus.

Destaca por su línea de diseño por sus formas modernas y redondeadas y su doble tonalidad que conecta pilares y faros traseros.



Imagen 5-10 Opel Adam.

OPEL ADAM

Precio (desde): 13.274 €

Dimensiones:

Largo (mm): 3698

Ancho (mm): 1720

Alto (mm): 1484

Distancia entre ejes (mm): 2311

Vía delantera y trasera (mm): 1472-1464

Nº de asientos: 4

Diseño: Un diseño moderno tirando a deportivo, destaca su techo en otras tonalidades, con embellecedores del pilar trasero que crean una sensación de discontinuidad en la carrocería.



Imagen 5-11 Skoda Citigo.

SKODA CITIGO

Precio (desde): 8.810 €

Dimensiones:

Largo (mm): 3597

Ancho (mm): 1641

Alto (mm): 1478

Distancia entre ejes (mm): 2420

Vía delantera y trasera (mm): 1428-1424

Nº de asientos: 4

Diseño: Con un estilo alemán muy impuesto en el grupo VAG.

Un diseño llamativo a la vez que sencillo, teniendo en cuenta el coste del vehículo y el segmento de este, encuentro el diseño muy acertado.



PEUGEOT 108

Precio (desde): 12.140 €

Dimensiones:

Largo (mm): 3475

Ancho (mm): 1615

Alto (mm): 1460

Distancia entre ejes (mm): 2340

Vía delantera y trasera (mm): 1425-1420

Nº de asientos: 4

Diseño:

Diseño moderno, atractivo y alegre en parte por sus distintas configuraciones con distintas tonalidades.

Destaca el acabado del portón trasero y el embellecedor de los retrovisores que tratan de conectar con los faros delanteros

Imagen 5-12 Peugeot 108.



Imagen 5-13 Kia Picanto.

KIA PICANTO

Precio (desde): 10.112 €

Dimensiones:

Largo (mm): 3595

Ancho (mm): 1595

Alto (mm): 1485

Distancia entre ejes (mm): 2400

Vía delantera y trasera (mm): 1406-1415

Nº de asientos: 5

Diseño:

Muy similar al Hunday i10.

La estética es sencilla y no hay nada que destacar excepto la típica parrilla frontal que destaca a Kia entre la competencia



Imagen 5-14 Nissan Micra.

NISSAN MICRA

Precio (desde): 17.225 €

Dimensiones:

Largo (mm): 3999

Ancho (mm): 1743

Alto (mm): 1455

Distancia entre ejes (mm): 2525

Vía delantera y trasera (mm): 1510-1520

Nº de asientos: 5

Diseño:

No es rival directo del resto de los coches comentados anteriormente por las dimensiones, pero cabe destacar su diseño con elementos como el embellecedor que conecta los dos faros delanteros o el pilar trasero en negro que da la sensación de la ausencia de este.



WOLKSWAGEN UP!

Precio (desde): 10.805 €

Dimensiones:

Largo (mm): 3600

Ancho (mm): 1641

Alto (mm): 1504

Distancia entre ejes (mm): 2407

Vía delantera y trasera (mm): 1428-1424

Nº de asientos: 4

Diseño:

Diseño sencillo, pero a la vez elegante, cuida mucho la forma y no tiene necesidad de incorporar ningún elemento decorativo fuera de lo normal.

Destaca la forma de sus ventanas laterales, el portón en negro dando más continuidad al cristal y la "Boca" del frontal.

Imagen 5-15 Volkswagen Up!.



Imagen 5-16 Seat Mii.

SEAT Mii

Precio (desde): 10.590 €

Dimensiones:

Largo (mm): 3557

Ancho (mm): 1641

Alto (mm): 1478

Distancia entre ejes (mm): 2420

Vía delantera y trasera (mm): 1428-1424

Nº de asientos: 4

Diseño:

Se trata de un coche del 2012 pero tiene una gran importancia ya que es el vehículo de la marca que cubre el segmento al que se va a dedicar este proyecto.

Comparte plataforma con el Volkswagen Up!, comparando se puede ver que con unos sutiles cambios se consigue un buen diseño.



Imagen 5-17 BMW i3.

BMW i3

Precio (desde): 39.900 €

Dimensiones:

Largo (mm): 4011

Ancho (mm): 1775

Alto (mm): 1598

Distancia entre ejes (mm): 2570

Vía delantera y trasera (mm): 1571-1576

Nº de asientos: 4

Diseño:

Se trata de uno de los primeros modelos completamente eléctricos de BMW, en ellos se puede apreciar una clara diferenciación de los convencionales, algo que hoy por hoy pasa más desapercibido si no tenemos en cuenta las pocas tomas de aire que tienen los eléctricos.

Por su diseño podemos destacar la tonalidad en negro del portón al igual que el Up!, los clásicos riñones presentes en todos los vehículos de la marca y el pilar trasero con cristal que aparte de dar un importante cambio notorio al diseño dota de una mayor visibilidad en el habitáculo.



CITROËN C1

Precio (desde): 10.250 €

Dimensiones

Largo (mm): 3466

Ancho (mm): 1615

Alto (mm): 1460

Distancia entre ejes (mm): 2340

vía delantera y trasera (mm): 1425-1420

Nº de asientos: 4

Diseño: Similar al Peugeot 108.

Destacan sus inusuales faros delanteros usados actualmente en muchos modelos de la marca.

Imagen 5-18 Citroën C1.



Imagen 5-19 Honda E.

HONDA E

Precio (desde): 34.800 €

Dimensiones

Largo (mm): 3894

Ancho (mm): 1752

Alto (mm): 1512

Distancia entre ejes (mm): 2530

vía delantera y trasera (mm): 1520-1516

Nº de asientos: 4

Diseño: Se trata de un modelo totalmente eléctrico de honda. Su diseño llama la atención por el aire clásico en contraposición a la tendencia de diseños futuristas y diferenciados de la mayoría de coches eléctricos.

5.4 Mercado de destino

Actualmente Seat es una de las marcas automovilísticas con más crecimiento, goza de una gama muy competitiva y con grades referencias de calidad/precio.

Durante el mes de mayo (2019) SEAT ha entregado un total de 54.400 coches, una cifra que supone un 10.5% más que durante el mismo mes de 2018 cuando vendió 49.200 coches. Esta cifra la debemos poner en contexto con los 257.000 coches que la marca ha vendido en lo que va de año, desde enero a mayo, lo que supone que respecto al año pasado SEAT ha vendido un 7.7% más.

Por extraño que parezca no es España el país con más ventas sino Alemania, seguido de España, Reino Unido, Francia e Italia.

Conocidos estos datos el mercado de destino será Europa.

Es interesante contemplar la idea de introducir este vehículo en el mercado asiático, principalmente en países como Japón, no obstante la amplificación del grupo VAG sobre los diferentes mercados asiáticos, solo incluyen a Volkswagen entre sus planes.

6. Necesidades finales

- Segmento A
- Manteniendo la estética definida por Seat, el vehículo debe de tener un aspecto juvenil, con pequeños detalles sutiles y formas que hagan un producto atractivo, además de ser personalizable.
- 3 metros de longitud y un ancho menor de 1.7 metros.
En su interior deberá tener espacio para dos personas y un maletero para poder guardar un par de maletas como mínimo.
- Materiales ligeros y económicos: Plásticos y aceros.
- El vehículo dispondrá de dos puertas laterales suficientemente grandes como para que entren sin dificultad las personas en el habitáculo.
En el interior se dispondrá del suficiente espacio para albergar dos personas y estas tendrán una separación suficiente en el habitáculo para tener una correcta accesibilidad de los mandos y realizar los movimientos típicos de la conducción sin ningún inconveniente.
En la parte trasera se dispondrá de un portón suficientemente amplio para realizar cargas en el maletero sin problemas.
- Bajo coste de mantenimiento y de reparación.
- Facilidad de construcción
- Poco consumo de combustible.

- Diferentes motorizaciones como pueden ser gasolina, Diesel, GLP o eléctrico.
- Para ser un vehículo competente y asequible a una gran cantidad de personas tiene que tener un coste en torno a 10000€.
- En lo relativo a la seguridad la carrocería deberá soportar ciertos esfuerzos y ser deformable para absorber energía del impacto, se debe tener la cuenta los anclajes al chasis y las aperturas de las distintas puertas, ya que estas en caso de accidente pueden colapsar el habitáculo generando importantes daños a los ocupantes. Por lo que respecta al exterior las superficies tienen que tener una considerable área frontal y sin aristas vivas para que no cause excesivos daños a los peatones en caso de atropello.
- Ligero con un peso que no exceda de los 1200 Kg.
- Potencia entre 60-120 cv.
- Necesidades aerodinámicas:

Forma delantera → Inclinación del cristal delantero, limpiaparabrisas escondidos, entradas de aire reducidas para no ofrecer resistencia, forma de los faros para favorecer el deslizamiento del viento.

Forma trasera → Se procurará facilitar la salida del viento redondeando los cantos, inclinación del cristal trasero, la forma de los faros traseros, la terminación del “difusor” y la forma del spoiler.

Forma lateral → Inclinación a los cristales laterales para el viento lateral y para reducir el área frontal, sin marco, forma de las llantas deben de ofrecer refrigeración a los frenos y tener poca resistencia aerodinámica, retrovisores con poca área frontal, posibilidad de que sean cámaras en lugar de espejos.

Bajos → Elementos mecánicos cubiertos e integrados dentro de las estructuras para que quede lo más plano posible, altura reducida sin llegar a interferir con posibles elementos, como pueden ser: entradas de garajes, badenes, baches. etc.

Tamaño reducido de la anchura de los neumáticos para minimizar la resistencia aerodinámica y además también la resistencia a la rodadura.

Nota: Como es un coche urbano y no va a alcanzar una velocidad elevada, la resistencia del viento no es muy elevada, pero se tiene en cuenta minimizar en medida de lo posible para un menor consumo de combustible.

7. Ideas previas

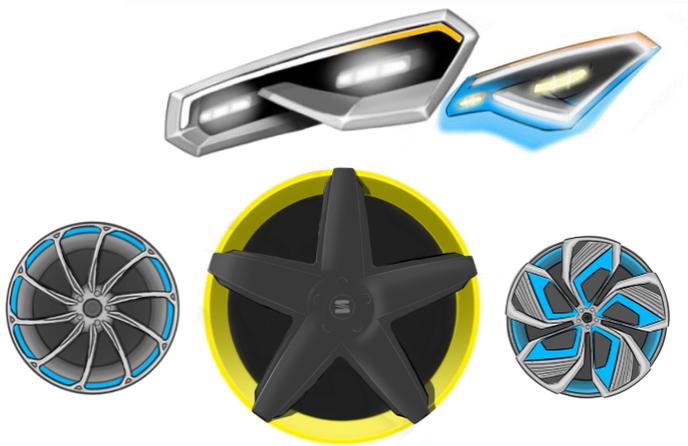


En un primer momento se realizan bocetos para definir las formas y volúmenes, con ellos se puede definir un diseño previo el cual se va variando hasta escoger el resultado final.

Imagen 7-1 Primeros esbozos.



Imagen 7-2 Esbozo vista frontal perfil y posterior.



Después se definen posibles diseños de diferentes partes como las luces las ruedas y el frontal.

Imagen 7-3 Esbozo faros y llantas.



Imagen 7-4 Esbozos parachoques delantero.

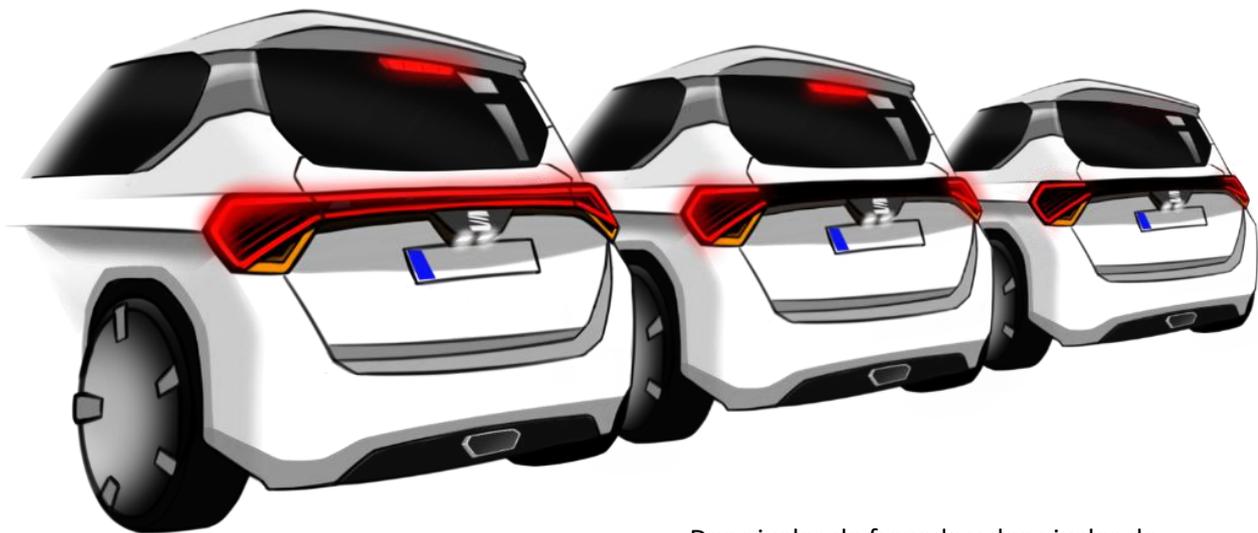


Imagen 7-5 Esbozo luces dinámicas.

Dos niveles de frenada y dos niveles de iluminación, en frenadas fuertes automáticamente se ilumina la banda longitudinal.

Por último, se realizan 3 diseños más detallados de los cuales uno de ellos será el definitivo:

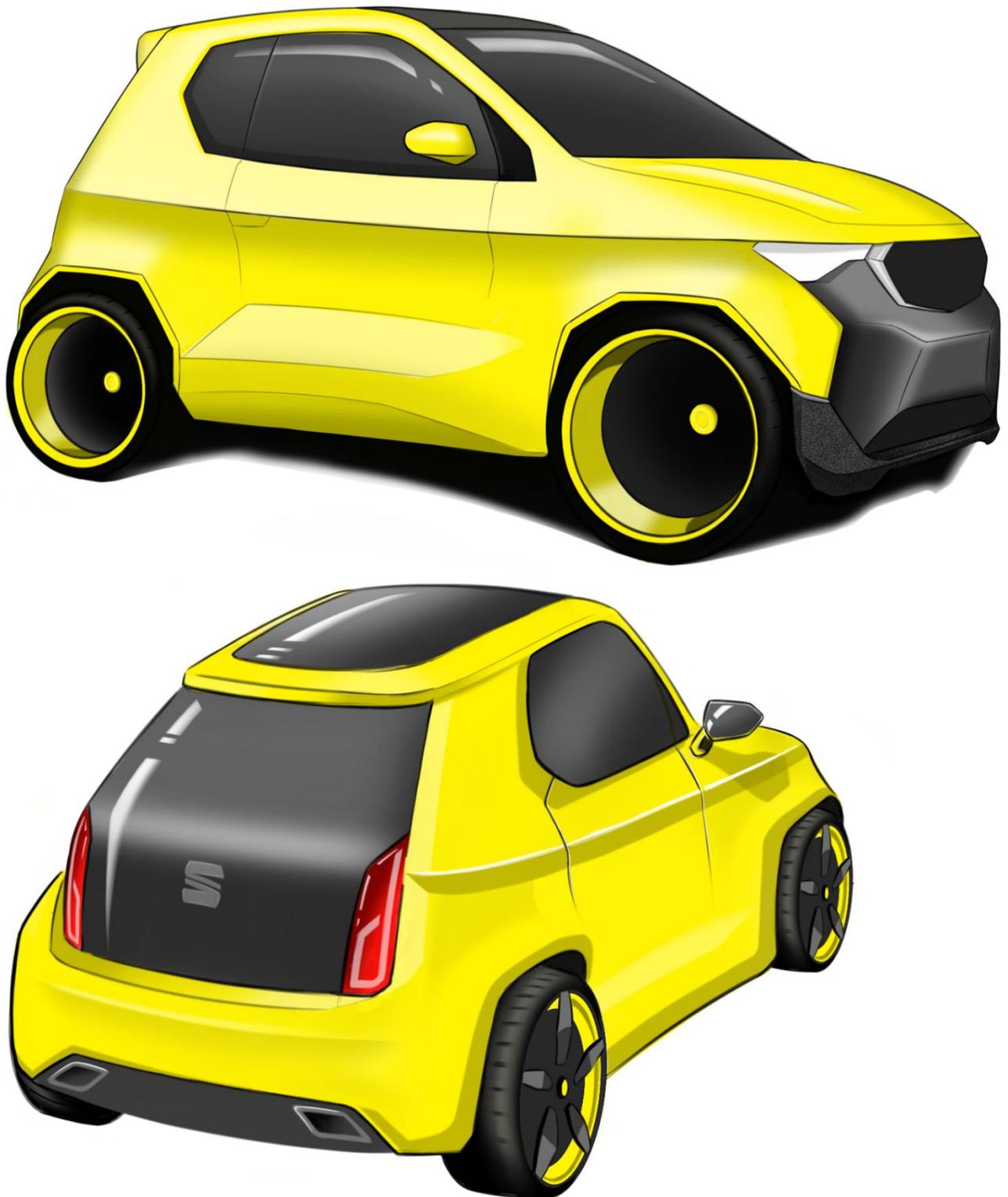


Imagen 7-6 Diseño 1.



Imagen 7-7 Diseño 2.



Imagen 7-8 Diseño 3.

8. Elección mejor diseño

NECESIDADES	IMPORTANCIA						
ESTETICA	9	6	54	7	63	7	63
DIMENSIONES	8	9	72	8	64	8	64
ACABADOS	7	7	49	8	56	9	63
UTILIDAD	6	7	42	6	36	6	36
PRECIO	8	6	48	7	56	7	56
AERODINAMICA	4	6	24	6	24	6	24
IMAGEN DE MARCA	8	8	64	9	72	7	56
SEGURIDAD	10	6	60	5	50	7	70
ACCESIBILIDAD	7	6	42	6	42	6	42
VERSATILIDAD	5	6	30	7	35	6	30
		485		498		504	

Tabla 8-1 VTP.

Para el apartado de estética se realiza una encuesta a través de cuestionario de Google, en ella se pregunta a los participantes que nota darían a los siguientes diseños.

<https://forms.gle/yXXnD97gnSAS4cDw8>

Se consiguió un total de 127 respuestas de las cuales la media de las puntuaciones obtenidas está reflejada en la fila de estética del VTP

9. Programa de cad



Imagen 9-1 Fusion 360.

Fusión 360 es un programa de autodesk que combina el diseño mecánico e industrial, la simulación, la colaboración y el mecanizado en un conjunto de herramientas integrado que abarca desde el concepto hasta la fabricación de los productos.

Consta de diferentes módulos:

- Diseño y modelado 3D
- Simulación
- Diseño generativo
- Documentación
- Colaboración
- Fabricación

Tiene la peculiaridad de que trabaja en la nube y todos los archivos generados no ocupan espacio en el ordenador, esto trae muchas facilidades a la hora de compartir trabajos con el resto de usuarios y trabajar en equipo.

El precio esta alrededor de 500 euros al año y la licencia es gratis para estudiantes durante 3 años.

Fusión 360 es la herramienta utilizada para el modelado del vehículo, mientras que para la simulación de elementos finitos y realización de planos se ha utilizado *SolidWorks*.

10. Proceso de diseño

El software utilizado para el modelado de la carrocería es fusión 360 de autodesk.

Se modela el volumen de las ruedas con las siguientes dimensiones:

-Llantas de 16 pulgadas.

-Neumático 195/55 R16

195 es el ancho del neumático en mm

55 es el perfil de la rueda en este caso es el 55% de 195= 107.25mm

R16 son las pulgadas de la llanta en mm sería: $16 \times 25.4 = 406.4$

Por lo que el diámetro de la rueda sería:

$(107.25 \times 2) + 406.4 = 620.9 \text{mm}$ de diámetro

Y el ancho **195 mm**.



Imagen 10-1 Nomenclatura neumático.

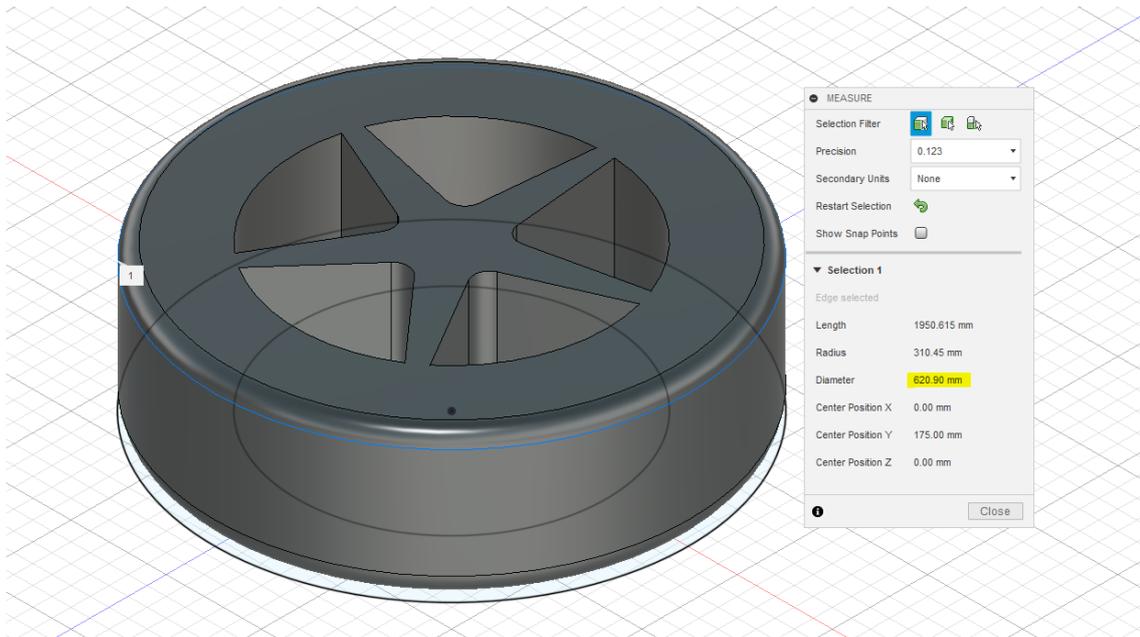


Imagen 10-2 Volumen rueda.

Para empezar al modelado del vehículo se parte de las medidas recogidas en el diseño conceptual y ergonómico (véase anexo *plano diseño conceptual y ergonómico*), se sitúan los dumies en la posición adecuada y se ensamblan el modelo de volumen de las ruedas.

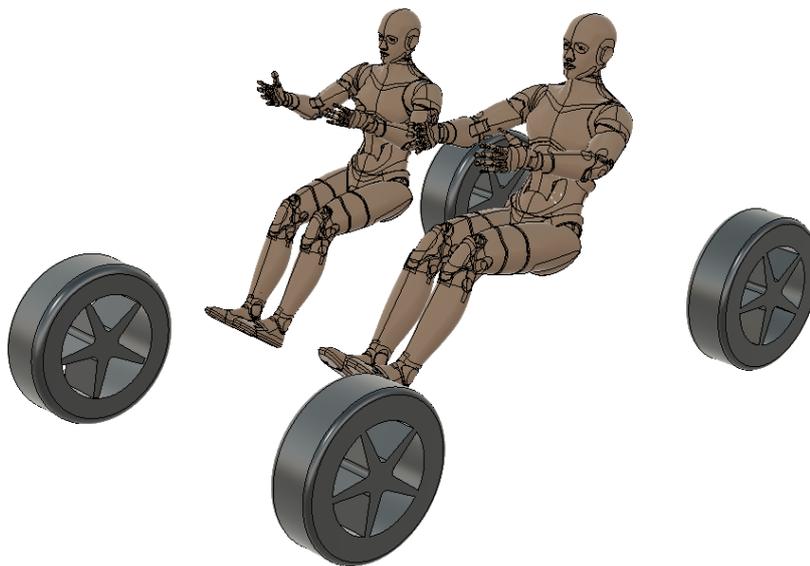


Imagen 10-3 Detalle posicionamiento ergonómico.

Una vez posicionado se puede modelar la superficie con las medidas adecuadas.



Fusión 360 es muy fácil e intuitivo en este sentido, con la interface en modo diseño creamos formas primarias, en este caso un plano, el cual se va prolongando dando la forma necesaria y con ayuda de comando de simetría todo se realiza de manera más sencilla.

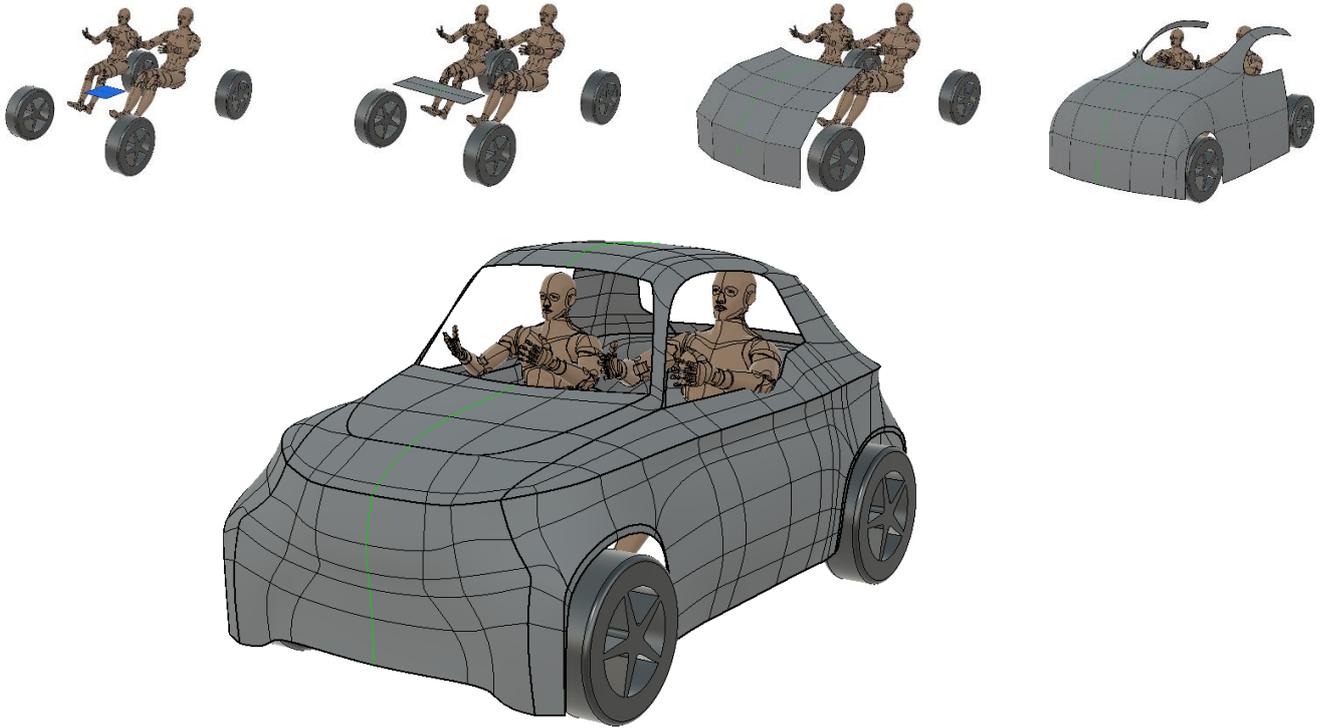


Imagen 10-4 Proceso modelado superficie.

Poco a poco se va modelando esta superficie hasta llegar a tener un volumen definido, intentado que sea lo más parecido al sketch.



Imagen 10-5 Detalle similitud sketch.

Una vez lograda la forma se puede establecer una idea de lo que serían los volúmenes de motor, habitáculo y maletero.

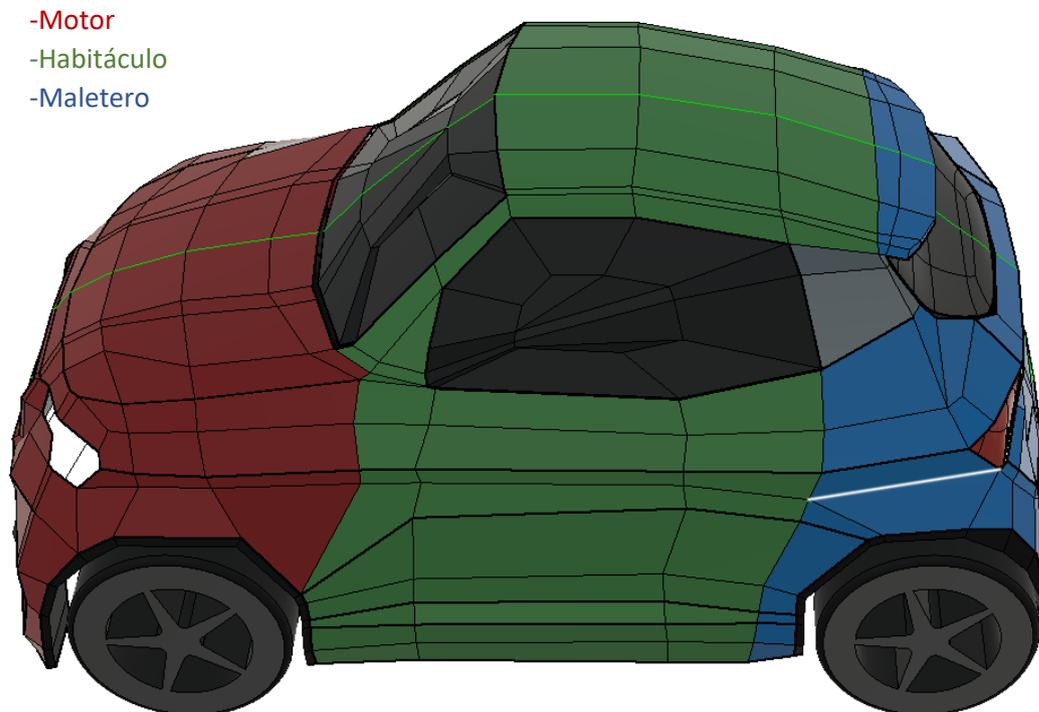


Imagen 10-6 Volúmenes vehículo.

Para modelar las llantas se modifica el archivo de volumen de llanta creado anteriormente, ya que esta posee las medidas exactas y sirve de referencia.

En cuanto al modelado de la forma, fusión 360 tiene un apartado que se llama *attach canvas*, en el cual se proyecta de fondo el dibujo realizado previamente de las llantas. Seguidamente, con la ayuda del comando de simetría radial, modificando la forma del mismo modo que se hizo anteriormente, se termina de modelar las llantas, los frenos y los neumáticos.

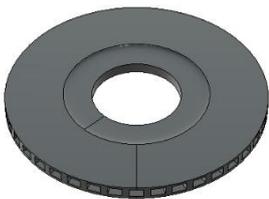
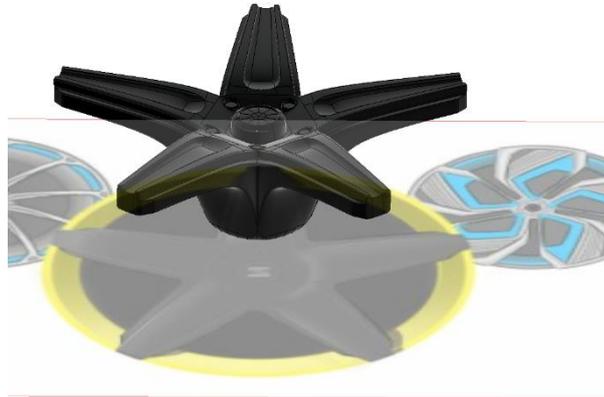
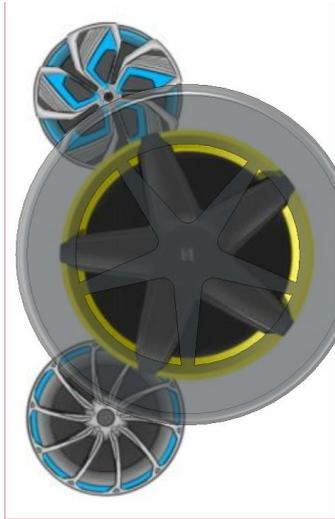


Imagen 10-7 Proceso modelado ruedas.

Se modelan las curvas de la carrocería y los alojamientos de las luces, la calandra, el escape, las puertas, la parrilla, las rejillas, etc.

Difusor:

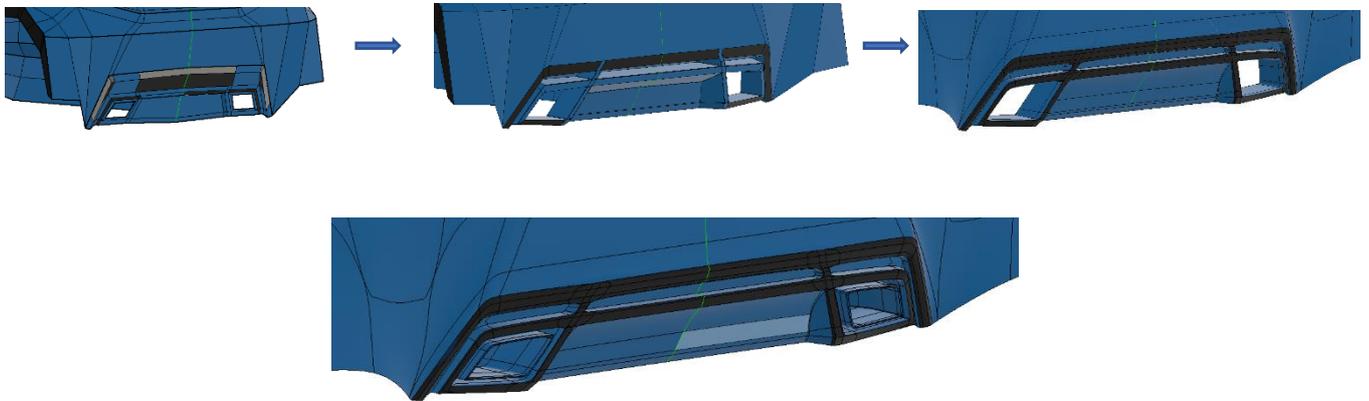


Imagen 10-8 Proceso modelado difusor.

Faros y calandra:

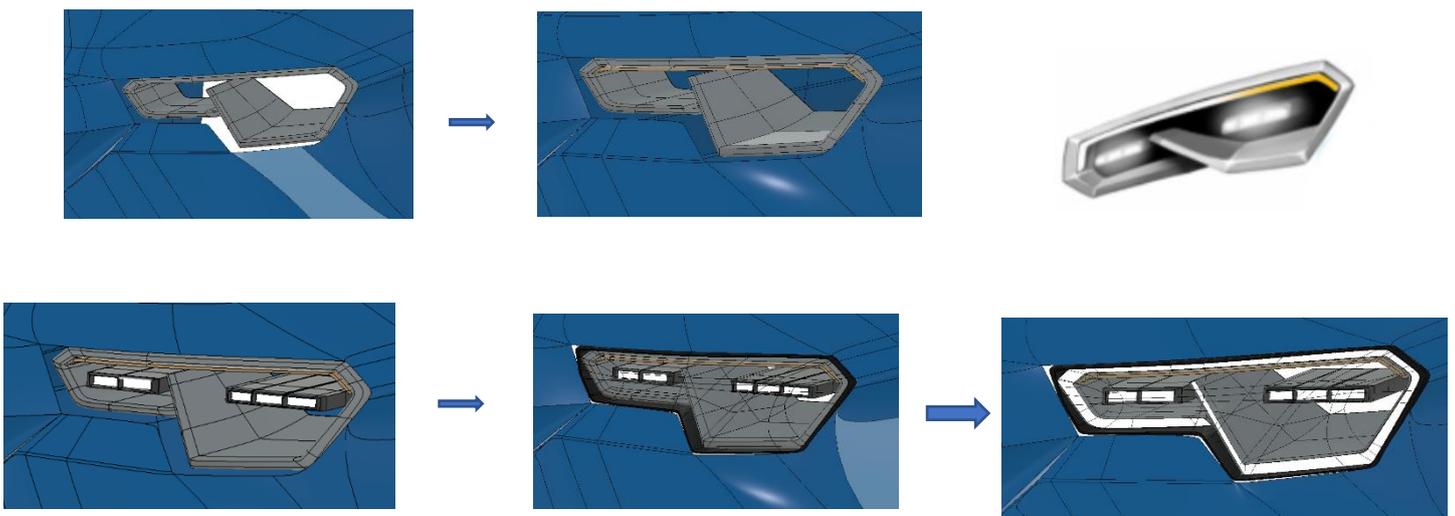


Imagen 10-9 Proceso modelado faros.

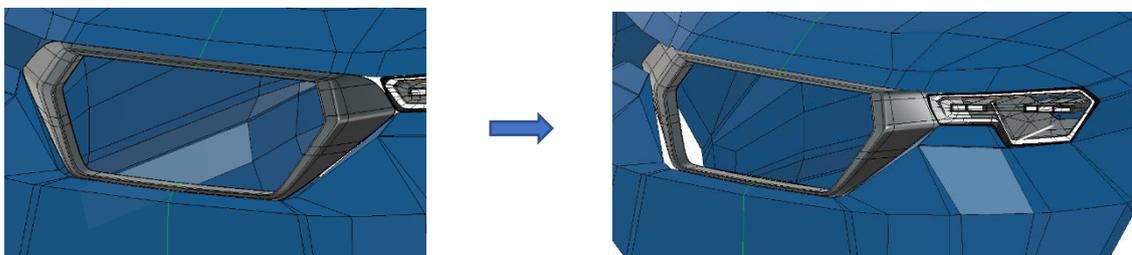


Imagen 10-10 Proceso modelado calandra.

Partiendo de un croquis, se corta para dar una inclinación y se redondean los cantos, redondeos de 2 mm arriba y abajo, y variable de entre 1 y 3 por el centro. Copio la pieza y la desplazo 110 mm en horizontal y 43 mm en vertical, así sucesivamente hasta conseguir la rejilla y combino los cuerpos.

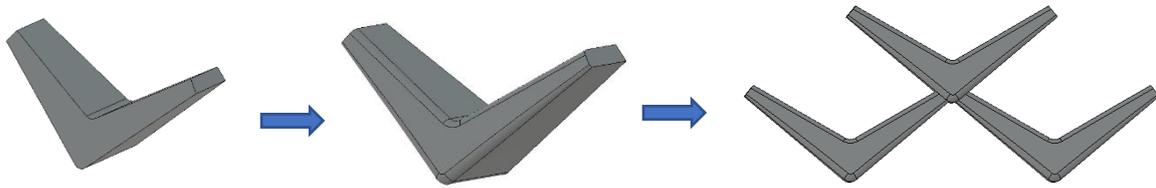


Imagen 10-11 Detalle modelado rejilla.

Se mueve y se escala hasta que cuadre en la rejilla y después se recorta el sobrante

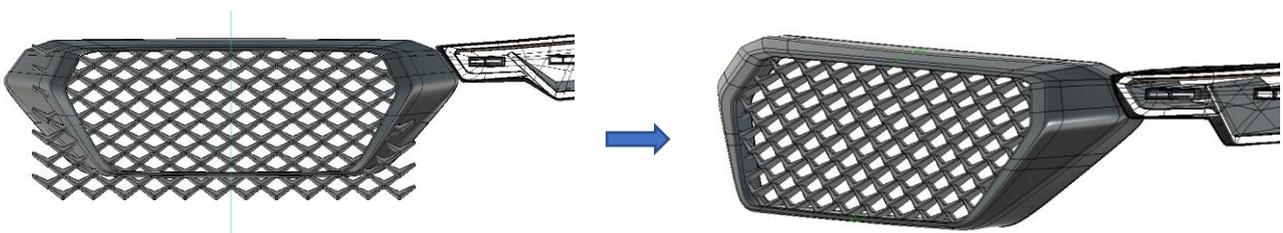


Imagen 10-12 Modelado rejilla calandra.

Rejilla:

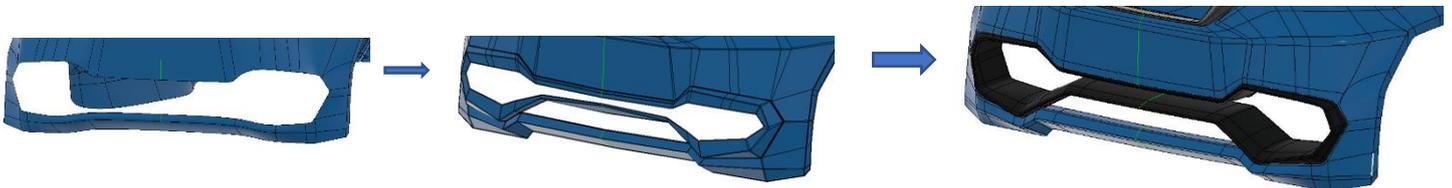


Imagen 10-13 Proceso de modelado rejilla.

Las entradas laterales irán dirigidas a las ruedas delanteras para “soplar” el aire a las zonas de baja presión de las ruedas delanteras mejorando así la aerodinámica, el resto irá canalizado para la refrigeración del motor, el intercooler y el aire acondicionado en caso de llevar, sino irán tapadas y serán mera función estética.

Se modela la luz antiniebla delantera.

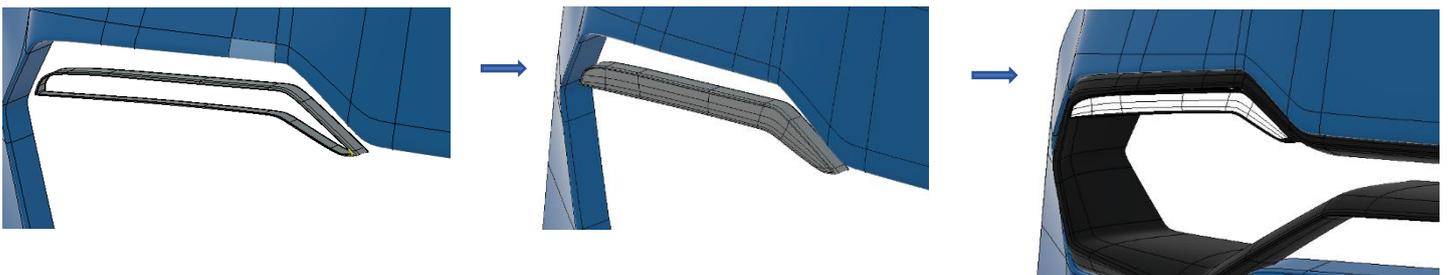


Imagen 10-14 Proceso de modelado luz antiniebla.

Para la rejilla se modela un patron romboide, el cual se copia desplazandolo 85 mm horizontalmente y 35 mm verticalmente. A contiuación se copia, se escala, se combina y se corta.

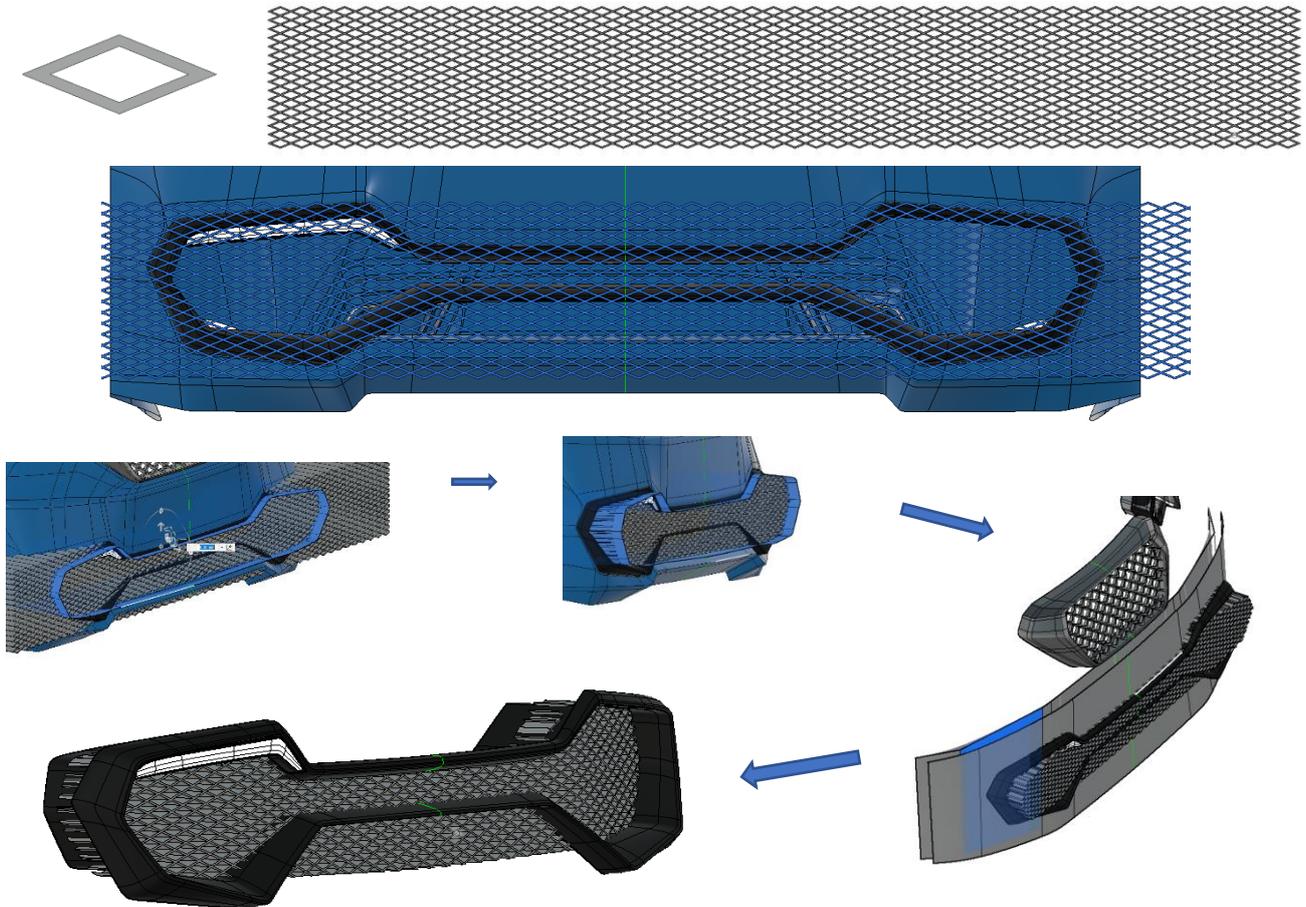


Imagen 10-15 Proceso de modelado rejilla.

Cubre limpias y capo:

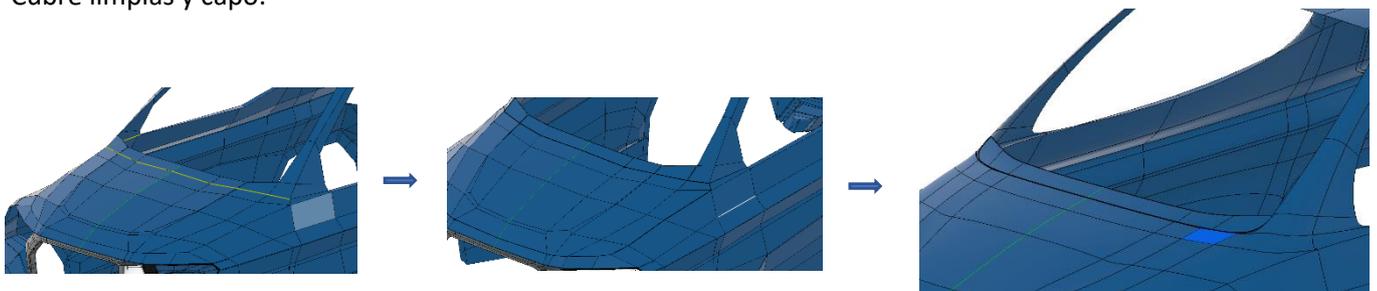


Imagen 10-16 Proceso de modelado cubre limpias y capo

Para la realización del capo y cualquier otra pieza como por ejemplo: Puertas, porton, faldones, cubre limpias, parachoques, etc. Se tiene que separar de la estructura principal.

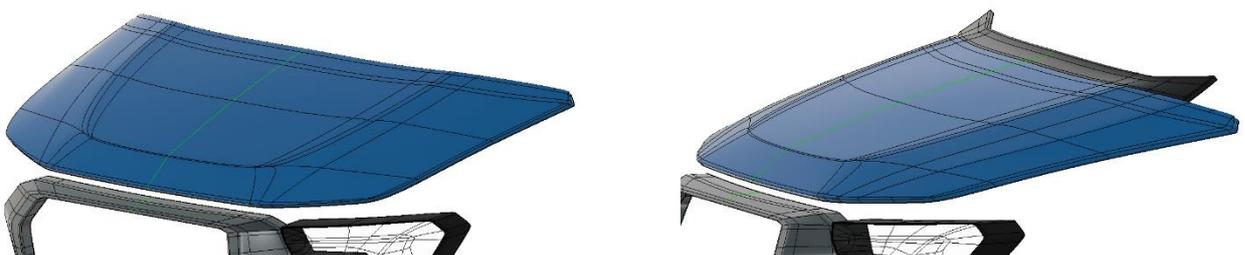


Imagen 10-17 Detalle capo y cubre limpias.

Techo:

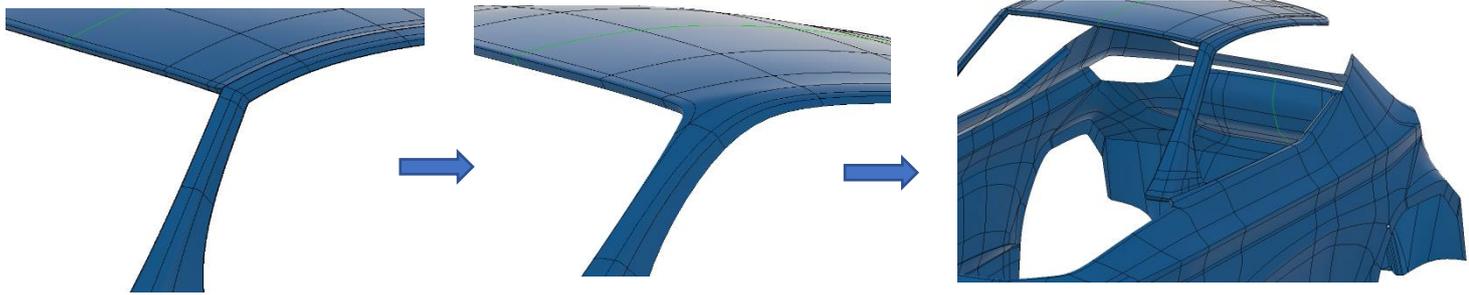


Imagen 10-18 Proceso de modelado techo.

Es muy importante observar de vez en cuando las curvas de la superficie, esto no se aprecia en el modo diseño, para ello hay que poner el modo render, el cual muestra la superficie sin la malla poligonal y con brillos, estos brillos nos resaltan las imperfecciones de la superficie y se podrá corregir antes de que sea más complicado hacerlo. En la *imagen 10-19* se puede apreciar que aparentemente no hay ningún defecto en el modo diseño, pero una vez se pasa al modo render se hacen notar todas estas imperfecciones.

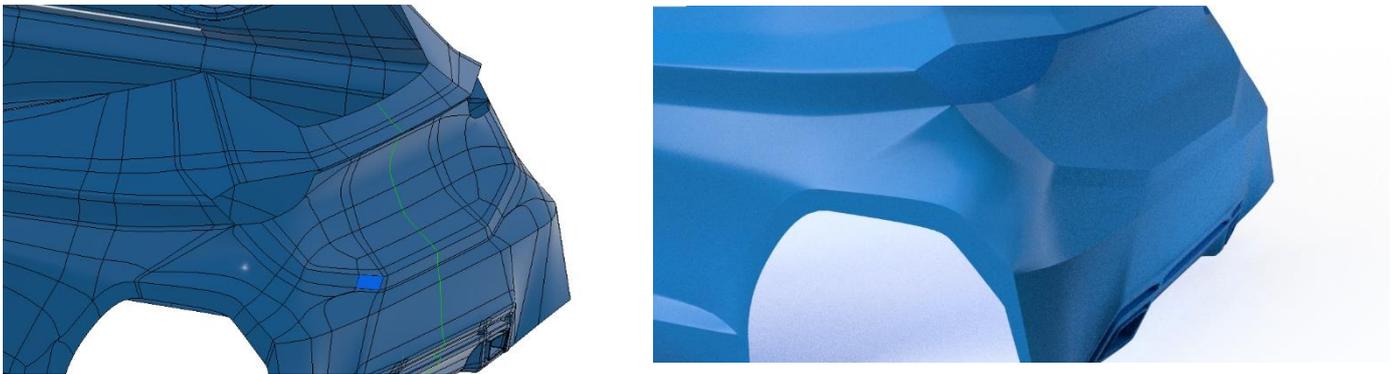


Imagen 10-19 Detalle de defectos.

Embellecedor pilar B y portón.

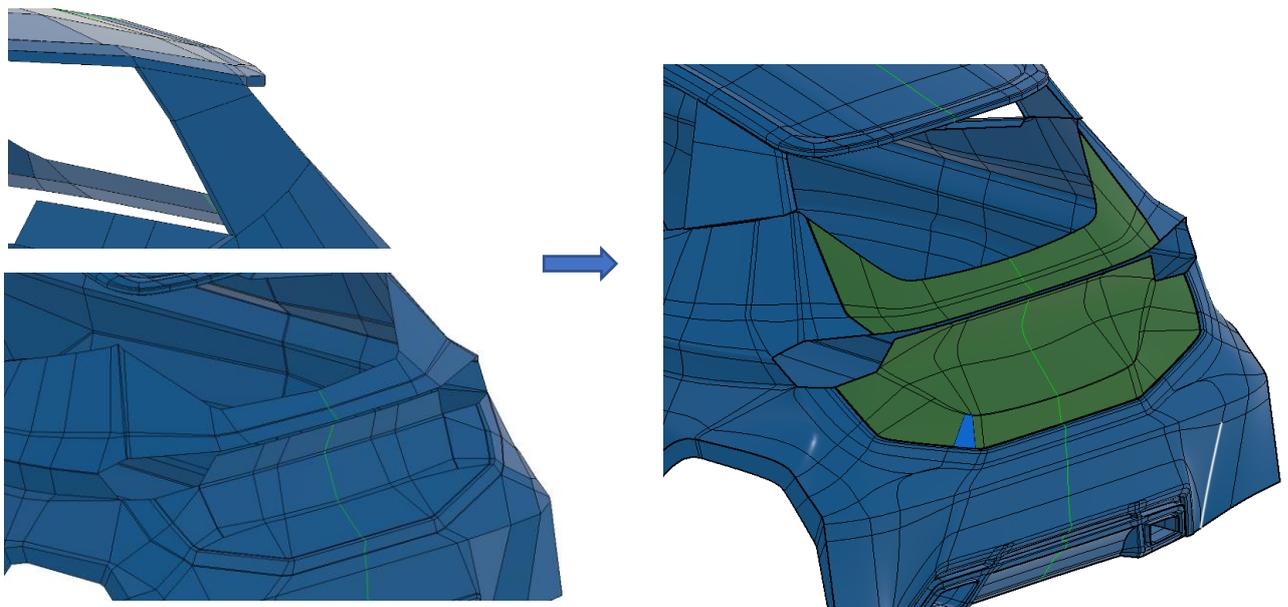


Imagen 10-20 Proceso de modelado pilar B y portón.

Luces traseras:

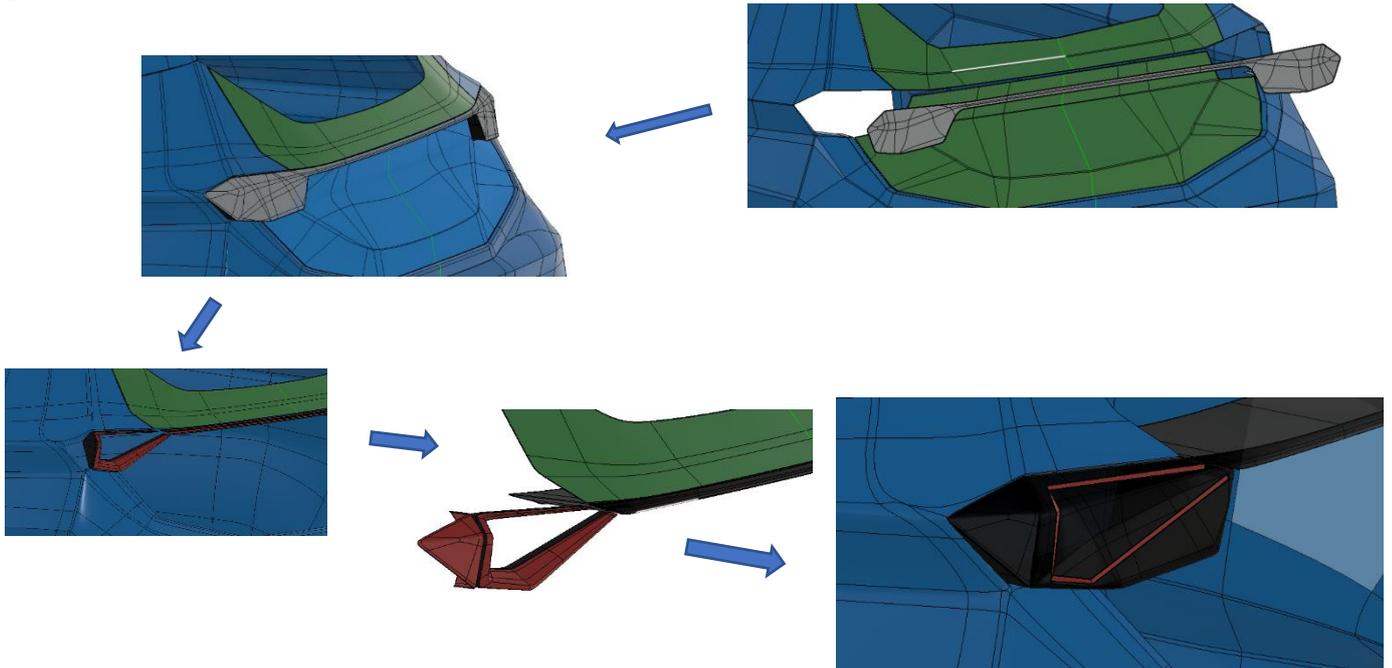


Imagen 10-21 Proceso de modelado luces traseras.

Pases de rueda:

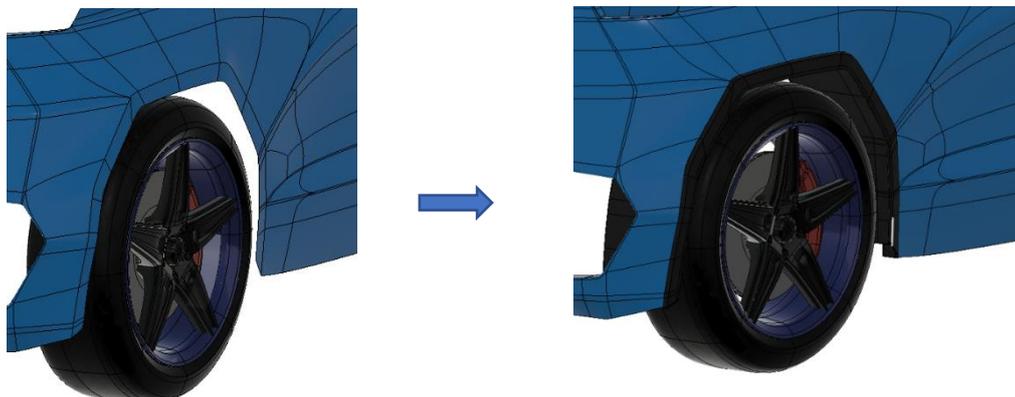


Imagen 10-22 Proceso de modelado paso de rueda.

Logotipo:

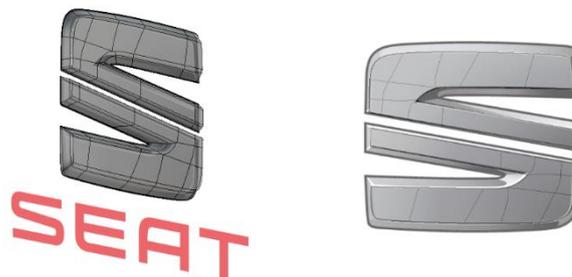


Imagen 10-23 Proceso de modelado logotipo.

Para el modelado del logotipo se utiliza la imagen de fondo y se modela, como la parte de arriba es igual que la de abajo girada 180° basta con hacer una parte y copiarla debajo. Posteriormente se escala y se mueve para encajarlo en la parte trasera y delantera del vehículo.

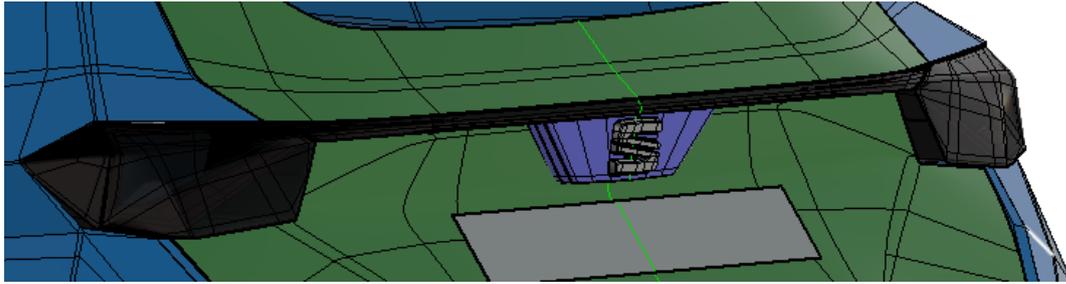


Imagen 10-24 Detalle logotipo..

Una vez está todo modelado y corregidas algunas imperfecciones en la superficie se pasa a las apariencias.

Se pudo observar que, a diferencia de las apariencias de materiales sin iluminación, los materiales luminosos solo aplicaban a luz por una cara de la superficie, estropeando así los renders como se puede ver en la *imagen 10-25*.

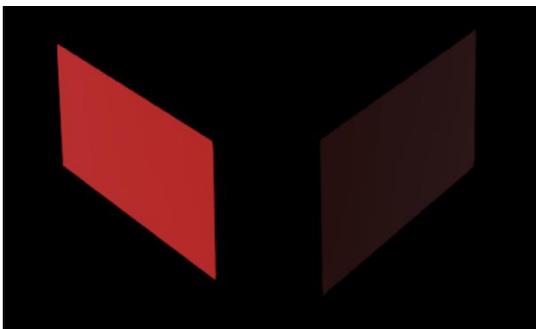


Imagen 10-25 Detalle error luminosidad.

Para corregir este "error" se tuvo que convertir de forma a superficie y con el comando *reverse normal* aplicado a aquellas zonas que no iluminaban de forma correcta todo quedó solucionado.

En la siguiente *imagen 10-26* se puede apreciar el fallo en un render del faro delantero, véase como la luz diurna no ilumina al frente sino hacia atrás.



Imagen 10-26 Detalle error faro delantero.

Este es el aspecto de la luz diurna una vez corregido el error.

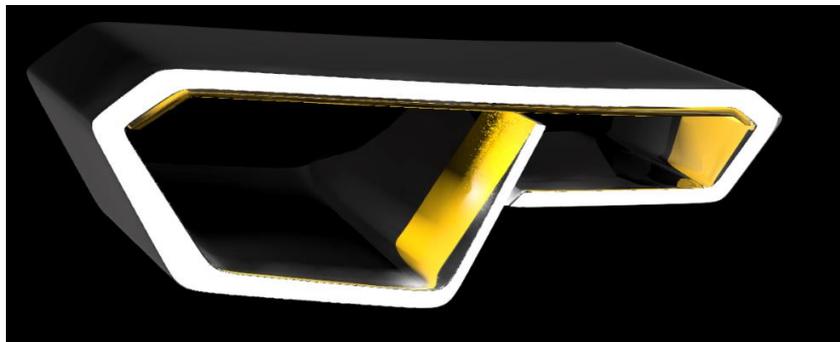


Imagen 10-27 Render faro delantero.

Es importante comentar que en este apartado se han omitido algunos pasos y piezas modeladas, los cuales son simplemente repetitivos, para no extender demasiado este punto.

11. Materiales

Los materiales más utilizados para la fabricación de carrocerías de automóvil son:

- Aceros
- Aleaciones de aluminio
- Aleaciones de magnesio
- Plásticos y sus aleaciones, con opción de estar o no reforzados
- Resinas termoestables con fibra de vidrio o de carbono

Se realiza un estudio preliminar sobre estos materiales para escoger los materiales idóneos para la realización de esta carrocería.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
ACEROS	
Facilidad de conformado	Pesado 7850kg/cm ³
Fácil de reparar	Sensible a oxidación y corrosión (se puede mejorar con galvanizado, electrocincado o aluminizado.)
Fácil de soldar	
Económico	
ALUMINIOS	
Ligero	Caro
Resistente a oxidación y corrosión	Difícil de reparar
	Difícil de soldar (escandio para soldar)
MATERIALES SINTÉTICOS	
Reducido peso	
Posibilidades de diseño	
Resistencia a la oxidación	
Bajo coste	
Variedad de materiales: Termoplásticos, termoestables y elastómeros	
MATERIALES COMPUESTOS (fibras)	
Resistentes	Caros
Ligeros	Difíciles de trabajar
	Se astillan en caso de golpe
	Difíciles de reparar
	No reciclables

Tabla 11-1 Comparación de materiales.

Teniendo en cuenta que el vehículo pretende ser económico y de fácil mantenimiento, como conclusión de este estudio preliminar de materiales se decide usar en su gran mayoría aceros convencionales para los paneles menos exigentes como puede ser aletas y laterales, aceros de alta resistencia para puertas capo y portón trasero, y aceros de muy alta resistencia en la zona del techo.

El aluminio se descarta ya que es demasiado caro, aunque se aplicara en algunas zonas como por ejemplo el embellecedor lateral del pilar trasero, ya que el acabado metalizado y la resistencia a la corrosión (la propia oxidación del material ofrece una capa protectora) del aluminio ofrecen un buen acabado, y las llantas que serán de aleación de aluminio ya que la influencia del peso es muy notoria en las masas no suspendidas del vehículo y los acabados son mucho mejores que las llantas de fundición con tapacubos.

En cuanto a materiales sintéticos por su ligereza, coste reducido y facilidad de construcción se utilizarán en partes que puedan ser propensas a golpes, que sean difíciles de fabricar en lo que a forma se refiere y que tengan que ser ligeramente deformables, como son parachoques delantero y trasero, retrovisores, embellecedores, rejillas, molduras, guarnecidos, protectores de pase de rueda, etc.

En concreto para los parachoques y pases de rueda se usará ABS-PC ya que es un termoplástico un poco más rígido que el ABS y con muy buena resistencia al choque.

Respecto a los materiales compuestos, en los que nos referimos a los más comunes como pueden ser la fibra de vidrio o fibra de carbono con resinas poliésteres o epoxis, quedan descartados por la dificultad y costes de producción, así como su mala reciclabilidad y separabilidad.

El material de las lunas del coche será de cristal templado en todas las lunas a excepción de la luna delantera, la cual está fabricada en cristales laminados, estos cristales se fabrican adhiriendo las dos capas de cristal a una lámina plástica de *Polivinil Butiral (PVB)* que queda intercalada entre ambos. La introducción de la lámina elimina el riesgo de fragmentación del cristal, permite el tintado o ahumado y favorece la adherencia.

Puesto que la mayor parte de la carrocería es de acero los siguientes párrafos se destinarán a detallar en profundidad este material en sus diferentes tipos y aplicaciones en la carrocería del automóvil.

11.1 Aceros en automoción

El acero es material predominante en la fabricación de carrocerías de automóviles, ya que presenta buena resistencia, ductilidad y bajo coste sobre otros materiales

Para entender su aplicación en la carrocería del automóvil se clasifican según su límite elástico en los siguientes grupos:

- Aceros Convencionales.
- Aceros de Alta Resistencia.
- Aceros de Muy Alta Resistencia.
- Aceros de Ultra Alta Resistencia.

11.1.1 Acero Convencional

El acero convencional es un acero dulce no aleado, laminado en frío y con un bajo contenido en carbono. Este reducido contenido en carbono le proporciona unas buenas características para el trabajo de deformación en prensas, pero por el contrario su límite elástico es demasiado bajo, por lo que se necesitan mayores espesores para soportar los esfuerzos a los que se someten las distintas piezas, y además en los paneles exteriores se producen abolladuras con facilidad.

Empleo: Su bajo límite elástico lo convierte en un material para usar en piezas con baja responsabilidad estructural (aletas, paneles de puertas, portones traseros, etc).

11.1.2 Aceros de Alta Resistencia

Estos aceros se clasifican en tres tipos en función del mecanismo de endurecimiento que se usa para aumentar su resistencia.

- Aceros Bake-Hardening

Estos aceros han sido elaborados y tratados, para conseguir un aumento significativo del límite elástico durante un tratamiento térmico a baja temperatura, tal como una cocción de pintura. La ganancia en su límite elástico conseguida por el tratamiento de cocción, llamado efecto "Bake Hardening" (BH), es generalmente superior a 40 MPa. El efecto "Bake Hardening" ofrece una mejora en la resistencia a la deformación y una reducción del espesor de la chapa para unas mismas propiedades mecánicas.

Empleo: Estos aceros están destinados a piezas de panelería exterior (puertas, capós, portones, aletas delanteras y techo) y piezas estructurales para el automóvil (bastidores inferiores, refuerzos y travesaños).

- Aceros Microaleados o Aceros ALE

Los Aceros Microaleados o Aceros ALE se obtienen mediante la reducción del tamaño de grano y precipitación del mismo, y en algunos casos, de forma selectiva se añaden otros elementos de aleación como titanio, niobio o cromo que confieren propiedades de dureza. Este tipo de aceros se caracterizan por una buena resistencia a la fatiga, una buena resistencia al choque y una buena capacidad de deformación en frío.

Empleo: Estos aceros se destinan sobre todo para piezas interiores de la estructura que requieren una elevada resistencia a la fatiga, como por ejemplo los refuerzos de la suspensión, o refuerzos interiores. También se pueden encontrar en largueros y travesaños. El material predominante en la fabricación de carrocerías de automóviles es el acero, como consecuencia de sus buenas propiedades mecánicas (resistencia y ductilidad) y su bajo coste económico en relación con otros materiales. Además del acero, en la carrocería podemos encontrar otros tipos de materiales como son vidrio, aluminio y plásticos. En los últimos años tanto el aluminio como los plásticos han aumentado sus porcentajes en la composición de las carrocerías en detrimento del acero. Aun así, el acero sigue representado entre el 70 y el 80 % del peso total de la carrocería.

- Aceros Refosforados o Aceros Aleados al Fósforo

Son aceros con una matriz ferrítica, que contienen elementos de endurecimiento en la solución sólida, tales como fósforo, cuya presencia puede ser de hasta un 0.12 %. Estos aceros se caracterizan por ofrecer altos niveles de resistencia, conservando al mismo tiempo una buena aptitud para la conformación por estampación.

Empleo: Las piezas fabricadas con esta clase de acero se destinan a usos múltiples, como piezas de estructuras o refuerzos que están sometidas a fatiga, o piezas que deben intervenir en las colisiones como son largueros, travesaños o refuerzos de pilares.

11.1.3 Aceros de Muy Alta Resistencia

Los aceros de muy alta resistencia o también llamados multifásicos obtienen la resistencia mediante la coexistencia en la microestructura final de “fases duras” al lado de “fases blandas”, es decir, se parte de un acero inicial que se somete a un proceso específico, por lo general es un tratamiento térmico (temple, revenido, normalizado...), que lo transforma en otro. En esta categoría se incluyen los siguientes aceros:

- Aceros de Fase Doble (DP)

Este tipo de aceros presentan una buena aptitud para la distribución de las deformaciones, un excelente comportamiento a la fatiga y una alta resistencia mecánica lo que genera una buena capacidad de absorción de energía y por lo tanto predispone a utilizarlos en piezas de estructura y refuerzo. Su fuerte consolidación combinada con un efecto BH muy marcado les permite ofrecer buenas prestaciones para aligerar piezas.

Empleo: Como consecuencia de sus altas propiedades mecánicas y su potencial de aligeramiento entorno al 15%, en comparación con los aceros convencionales, se usan en piezas con alto grado de responsabilidad estructural como son el estribo, el montante, las correderas de asientos, las cimbras de techo, etc.

- Aceros de Plasticidad Inducida por Transformación (TRIP)

La capacidad de consolidación de estos aceros es importante, lo que favorece la distribución de las deformaciones, por lo tanto, se asegura una buena estampación, así como ciertas características sobre piezas, en particular el límite elástico, que son mucho más altas que sobre el metal plano. Este gran potencial de consolidación, y una alta resistencia mecánica generan una buena capacidad de absorción de energía, lo que predispone el uso de este tipo de aceros para piezas de estructura y refuerzo. A su vez, esta gama de aceros es sometido a un importante efecto BH (“Bake Hardening”) que les proporciona una mayor resistencia, y por lo tanto permite aligerar las piezas y aumentar su capacidad de absorción.

Empleo: Estos aceros se adaptan sobre todo a piezas de estructura y seguridad debido a su fuerte capacidad de absorción de energía y su buena resistencia a la fatiga, como son largueros, traviesas, refuerzos de pilar B, etc.

- Aceros de Fase Compleja (CP)

Los Aceros de Fase Compleja se diferencian del resto por un bajo porcentaje en carbono, inferior al 0,2 %. Su estructura está basada en la ferrita, en la cual también se encuentra austenita y bainita. Los aceros CP incorporan, además, elementos de aleación ya convencionales (manganeso, silicio, cromo, molibdeno, boro) y microaleantes para afinamiento de grano (niobio y titanio), que les confieren una estructura de grano muy fino. Este tipo de aceros se caracterizan por una elevada absorción de energía acompañada de una alta resistencia a la deformación.

Empleo: Por su alta resistencia a la deformación, las piezas que se fabrican con este tipo de acero son aquellas que tienen como misión evitar la intrusión de elementos en la zona de pasajeros, así como en los habitáculos motor y maletero. Un ejemplo de la aplicación de este tipo de aceros en la carrocería del automóvil es el refuerzo del pilar B.

11.1.4 Aceros de Ultra Alta Resistencia

Estos tipos de aceros se caracterizan por su alta rigidez, la absorción de grandes energías y su alta capacidad para no deformarse. Los usos más comunes son aquellos en los que se requiere una elevada capacidad de absorber energía sin que se deforme la pieza, un ejemplo sería el refuerzo en el denominado pilar B.

- Aceros Martensíticos (Mar)

Los Aceros Martensíticos presentan una microestructura compuesta básicamente de martensita, obtenida al transformarse la austenita en el tratamiento de recocido. El resultado son aceros que alcanzan límites elásticos de hasta 1400 MPa.

Empleo: Su alta resistencia a la deformación, convierten a estos tipos de aceros en los materiales más indicados para la fabricación de piezas destinadas a evitar la penetración de objetos en la zona de pasajeros, así como en los habitáculos motor y maletero. Un ejemplo de su aplicación de este tipo de aceros en la carrocería del automóvil es el refuerzo del pilar B.

- Aceros al Boro o Aceros Boro (Bor)

Son aceros que presentan un alto grado de dureza como resultado del tratamiento térmico al que son sometidos, así como de la adición de elementos aleantes tales como Manganeso (1,1 a 1,4 %), cromo y boro (0,005%). Gran parte de la dureza que poseen estos aceros es el resultado de la estructura martensítica que se obtiene de aplicar el tratamiento térmico.

Empleo: Por su alto límite elástico y su reducido alargamiento (entorno a un 8%), estos aceros se adaptan sobre todo a piezas estructurales del automóvil, en particular las piezas conferidas para dar un alto grado de seguridad, debido a su alta resistencia a los choques y a la fatiga. La mayoría de las aplicaciones actuales están centradas en piezas antiintrusión (habitáculo o motor), por ejemplo, refuerzos de pilar B y traviesas.

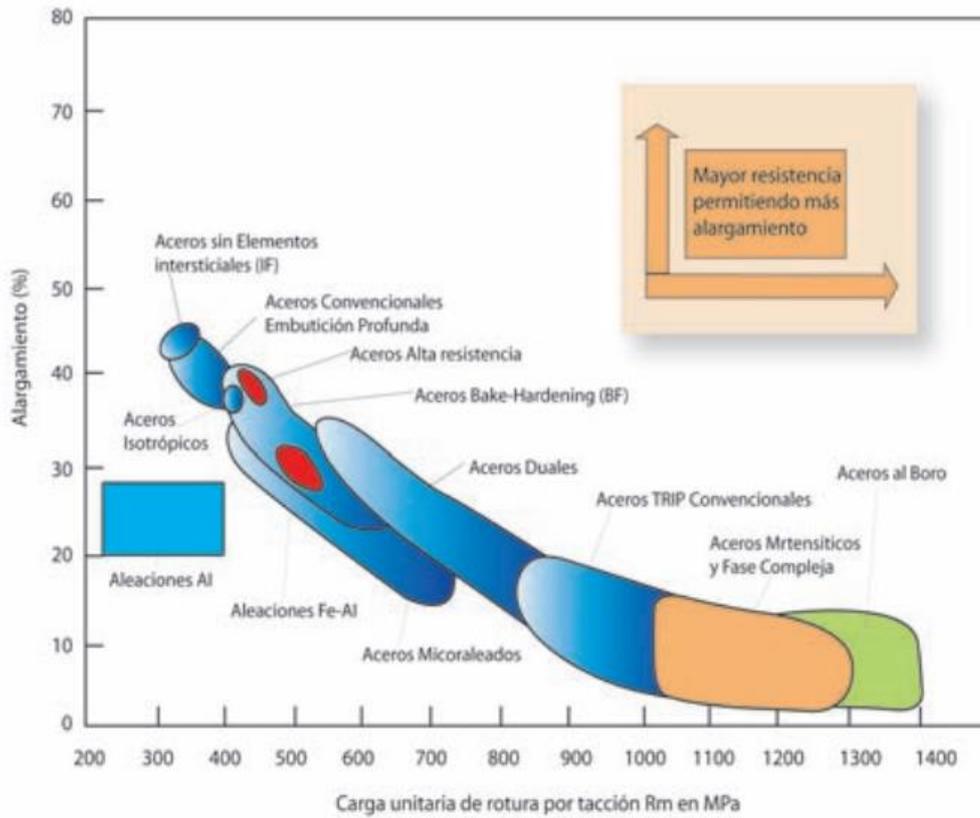


Imagen 11-1 Grafica de Alargamiento Vs Resistencia a tracción.

Tipo de Acero	Rango Límite Elástico Re (N/mm ²)	Acero	Proceso de Obtención	Rango Límite Elástico Re (N/mm ²)
Aceros convencionales para estampación	< 220			
Aceros de alta resistencia	>220 ... <450	Bake Hardening	Bake Hardening	160 ... 300
		Microaleado	Afino de grano y precipitación	>340
		Refosforado	Solución sólida	>220
Aceros de muy alta resistencia	>450 ... <800	Fase Doble (DP)	Fases duras	500 ... 600
		Plasticidad Inducida por Transformación (TRIP)	Fases duras	600 ... 800
		Fase Compleja (CP)	Fases duras	800 ... 1000
Aceros de ultra alta resistencia	>800	Martensíticos (MS)	Fases duras	1000 ... 1250
		Aceros Boron o Aceros al Boro (BOR)	Fases duras	>1250

Tabla 11-2 Tipos de aceros automoción.

12. Seguridad

A continuación, se dictan una serie de medidas de seguridad que tienen que ver con el diseño de la carrocería de este vehículo:



Imagen 12-1 Distribucion de materiales en chasis de coche (centro de zaragoza)

Con el fin de que el habitáculo sea lo más seguro posible este debe de ser lo más rígido e impenetrable posible, lo que comúnmente es llamado como jaula del vehículo, para ello las zonas del habitáculo estarán formadas con aceros de muy alta resistencia y ultra alta resistencia, con el fin de prevenir aplastamientos a las personas que van dentro, en el caso de las zonas más distantes al habitáculo lo que interesa es que se absorba la máxima energía del choque para amortiguarlo, es por ello que los materiales utilizados son aceros comunes o de alta resistencia.

La adición de barras laterales de refuerzo en las puertas y techo es especialmente importante en este tipo de carrocería ya que las puertas son muy grandes y con ello más susceptibles a deformarse con los golpes laterales.

Las zonas más periféricas de la “jaula” del habitáculo dispondrán de una zona de deformación programada, la finalidad de dicha zona consiste en absorber la mayor parte de la energía del impacto, para ello se realizan pliegues, canales, orificios, largueros, refuerzos, etc.

Su ubicación también es importante, se deben colocar de forma estratégica a fin de que estos actúen de forma progresiva distribuyendo las fuerzas recibidas en la colisión a través de los concentradores de esfuerzos, concretamente en esta carrocería las zonas de deformación programada se encuentran en la zona delantera, principalmente en los largueros y traviesas que bordean el motor, en la parte trasera, al ser relativamente pequeña es preferible que no tenga zona deformada y esta sea más rígida ya que si se hace deformable ante un golpe trasero fuerte esta zona podría aplastar a los ocupantes.

El motor puede ser un arma mortal para los ocupantes llegando a aplastarlos en caso de accidente, especialmente la zona de las piernas. Es por ello que el motor en caso de accidente frontal se desplace por debajo del vehículo impidiendo así que se proyecte a la zona del habitáculo.

Las lunas delanteras del vehículo están formadas por cristales laminados (como se comenta en el apartado anterior) y su función es que el cristal no se astille provocando cortes e incrustaciones en los ocupantes en caso de accidente.

Las diferentes partes de los paneles exteriores de la carrocería deben de ser estudiadas, ya que pueden ser elementos cortantes en caso de accidente y provocar daños inesperados a los ocupantes o peatones.

En cuanto a seguridad activa del vehículo, se incorpora un sistema de señalización de frenada progresiva, esta consta de 2 niveles de frenada:

- En frenadas suaves se encienden las luces de freno laterales y la de la luna trasera.
- En frenadas más bruscas se enciende la banda central que une las dos luces de freno laterales.



Imagen 12-2 Detalle luces dinámicas.

En cuanto a normativa de seguridad referente a la carrocería del vehículo no se ha conseguido recoger información ya que esta es muy extensa y no hace referencia específicamente a la carrocería como tal, quedando esta parte reservada a las pruebas de seguridad de cada marca. No obstante, es bien conocido el programa de seguridad para automóviles apoyados por varios gobiernos europeos, *Euro-NCAP*, en cuyas pruebas participan muchos fabricantes importantes y organizaciones relacionadas con el sector automoción de todo el mundo.

La prueba de impacto frontal es de tipo descentrado (*off-set*), y se realiza a 64 km/h contra una barrera deformable. La prueba de impacto lateral estándar se realiza a 50 km/h contra una barrera móvil. La prueba complementaria de impacto lateral contra un poste para medir la protección de la cabeza del conductor se realiza a 29 km/h moviendo la plataforma sobre la que se sitúa el automóvil contra una bola metálica. Las pruebas de protección de peatones se realizan a 40 km/h (25 mph). El *Euro-NCAP* no realiza pruebas de vuelco ante un accidente.

13. Diseño ergonómico

La Ergonomía es la búsqueda del diseño más adecuado de máquinas y objetos para que se ajusten a las necesidades de las personas.

Para realizar un diseño ergonómicamente correcto se atiende a necesidades como el cinturón de seguridad, posición de la silla, apoyacabezas, espejos, volante, temperatura del habitáculo, campo de visión...

En referente a la posición del conductor este deberá situarse en una inclinación de entre 110 y 120 grados, con una altura de asiento de unos 30 cm más o menos y los brazos estirados, pero ligeramente flexionados.

Como es lógico, para que se sitúen a la misma altura, en lo que a altura de los ojos se refiere, la altura de asiento estará por encima de 30 cm en el caso del maniquí de mujer 5% y por debajo en el caso del hombre 95%, esto no supone ningún problema ya que el asiento, al igual que el volante, es regulable en altura y longitud.

Para realizar un correcto dimensionado del vehículo se toma en consideración las medidas del cuerpo humano. Para ello, se han escogido los percentiles del 95 de hombre y 5 % de mujer.

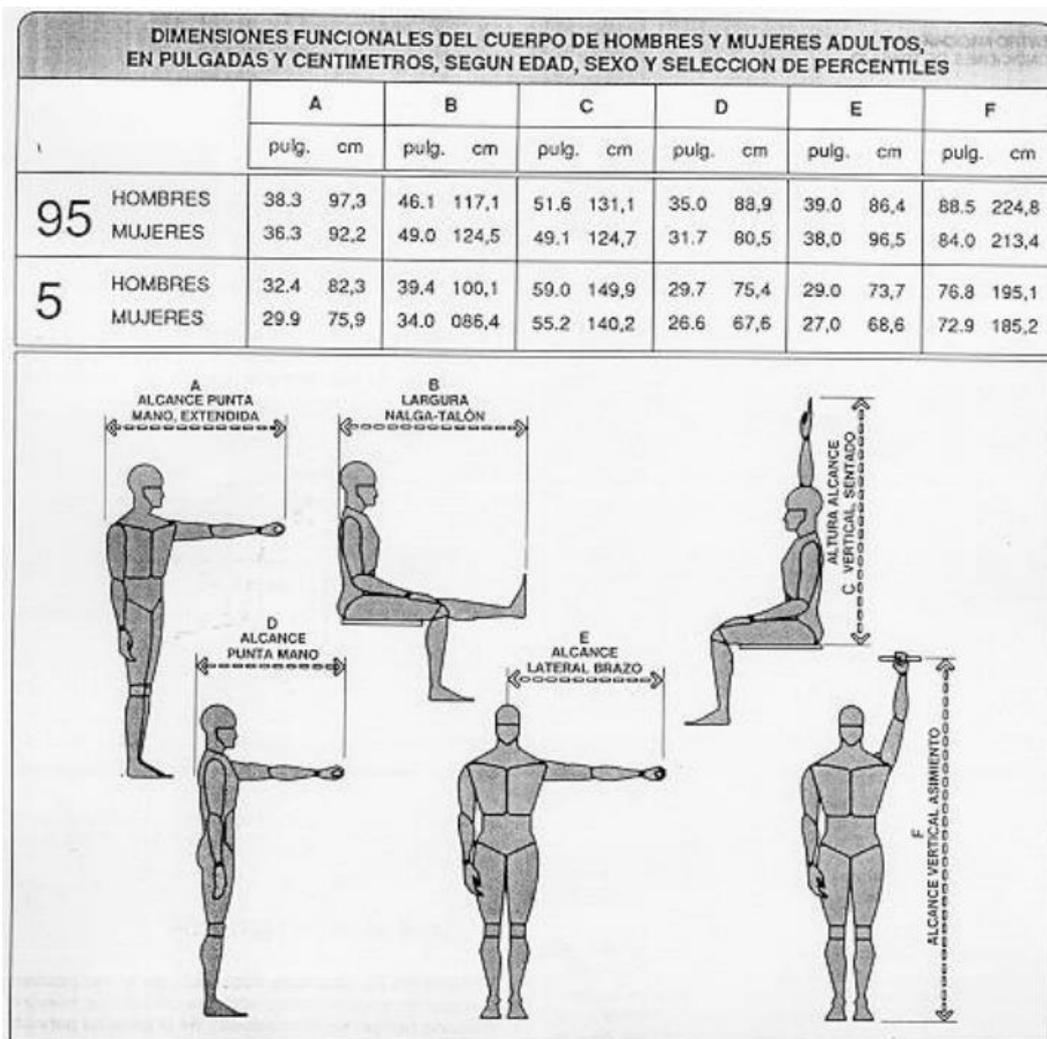


Imagen 13-1 Dimensiones funcionales cuerpo humano.

DIMENSIONES ESTRUCTURALES DEL CUERPO DE HOMBRES Y MUJERES ADULTOS, EN PULGADAS Y CENTIMETROS, SEGUN EDAD, SEXO Y SELECCION DE PERCENTILES															
	A		B		C		D		E		F		G		
	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	
95	HOMBRES	36.2	91,9	47.3	120,1	68.6	174,2	20.7	52,6	27.3	69,3	37.0	94,0	33.9	86,1
	MUJERES	32.0	81,3	43.6	110,7	64.1	162,8	17.0	43,2	24.6	62,5	37.0	94,0	31.7	80,5
5	HOMBRES	30.8	78,2	41.3	104,9	60.8	154,4	17.4	42,2	23.7	60,2	32.0	81,3	30.0	76,2
	MUJERES	26.8	68,1	38.6	98,0	56.3	143,0	14.9	37,8	21.2	53,8	27,0	68,6	28.1	71,4

Imagen 13-2 Dimensiones estructurales cuerpo humano.

En este caso se ha usado un modelo de maniquí que tenía guardado, este tiene las medidas proporcionales asique simplemente se escala con la medida C, altura de los ojos, en las dos medidas tomadas de los percentiles.

A continuación, se inserta los modelos de maniquí en el ensamblaje en la posición correcta, para después sobre esta referencia modelar la carrocería del vehículo.

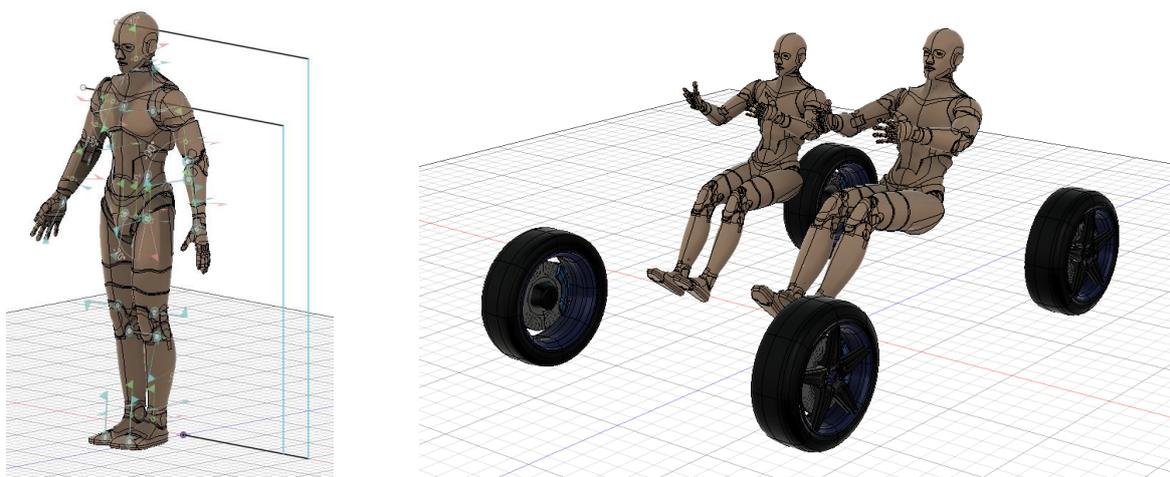


Imagen 13-3 Detalle posicionamiento de dummies.

Nota: los planos pueden consultarse en anexos → plano diseño conceptual y ergonómico.

14. Análisis de elementos finitos

Dado que es muy complicado realizar un análisis de elementos finitos de toda la carrocería se ha escogido el capo para mostrar una ejemplificación de los cálculos estructurales que se pueden realizar en la carrocería.

Es importante decir que este cálculo es meramente orientativo ya que solo se ha modelado la forma del panel exterior, para hacer un análisis en profundidad se debe diseñar los soportes de anclaje, calcular la tornillería, los refuerzos, realizar un estudio de las cargas que va a soportar, etc. Pero sí que puede servir de orientación para situar los refuerzos, calcular espesores de chapa o comparar materiales.

Brevemente a continuación se detallan los pasos a seguir para la realización de esta simulación:

- Convertir el capo de forma a superficie y exportar a formato *.iges* (fusión 360)



Imagen 14-1 Capo.

- Abrir en SolidWorks y crear una nueva simulación.
→ estudio estático → dar espesor de 0.8mm a la superficie → mallar el modelo.

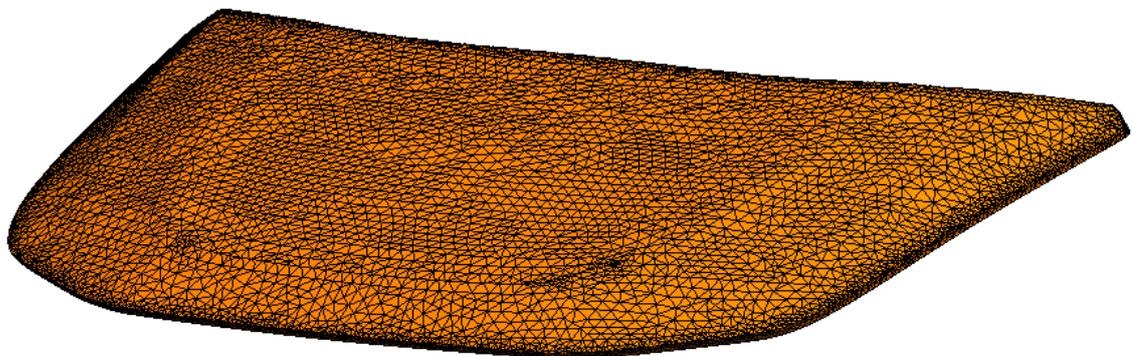


Imagen 14-2 Malla capo.

- Se fija el capo por los laterales simulando que está anclado al chasis y se somete a una carga de 750 N (persona que se sienta en el capo)

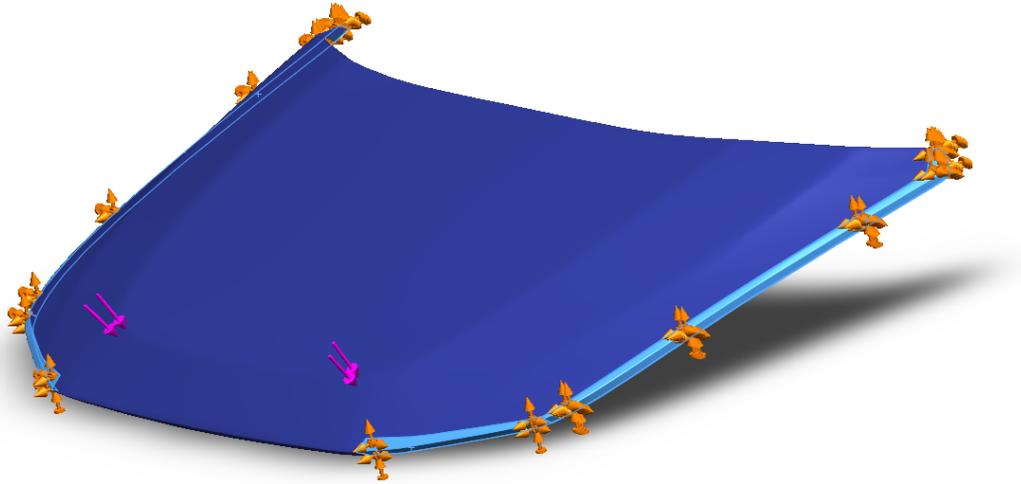


Imagen 14-3 Fuerzas y restricciones simulación estructural.

- Se define el material y se resuelve. A continuación, se muestran los resultados en acero y aluminio:

Acero 1023 chapa de acero al carbono - limite elástico 282 MPa

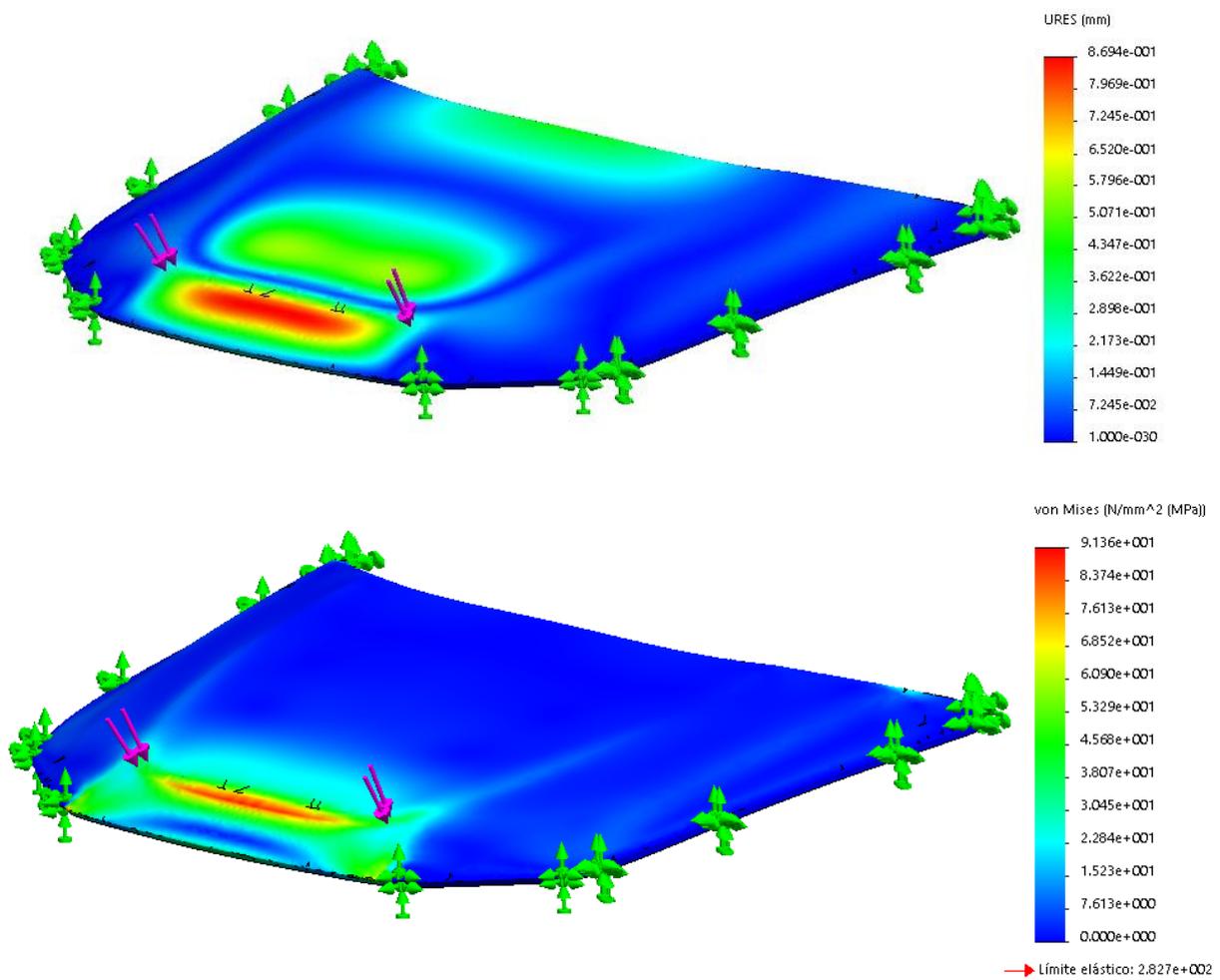


Imagen 14-4 Resultados simulación acero.

Aluminio 6063 T6 - limite elástico 240 MPa

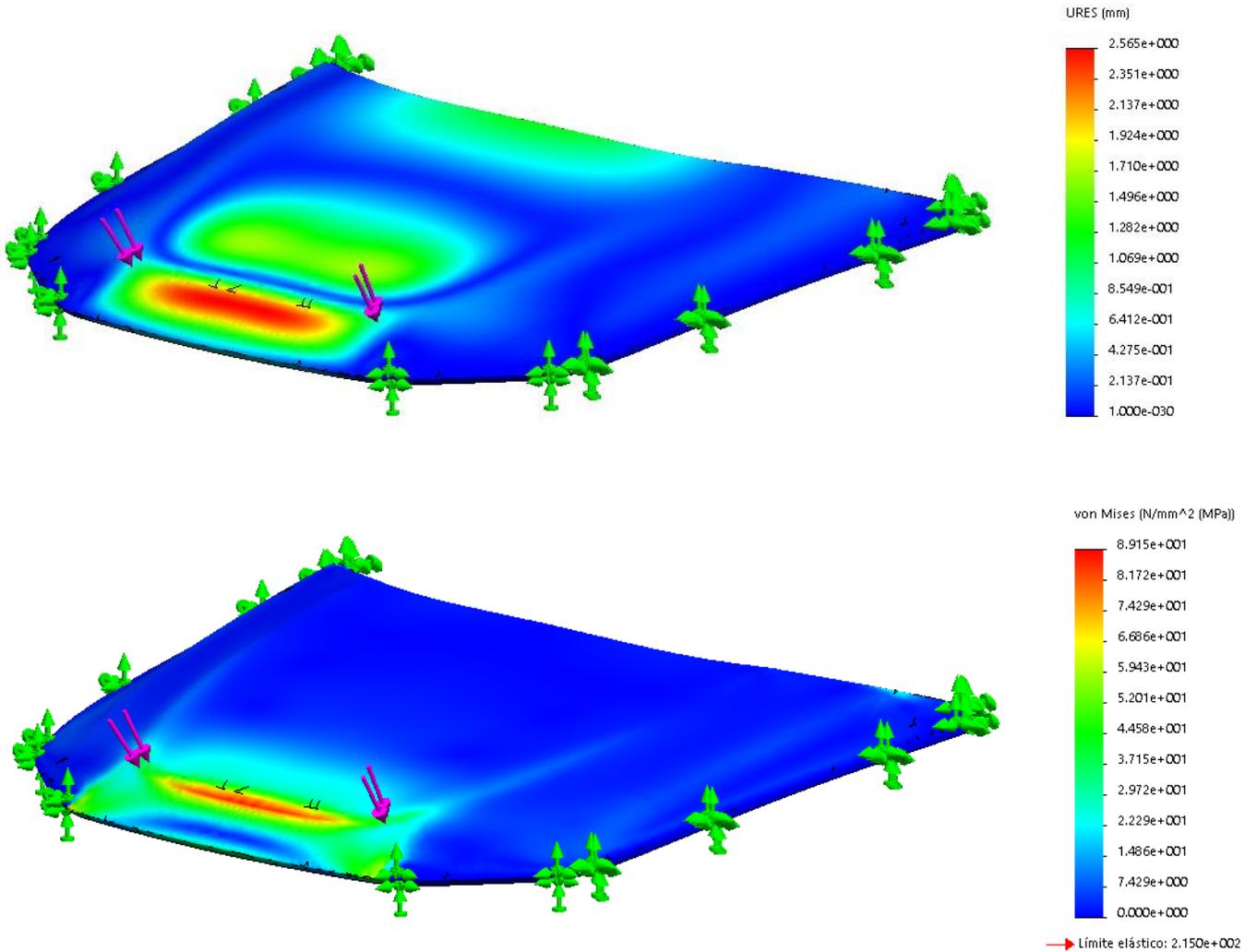


Imagen 14-5 Resultados simulación aluminio.

Resumen de resultados:

	Tension	Desplazamiento
Acero 1023	91.3 MPa	0.86 mm
Aluminio 6063 T6	89.1 MPa	2.56 mm

Tabla 14-1 Resultados simulación.

Nota: Para acceder a la simulación se puede encontrar en anexos→sim capo→ capo sim (.SLDPRT)

15. Aerodinámica

Aerodinámica se define como la ciencia que estudia el comportamiento que realiza el aire alrededor de los cuerpos en movimiento. Aplicada al automóvil se podría definir como el estudio de la influencia que tiene el aire en el vehículo según sean las formas de este.

Realizar un buen estudio aerodinámico del vehículo es fundamental, pues el comportamiento del aire en torno al coche influye, por ejemplo, en la mayor o menor resistencia al avance, en las reacciones del coche ante el viento lateral, en la menor o mayor capacidad para mantenerse estable a altas velocidades, en los flujos de aire a determinados elementos del vehículo, etc.

Por lo tanto, un buen estudio aerodinámico dará como resultado un coche que será más ecológico, porque podrá consumir menos; más seguro, porque podrá ser más estable; y más eficiente, porque podrá enviar más aire a las zonas donde más se requiere.

Cuando se habla de la aerodinámica en la automoción se suele hablar del C_x y de SC_x .

- El C_x es el coeficiente de resistencia aerodinámica, un valor numérico adimensional que define cuanta resistencia tiene una forma dada a avanzar, actualmente los valores C_x en automóviles suelen estar cercanos a 0,30 dependiendo de su forma, teniendo mejor capacidad aerodinámica cuanto más bajo sea su C_x .
- El SC_x considera no solo la forma sino también el tamaño del vehículo, cuanto mayor sea un vehículo mayor será la capa de aire que deberá atravesar, debiendo por ello utilizar más fuerza para atravesar dicho aire.

Así lo verdaderamente importante es el valor SC_x que es la multiplicación del valor C_x por la superficie frontal del vehículo, de este modo un coche muy pequeño con un C_x regular puede llegar a ser más aerodinámico que un coche grande con un buen C_x .

La resistencia aerodinámica viene definida por la siguiente expresión.

$$R_{aerodinámica} = \frac{1}{2} * d * A_{frontal} * C_x * V^2$$

Siendo:

- $R_{aerodinámica}$ = Resistencia aerodinámica (N)
- d = Densidad del aire (Kg/m^3)
- $A_{frontal}$ = Área frontal (m^2)
- C_x = Coeficiente de resistencia aerodinámica
- V = Velocidad (m/s^2)

Como se puede observar la velocidad tiene gran influencia ya que está elevada al cuadrado, para una idea de esta influencia se cita a continuación la potencia aproximada que debe de vencer un coche para mantenerse constante en un tramo horizontal y sin viento a una velocidad dada:

- A 50 Km/h alrededor de 2 Cv.
- A 100 Km/h alrededor de 16 Cv.
- A 200 Km/h alrededor de 128 Cv.
- A 300 Km/h alrededor de 432 Cv.

15.1 Justificación del Cx

En este apartado se trata de justificar todos los pequeños detalles que han sido modelados teniendo en cuenta la forma aerodinámica.

- Forma delantera:

Inclinación del cristal delantero, limpiaparabrisas escondidos, entradas de aire reducidas para no ofrecer resistencia, forma de los faros para favorecer el deslizamiento del viento.



Las entradas de aire son bastante voluminosas, no obstante, para la reducir la resistencia al aire estas entradas pueden estar tapadas y ser una mera cuestión estética.

Como es lógico las entradas de aire dependen del motor, si este tiene que tener mucha refrigeración tendrá que tener más paso de aire, en el caso de motores más pequeños estas son menores, incluso en el caso de que este coche tenga una variante eléctrica irían tapadas totalmente.



Para reducir las bajas presiones de la zona anterior de la rueda delantera (en el pase de rueda) se direcciona el aire a través de la zona lateral de la rejilla inferior, con esto se consigue atenuar las depresiones producidas en esta zona consiguiendo menor resistencia aerodinámica o también puede redireccionarse para la ventilación de los discos de freno, aunque dado el peso y el uso de este vehículo no sería necesario.



Imagen 15-1 Detalle rejilla.

- Forma trasera:

Se procurará facilitar la salida del viento con redondeo de los cantos, inclinación del cristal trasero, la forma de los faros traseros, la terminación del “difusor” y la forma del spoiler.

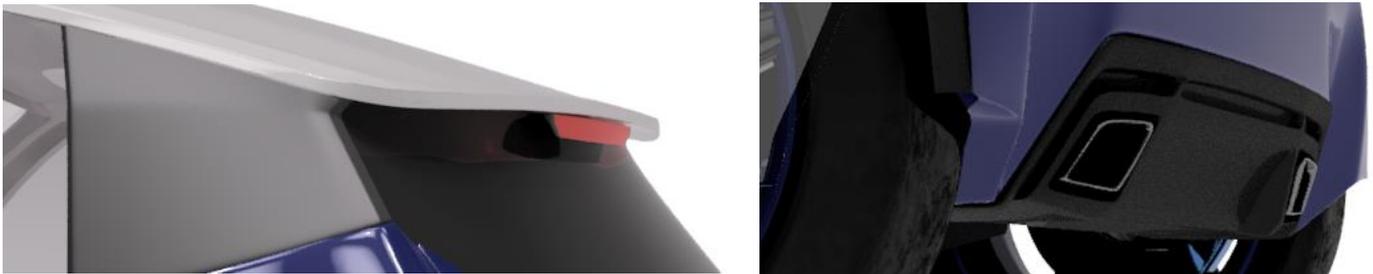


Imagen 15-2 Detalle formas traseras.

- Forma lateral:



Imagen 15-4 detalle forma lateral.

Inclinación de los cristales para reducir el área frontal y mejorar la resistencia al viento lateral, el cual puede provocar movimientos bruscos de volante especialmente en vehículos ligeros como es el caso.

Para reducir el Cx los cristales no llevarán marco y aparte queda bien estéticamente.

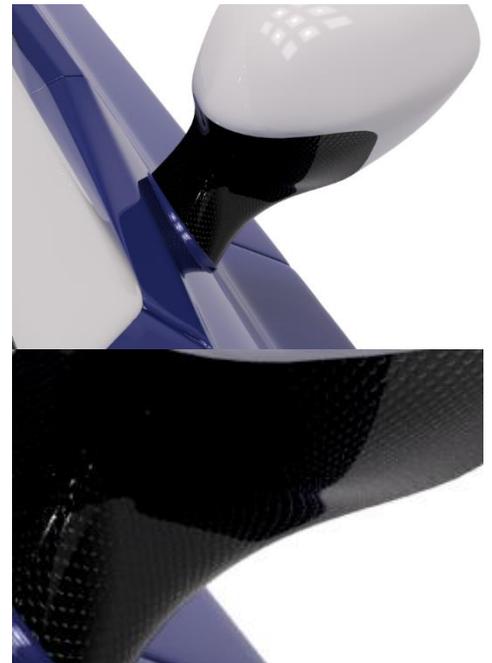


Imagen 15-3 Detalle retrovisor.

Los retrovisores tienen poca área frontal para disminuir el Cx. La textura de hoyuelos aparte de función estética sirve para concentrar más presión en la zona trasera, esto ayuda a empujar la parte trasera y ofrecer menos resistencia al aire.

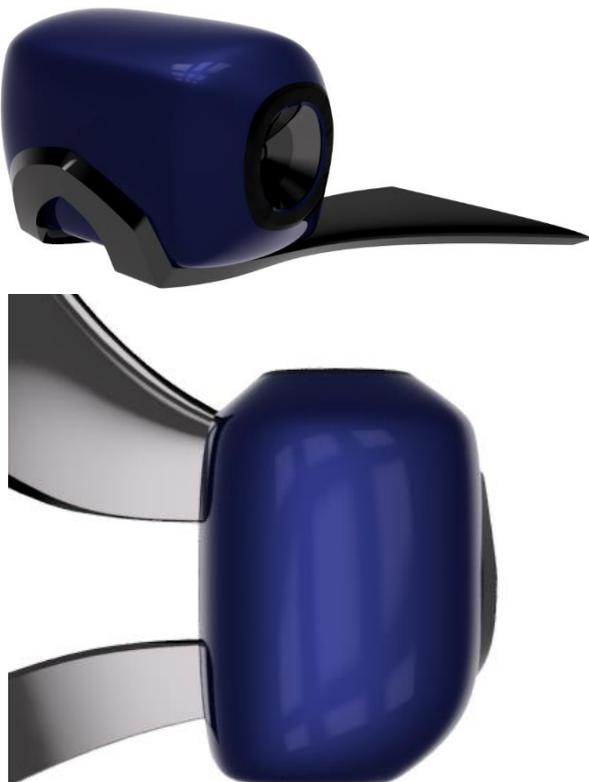


Imagen 15-5 Detalle retrovisor tipo cámara.

Una tendencia automovilística actual es sustituir los clásicos retrovisores por cámaras, esto puede traer importantes mejoras en temas de seguridad y aerodinámica, con ciertas ventajas como puede ser:

- Menor volumen.
- Mayor ángulo de visión.
- Incorporación de software inteligentes.
- Mejor posicionamiento.
- Reducir consumos.

Pese a ofrecer estas ventajas el sistema por el momento es un poco caro e incrementaría los costes de producción del vehículo, razón por la cual se ha decidido que no sea una opción en el diseño de este vehículo. No obstante, en estas imágenes se muestra una aproximada visualización de cómo podrían ser estos retrovisores con cámara.

- Llantas

Para que ofrezcan una menor resistencia al viento tendrían que ser estrechas y cubiertas. Esto trae consigo algunas desventajas, por ejemplo, que una rueda sea más estrecha tiene menos agarre y una rueda tapada tiene poca refrigeración de los frenos. En esta ocasión prima más la estética de las llantas sobre la aerodinámica, pero cabe la posibilidad de fabricar unas llantas con los radios más cerrados como el dibujo de la *imagen 15-6*, especialmente si este modelo de coche tiene una variante eléctrica.

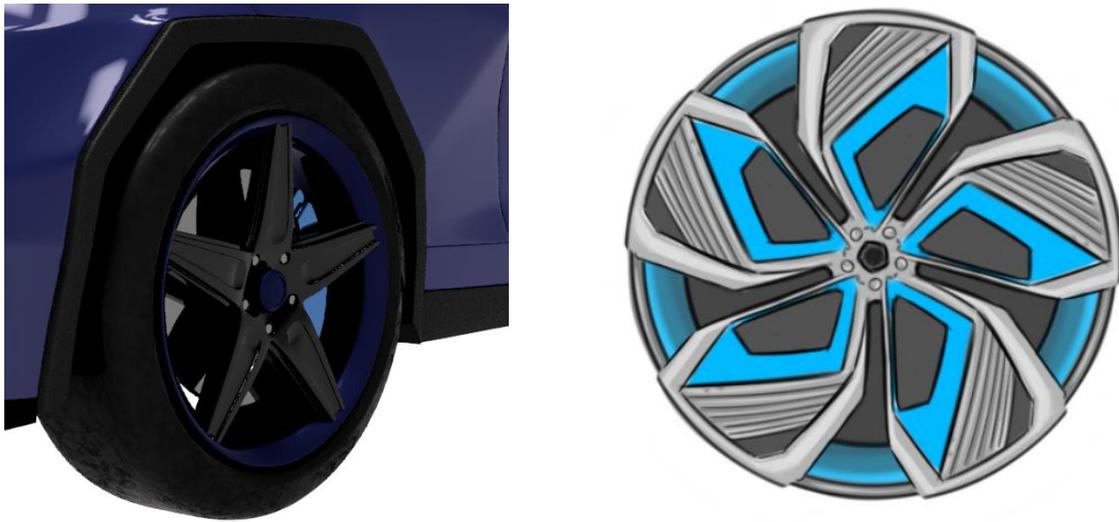


Imagen 15-6 Detalle llantas.

- Bajos:

Elementos mecánicos cubiertos e integrados dentro de la estructura, para que quede lo más plano posible.

Altura reducida sin llegar a interferir con posibles elementos como pueden ser entradas de garajes, badenes, baches, etc.

Tamaño reducido de la anchura de los neumáticos minimiza la resistencia aerodinámica y además también la resistencia a la rodadura.

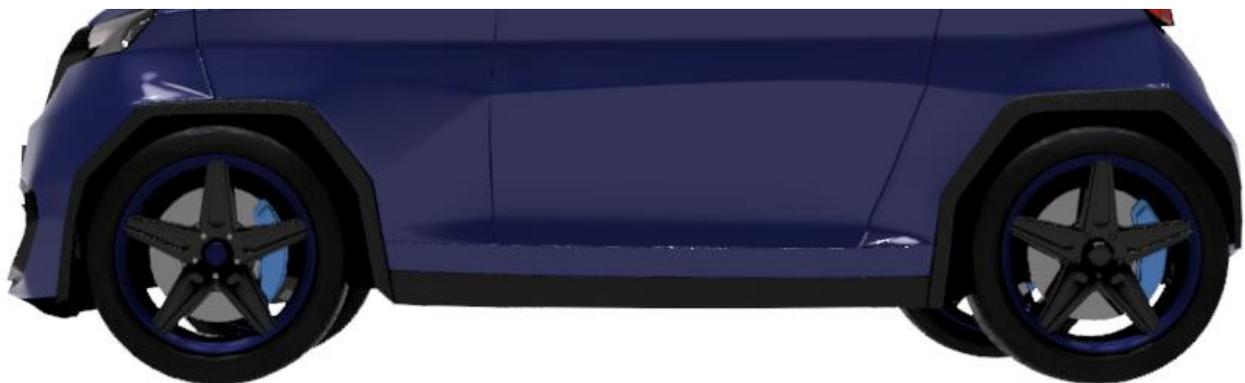


Imagen 15-7 Detalle bajos.

15.2 Calculo del Cx

Para la realización del estudio aerodinámico se usará el software SolidWorks.

Recordando la fórmula:

$$R_{aerodinámica} = \frac{1}{2} * d * A_{frontal} * C_x * V^2$$

Obtener el Cx es sencillo solo necesitamos conocer todos los valores:

- $R_{aerodinámica}$: Se calcula a continuación directamente de los resultados de SolidWorks (414,05 N).
- d = Densidad del aire tiene un valor de 1,225Kg/m³ a 15°C.
- $A_{frontal}$ = Se calcula a continuación (2,18 m²).
- C_x = Coeficiente de resistencia aerodinámica es la incógnita de la operación.
- V = Velocidad la velocidad de estudio es 100Km/h (27,7 m/s²).

Cálculo del área frontal ($A_{frontal}$):

Se coquiza en un plano frontal el contorno del vehículo.

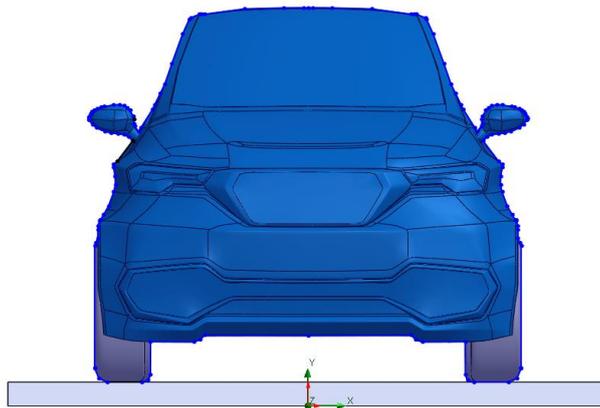


Imagen 15-8 Croquizado de área frontal.

Ese croquis se extruye para medir la cara.

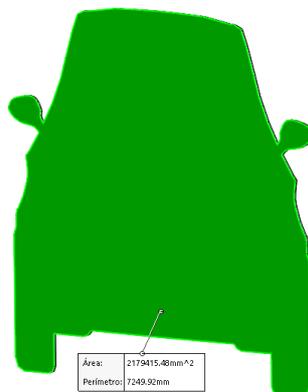


Imagen 15-9 Calculo área frontal.

El resultado es 2179415,48mm² (2,18 m²)

Cálculo de la resistencia aerodinámica ($R_{aerodinámica}$):

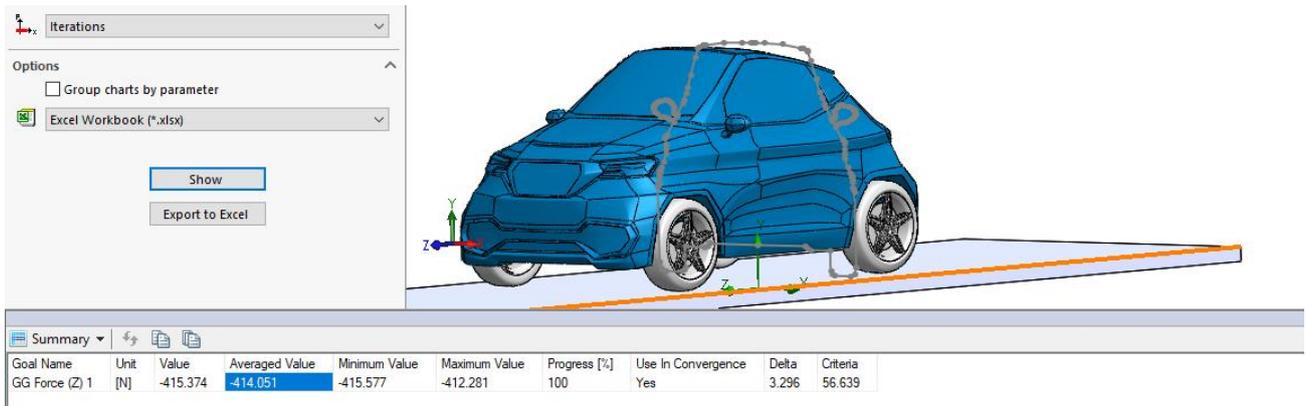


Imagen 15-10 Calculo Resistencia aerodinámica.

El resultado es 414,05 N.

Una vez obtenidos todos estos valores podemos despejar la ecuación:

$$C_x = \frac{2 * R_{aerodinámica}}{d * A_{frontal} * V^2} = 0,40$$

Por lo que el C_x obtenido en este vehículo ha sido de 0,4.

Se puede decir que no es un valor muy bajo, pero teniendo en cuenta las dimensiones de este no está nada mal.

A continuación, se muestran algunas capturas de la simulación.

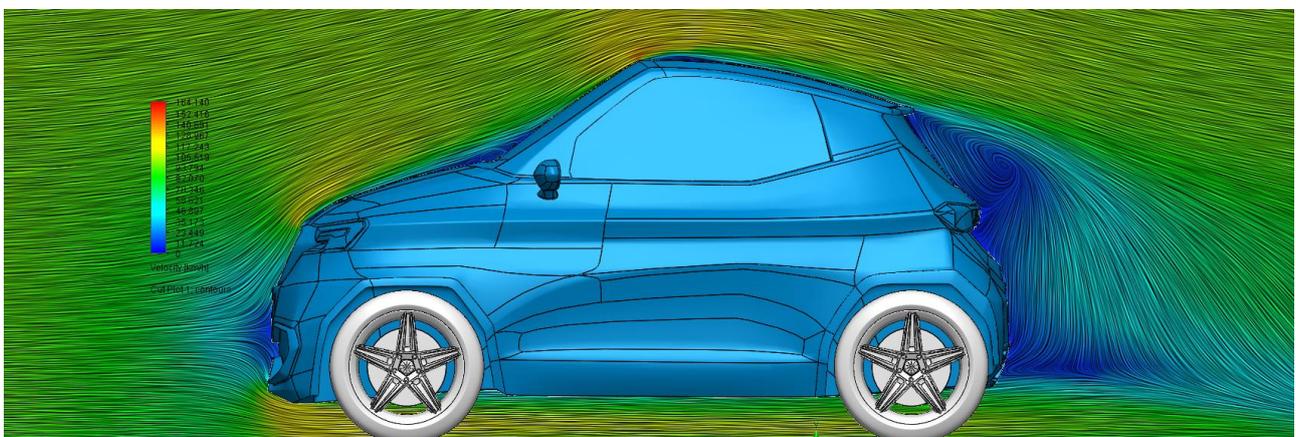


Imagen 15-11 Flujo plano de perfil.

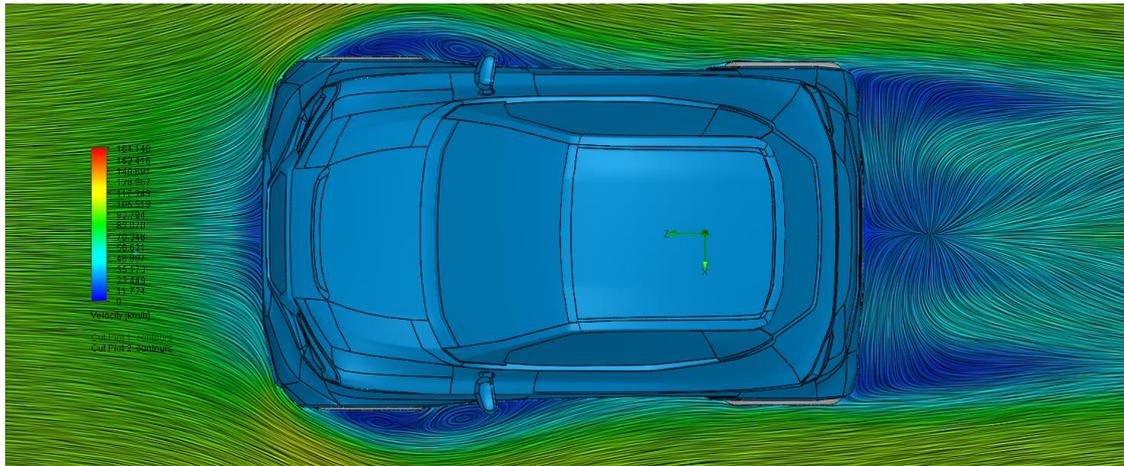


Imagen 15-12 Flujo plano de planta.

Las imágenes 15-11 y 15-12 muestran las líneas de flujo en los planos medios de perfil y de planta, en ellos podemos ver el torbellino creado en la parte trasera y en la rueda delantera, y la velocidad del aire al pasar por el vehículo siendo la máxima registrada de 164 Km/h.

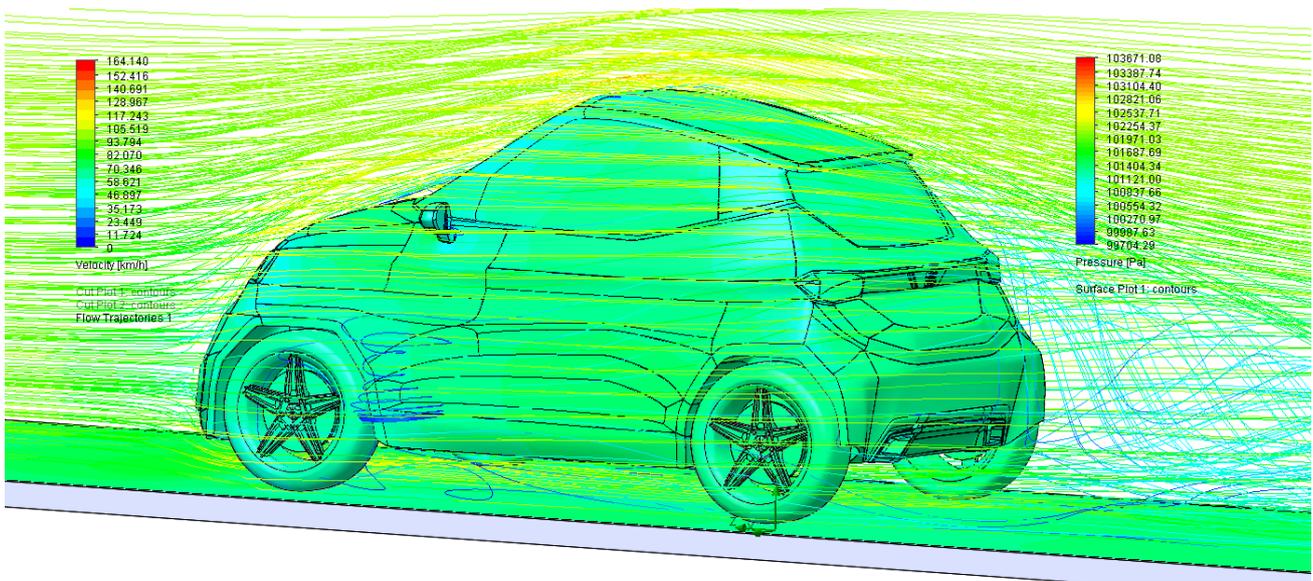


Imagen 15-13 Flujo y presiones en 3D.

En la imagen 15-13 se puede observar las líneas de flujo así como su velocidad desde una vista 3D, la superficie del modelo presenta diferentes tonalidades según la presión, siendo la más alta registrada de 103671 Pa pero en realidad esto se concentra en un pico de presión en la zona superior del parabrisas que no es representativo, realmente las presiones más altas se encuentran en torno a 102000 (presión atmosférica 101325 Pa).

Nota: puede consultar el archivo en anexos → modelo solido → sim aerodinámica → sim aerodinámica (.SLDASM)

16. Presupuesto

La realización de este presupuesto toma en cuenta simplemente la tarea de diseño de la carrocería por un ingeniero en base a las horas realizadas para la elaboración de este proyecto y los materiales y softwares a utilizar, no se refleja en ningún momento los costes de producción de esta carrocería puesto que depende de una gran cantidad de factores y solo se podría hacer una ligera aproximación, no obstante dado que los materiales y procesos de fabricación son estándares para la marca Seat, se prevé que el vehículo se pueda adaptar al precio de 10.000 € la unidad sin ninguna complicación.

SOFTWARE Y MATERIAL		
Solidworks Premiun (3 meses)	1680 €	
Fusión 360 (1 año)	503 €	
Ordenador de mesa	1500 €	
TRABAJO		
Operario	HORAS	COSTE
Ingeniero (12 €/h)	170	2.040 €
TOTAL		5.723 €

Tabla 16-1 Presupuesto.

17. Renders

Nota: Las imágenes de los renders se pueden consultar en anexos → renders seat.

17.1 Reflexiones

Como último proceso para la realización de este proyecto se ha estudiado los reflejos de la luz sobre la carrocería, con el fin de pulir los últimos detalles de la carrocería.

Para analizar las reflexiones, fusión 360 dispone de herramientas de visualización en las cuales puedes ver las reflexiones de la curvatura y corregir errores en esta.

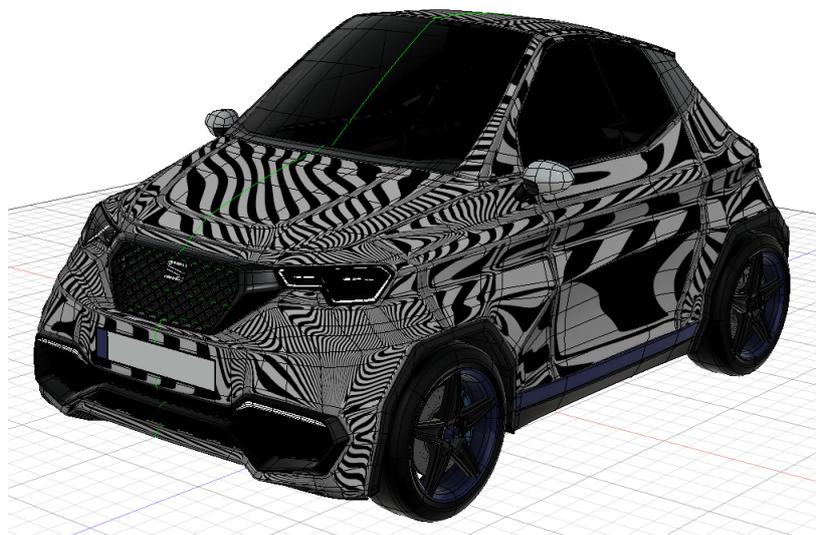


Imagen 17-1 Análisis de curvatura.

En la *tabla 17-1* se muestra algunos errores y su corrección.

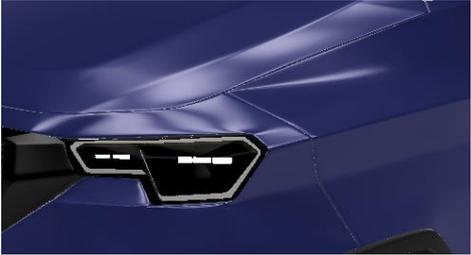
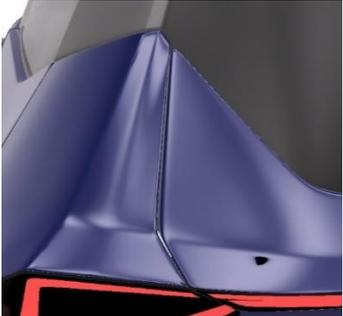
ERROR	CORRECCIÓN
	
	
	
	
	

Tabla 17-1 Errores y corrección.

17.2 Colores



Imagen 17-2 Colores.

18. Elaboración de la maqueta a escala

La realización de la maqueta a escala será impresa en 3d con PLA, la impresora con la que se realizará la impresión será una Ender 3 de mi propiedad.



Imagen 18-1 Ender 3.

Para ello se ha de modificar el archivo para que sea un sólido, esto se ha hecho uniendo las distintas superficies modeladas y cerrando el modelo completamente.



Imagen 18-2 Sólido para impresión 3D.

La Ender 3 tiene una capacidad de impresión máxima de 22 x 22 x 25 cm por lo que el modelo se imprimirá en 4 partes, además de las ruedas y disco de freno que se imprime por separado.

Para montar las ruedas se crea en el modelo un taladro circular de 6 mm de diámetro con el fin de utilizar una barrilla de 6 mm que sirve de sujeción para las ruedas.



Imagen 18-3 Detalle eje ruedas.

Después de seccionar el modelo en 4 partes, se abre en el software *cura*. Este programa es específico para la impresión 3d y básicamente lo que hace es convertir un archivo 3d, generalmente en *.stl*, a un modelo laminado en diferentes capas con una extensión de archivo *.gcode*.

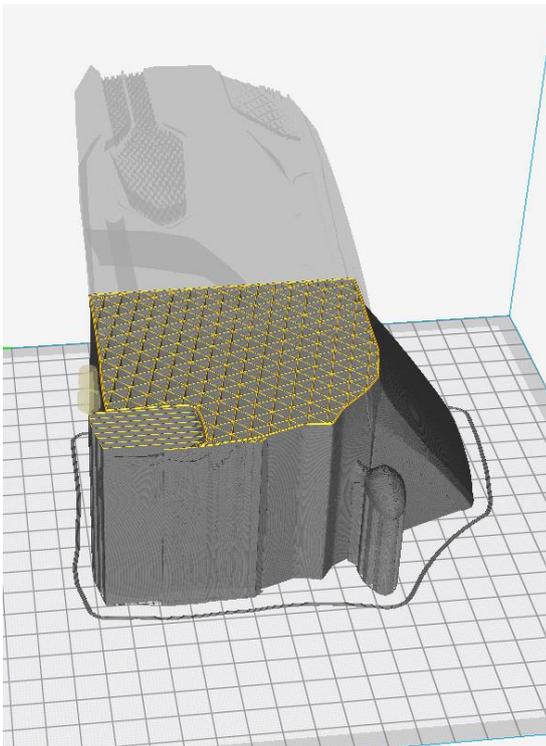


Imagen 18-4 Detalle Cura.

Parámetros generales de cura:

- Material: PLA
- Perfil: Fino
- Altura de capa: 0.1 mm
- Ancho de línea: 0.38 mm
- Diámetro de la boquilla: 0.4 mm
- Grosor de pared: 0.8 mm
- Recuento de líneas de pared: 2
- Relleno: 20%
- Temperatura de impresión: 200°C
- Retracción habilitada
- Velocidad de impresión: 60mm/s
- Habilitado generación de soporte

Nota: Puede consultar los archivos en anexos → modelo solido → impresión 3D.

La maqueta se podrá mostrar en la presentación del proyecto.

19. Conclusión

Como conclusión de este proyecto pienso que se han llevado a cabo gran parte de los conocimientos que se han adquirido en el grado de *ingeniería industrial en diseño y desarrollo de productos* y además desarrollar otros completamente nuevos como puede ser el manejo del software *Fusion 360* y el desarrollo del estudio aerodinámico de la carrocería. Dando lugar a un proyecto bastante completo en lo que se refiere al diseño automotriz.

Respecto a los programas utilizados, tengo preferencia por *SolidWorks*, pero en lo que respecta a superficies *Fusión 360* es mucho más rápido e intuitivo, por lo que entendiendo la forma de trabajar entre los dos programas se puede llegar a un perfil bastante completo de modelado y simulación por ordenador.

El resultado final ha concluido con un diseño detallado de la carrocería para un posible modelo de vehículo Seat. En mi opinión, este vehículo cumple con los requisitos estéticos de la marca que podría llegar a ser competitivo con el resto de marcas automovilísticas.

20. Bibliografía

ANÁLISIS DE SITUACIÓN SEAT:

Ventas de Seat por países.

<<https://www.diariomotor.com/noticia/seat-paises-ventas/>>

Presencia de Seat en el sureste asiático.

<<https://www.motor.es/noticias/volkswagen-en-asia-y-sin-seat.php>>

FUSIÓN 360. Características.

<<https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview>>

SOLIDWORKS. Precio.

<<https://solid-bi.es/precios-alquiler/>>

MATERIALES:

Materiales en la fabricación de carrocerías.

<<https://blog.reparacion-vehiculos.es/articulo-tecnico-que-materiales-se-utilizan-en-la-fabricacion-de-las-carrocerias>>

Aceros en automóviles y reparabilidad.

<<https://gtmotive.com/propiedades-carroceria-acero>>

<http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R41_A1.pdf>

Aluminio en automoción.

<<https://www.alu-stock.es/multimedia/descargas/14/Cap11-Aleaciones-de-aluminio.pdf>>

ERGONOMÍA DE CONDUCCIÓN.

<<https://www.youtube.com/watch?v=Xvw0ri2HwTM>>

CALCULO Cx. Video tutorial SolidWorks

<https://www.youtube.com/watch?v=15pY-FaCO_g&t=8s>